

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

GILBERT QUEIROZ DOS SANTOS

**APLICAÇÃO DE UMA METODOLOGIA DE LÓGICA FUZZY À GESTÃO DE
ESTOQUES: UM ESTUDO DE CASO EM UMA INSTITUIÇÃO PÚBLICA**

**BELÉM
2011**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

GILBERT QUEIROZ DOS SANTOS

**APLICAÇÃO DE UMA METODOLOGIA DE LÓGICA FUZZY À GESTÃO DE
ESTOQUES: UM ESTUDO DE CASO EM UMA INSTITUIÇÃO PÚBLICA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica com ênfase em Processos Industriais.

Orientador: Prof Dr. Walter Barra Junior

**BELÉM
2011**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

GILBERT QUEIROZ DOS SANTOS

**TÍTULO: APLICAÇÃO DE UMA METODOLOGIA DE LÓGICA FUZZY À
GESTÃO DE ESTOQUES: UM ESTUDO DE CASO EM UMA INSTITUIÇÃO
PÚBLICA**

DEFESA DO MESTRADO

Esta dissertação foi julgada e aprovada para obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica com ênfase em Processos Industriais do Programa de Pós-Graduação *Strictu Sensu* em Engenharia Elétrica do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará – ITEC - UFPA

Belém, PA, 1º de Março de 2011

Prof Dr José Antônio de Souza e Silva - UFPA
Coordenador do CMPPI/ITEC/UFPA

BANCA EXAMINADORA

Prof Dr Walter Barra Júnior
Orientador UFPA

Prof Dr João Nazareno Nonato Quaresma
UFPA

Prof Dr José Augusto Lima Barreiros
UFPA

Dedico este trabalho à minha esposa Consuelo
e aos meus amados filhos Miguel e João
Roberto.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus e a Jesus por me concederem a dádiva de viver e aprender as coisas da vida.

Aos meus pais Gilberto Araujo dos Santos (*in memoriam*) e Maria de Fátima Queiroz dos Santos pelo amor e orientação para a vida.

Ao ITEGAM e UFPA por acreditarem que é possível realizar sonhos.

Ao grande amigo Jandecy Cabral Leite por pensar a Amazônia de uma forma grandiosa.

Aos Professores da Banca Examinadora, Walter Barra Júnior, João Nazareno Nonato Quaresma e José Augusto Lima Barreiros pela contribuição a este trabalho.

Aos amigos de trabalho por terem me ajudado na elaboração deste estudo.

*“To understand God’s thoughts, we must study
Statistics, for these are the measure of His
purpose.”*

Florence Nightingale

RESUMO

SANTOS, G. Q. **APLICAÇÃO DE UMA METODOLOGIA DE LÓGICA FUZZY À GESTÃO DE ESTOQUES: UM ESTUDO DE CASO EM UMA INSTITUIÇÃO PÚBLICA.** Dissertação de Mestrado. Instituto de Tecnologia – Universidade Federal do Pará, Belém, 2011, 102 páginas.

Este trabalho apresenta uma proposta de aplicação de uma metodologia de lógica *fuzzy* à gestão de estoques de uma instituição pública da administração federal, localizada em Manaus-AM. Inicialmente, é realizada uma revisão da literatura sobre logística e gestão de suprimentos. Em seguida, são abordados assuntos relativos à gestão de estoques. Após isto, são discutidos tópicos referentes à Lógica *Fuzzy*. A metodologia proposta possibilitará um melhor controle do estoque, uma vez que serão substituídos os tradicionais métodos quantitativos de gerenciamento de estoques. Os dados utilizados foram coletados diretamente do almoxarifado da instituição em estudo, e referem-se à movimentação de estoque de um determinado item, durante o ano de 2009. A utilização da lógica *fuzzy* tem despertado, cada vez mais, a atenção de pesquisadores de diversas áreas do conhecimento, sendo, porém, que o grande desafio que se coloca aos mesmos é a modelagem dos dados coletados, em virtude do apoio computacional necessário a sua aplicação. A interação com os valores observados, operados pelas regras da lógica *fuzzy* permite um melhor controle das ações de um almoxarifado, tais como atendimento, reposição e licitação, uma vez que lida com situações de incerteza e subjetividade. A metodologia desenvolvida mostra-se apta a indicar de uma forma melhor a realização das citadas ações, sendo capaz de operacionalizar de forma automatizada o controle e o gerenciamento do estoque.

Palavras-chaves: logística, gestão da cadeia de suprimentos, gestão de estoques, lógica *fuzzy*.

ABSTRACT

SANTOS, G. Q. **APPLICATION OF A METHODOLOGY OF FUZZY LOGIC ON INVENTORY MANAGEMENT: A CASE OF STUDY ON A PUBLIC INSTITUTION.** Master's Degree Dissertation. Institute of Technology - Federal University of Pará, Belém, Brazil, 2011, 102 pages.

This paper presents a proposal for implementing a fuzzy logic approach to inventory management on a public institution of the federal administration, located in Manaus-AM. Initially, a review of the literature on logistics and supply management, was made. After that were discussed issues relating to inventory management. Then, we discussed issues related to the fuzzy logic. The proposed methodology will allow a better control over inventory, since it will replace traditional quantitative methods of inventory management. The data were collected directly from the warehouse of the institution under study, and refer to the movement of stock of a particular item during the year 2009. The use of fuzzy logic has attracted increasingly more attention from researchers in different areas of knowledge, being, however, that the great challenge posed to them is the modeling of the data collected, due to its computational support needed application. The interaction with the observed values, operated by the rules of fuzzy logic allows a better control of stock in a warehouse, such as service, parts and tender, since it deals with uncertainty and subjectivity. The methodology appears to be able to indicate a better performance of the quoted shares, being able to operate on an automated tracking and inventory management.

Keywords: logistics, supply chain management, inventory management, fuzzy logic.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Sistema <i>Fuzzy</i>	61
Figura 2: Função de pertinência triangular.....	62
Figura 3: Função de pertinência trapezoidal.....	62
Figura 4: Função de pertinência gaussiana.....	63
Figura 5: Estratégia de Mamdani.....	65
Figura 6: Estratégia de Larsen.....	65
Figura 7: Estratégia de Tsukamoto.....	66
Figura 8: Estratégia de Takagi e Sugeno.....	67
Figura 9: Modelo de função de pertinência.....	75
Figura 10: Variáveis de entrada e saída “Atendimento”.....	77
Figura 11: Variáveis de entrada e saída “Reposição”.....	77
Figura 12: Variáveis de entrada e saída “Licitação”.....	77
Figura 13: Função de pertinência da variável “Nível de Estoque”.....	78
Figura 14: Função de pertinência da variável “Demanda”.....	78
Figura 15: Função de pertinência da variável “Atendimento”.....	78
Figura 16: Função de pertinência da variável “Reposição”.....	78
Figura 17: Função de pertinência da variável “Licitação”.....	79
Figura 18: Base de regras e fuzzificação da variável “Atendimento”.....	79
Figura 19: Base de regras e fuzzificação da variável “Reposição”.....	79
Figura 20: Base de regras e fuzzificação da variável “Licitação”.....	79
Figura 21: Resultado <i>Fuzzy</i> para NS = 1 e D = 0,085.....	82
Figura 22: Resultado <i>Fuzzy</i> para NS = 0,513 e D = 0,136.....	82
Figura 23: Resultado <i>Fuzzy</i> para NS = 0,406 e D = 0,128.....	83
Figura 24: Resultado <i>Fuzzy</i> para NS = 0,273 e D = 0,128.....	83
Figura 25: Resultado <i>Fuzzy</i> para NS = 0,283 e D = 0,162.....	83
Figura 26: Resultado <i>Fuzzy</i> para NS = 0,422 e D = 0,139.....	83
Figura 27: Resultado <i>Fuzzy</i> para NS = 1 e D = 0,085.....	83
Figura 28: Resultado <i>Fuzzy</i> para NS = 0,513 e D = 0,136.....	83
Figura 29: Resultado <i>Fuzzy</i> para NS = 0,406 e D = 0,128.....	84

Figura 30: Resultado <i>Fuzzy</i> para NS = 0,273 e D = 0,128.....	84
Figura 31: Resultado <i>Fuzzy</i> para NS = 0,283 e D = 0,162.....	84
Figura 32: Resultado <i>Fuzzy</i> para NS = 0,422 e D = 0,139.....	84
Figura 33: Resultado <i>Fuzzy</i> para NS = 1 e D = 0,085.....	84
Figura 34: Resultado <i>Fuzzy</i> para NS = 0,513 e D = 0,136.....	84
Figura 35: Resultado <i>Fuzzy</i> para NS = 0,406 e D = 0,128.....	85
Figura 36: Resultado <i>Fuzzy</i> para NS = 0,273 e D = 0,128.....	85
Figura 37: Resultado <i>Fuzzy</i> para NS = 0,283 e D = 0,162.....	85
Figura 38: Resultado <i>Fuzzy</i> para NS = 0,422 e D = 0,139.....	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados estatísticos dos processos.....	86
Tabela 2: Dados estatísticos dos Estoques-Médios.....	88

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Competências e habilidades do gestor de estoques.....	19
Quadro 2: Parâmetros <i>Fuzzy</i>	72
Quadro 3: Dependência entre os parâmetros de estado e ação de inventário.....	73
Quadro 4: Base de conhecimento <i>fuzzy</i>	73
Quadro 5: Variáveis do sistema, universo de discurso e termos lingüísticos.....	78

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1:	Série temporal do Estoque Inicial, Estoque-Médio (EM) e Estoque final – Dados reais.....	81
Gráfico 2:	Série temporal do consumo de Papel A4 – Dados reais.....	81
Gráfico 3:	Série temporal do Estoque Inicial, Estoque-Médio (EM) e Estoque final – Metodologia <i>fuzzy</i>	86
Gráfico 4:	Saldo Inicial e Final – Processo Real.....	87
Gráfico 5:	Movimento de entrada e saída – Processo Real.....	87
Gráfico 6:	Saldo Inicial e Final – Processo <i>fuzzy</i>	88
Gráfico 7	Movimento de entrada e saída – Processo <i>fuzzy</i>	88
Gráfico 8	Série temporal do Estoque-Médio do processo real e do com a metodologia <i>fuzzy</i>	89
Gráfico 9	Boxplot de Estoque-Médio Real e de Estoque-Médio <i>fuzzy</i>	89

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEP	Procedimento adaptativo de estimação
AR	Auto-regressivo
ARARMA	Auto-regressivo autor-regressivo médias móveis
ARCH	Auto-regressivo com variância condicionada
ARIMA	Auto-regressivo integrado médias móveis
ARMA	Auto-regressivo médias móveis
CLM	Council Logistic Management
COA	Centro de área
COLA	Centro de maior área
COM	Centro de máximo
CT	Custo total
D	Demanda
Edia	Estoque do dia
Em	Estoque médio
Emax	Estoque máximo
Emin	Estoque mínimo
ES	Estoque de segurança
HD	Defuzificação por altura
I	Intervalo entre pedidos
JIT/Kanban	Just in time/Kanban
LEC	Lote econômico de compra
MA	Média móvel
MARMA	Modelo multivariável ARMA
MOM	Média do máximo
MPS	Master production Schedule
MRP	Material requirement planning
MRPII	Manufacturing resource planning
MS-Excel®	Microsoft Excel
MS-Project®	Microsoft Project

N	Número de pedidos por intervalo de tempo
NS	Nível de estoque
PC	Personal computer
PERT/CPM	Program evaluation and review technique/Critical path method
PP	Ponto do pedido
PPCP	Planejamento, programação e controle da produção
Q	Tamanho do lote
Qpedido	Quantidade do pedido
SRP	Sistema de registro de preços
T	Tempo de atendimento ou ressuprimento
TOC	Theory of constraints
WIP	Work in process

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE QUADROS

LISTA DE GRÁFICOS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1 INTRODUÇÃO	18
1.1 TEMA E DELIMITAÇÃO	19
1.2 PROBLEMA	20
1.3 HIPÓTESES	21
1.4 OBJETIVOS	22
1.4.1 Objetivo Geral	22
1.4.2 Objetivos Específicos	22
1.5 JUSTIFICATIVA	22
2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	24
2.1 METODOLOGIA DA PESQUISA	24
2.1.1 Caracterização da Pesquisa	24
2.1.2 Delineamento da Pesquisa	26
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	27
3.1 LOGÍSTICA E GERENCIAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS	27
3.1.1 Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos – Abordagem segundo Christopher	27
3.1.2 Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos – Abordagem segundo Ballou	28
3.1.3 Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos – Abordagem segundo Bowersox et al	30

3.1.4 Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos – Abordagem segundo Taylor	31
3.1.5 Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos – Abordagem segundo Simchi-Levi et al.	32
3.2 FUNDAMENTOS DA GESTÃO DE ESTOQUES	34
3.2.1 Definição de Estoques	35
3.2.2 Classificação dos Estoques	36
3.2.3 Funcionalidade dos Estoques	37
3.2.4 Importância dos Estoques	38
3.2.5 Métodos de Previsão de Estoques	40
3.2.6 Modelos de Estoques	44
3.2.6.1 Modelo de reposição contínua	45
3.2.6.2 Modelo de reposição periódica	46
3.2.7 Estoques de Segurança	47
3.2.7.1 Estoque de segurança no sistema de reposição contínua	48
3.2.7.2 Estoque de segurança no sistema de reposição periódica	49
3.2.8 Tamanho dos Lotes	50
3.2.8.1 Gestão de custos dos estoques	50
3.2.8.2 Tamanho do lote para o modelo de compra sem carência	52
3.2.8.3 Tamanho do lote para o modelo de fabricação sem carência	53
3.2.8.4 Tamanho do lote para modelo de compra com falta	54
3.2.8.5 Tamanho do lote para o modelo de fabricação com faltas	56
3.3 O QUE É LÓGICA FUZZY?	58
3.3.1 O que a Lógica Fuzzy não é?	59
3.3.2 Como Funciona a Lógica Fuzzy?	60
3.3.3 Funções de Pertinência Fuzzy	61
3.3.4 Fuzzificação dos Dados	63
3.3.4.1 Estratégia de Mamdani	64
3.3.4.2 Estratégia de Larsen	65
3.3.4.3 Estratégia de Tsukamoto	66
3.3.4.4 Estratégia de Takagi e Sugeno	66
3.3.5 Defuzzificação dos Dados	67
3.3.5.1 Método centro-da-área	68

3.3.5.2 Método centro-de-máximo	68
3.3.5.3 Método da média-do-máximo	69
3.3.5.4 Método defuzzificação por altura	69
3.3.5.5 Método do centro da maior área	70
4 APLICAÇÃO DA LÓGICA FUZZY À GESTÃO DA ESTOQUES	71
5 RESULTADO DA PESQUISA	77
6 CONCLUSÃO E SUGESTÕES	90
REFERÊNCIAS	91
APÊNDICES	96

1 INTRODUÇÃO

A área de estoque de uma empresa é responsável, de forma geral, pelo controle de fluxo de materiais internamente, devendo, portanto, equilibrar as necessidades e as disponibilidades de recursos da organização, sejam eles recursos humanos, de materiais, de espaço físico, financeiro, entre outros (TADEU, 2010).

Para Wanke (2003), a importância atribuída à gestão de estoque 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 em linhas gerais, o estoque aparece na cadeia de valor sobre diversos formatos (matérias-primas, produtos em processamento e produtos acabados) e características, e que exige, para cada formato, procedimentos distintos de planejamento e controle, influenciando significativamente a gestão de estoque.

A palavra chave na gestão de estoques é o planejamento, em virtude do cenário de incerteza que permeia as organizações. Para a administração pública não é diferente. Em função da necessidade de racionalização constante de gastos e sobre potenciais ameaças de cortes de orçamento, as instituições do setor público devem evitar ao máximo os desperdícios, principalmente no que se refere à manutenção de estoques elevados de produtos e materiais sob seu patrimônio que são gerenciados de forma muito precária, incorrendo muitas vezes em excessos altamente penosos.

Este gerenciamento precário nas instituições públicas se deve pela falta de recursos tecnológicos para apoiar a gestão de estoques, bem como a falta de capacitação do gestor de estoques, que em várias ocasiões, são nomeados para o cargo sem nenhum conhecimento sobre o tema.

Segundo Gasnier (2002), o gestor de estoques é o responsável por analisar e decidir o que deve e o que não deve colocar ou repor nos estoques da empresa. Ainda para este autor, o gestor de estoques deve ter as seguintes competências e habilidades:

Quadro 1: Competências e habilidades do gestor de estoques

Competências	Habilidades
Forte base conceitual e analítica em PPCP e interfaces;	Conhecimento de técnicas de JIT/Kanban, MRP-II, PERT/CPM e TOC;
Boas noções de informática (MRP, MS-Excel®, MS-Project®, e-mail e internet;	Experiência prática de processos de inventário de materiais, suprimentos, importação, administração da distribuição e transportes, faturamento, tributação etc.
Conhecimento de tecnologia de informação aplicada à logística.	

Fonte: Gasnier (2002)

Percebe-se que para o desempenho de suas funções, o gestor de estoques deve ter um amplo domínio da gestão de estoques, principalmente, com relação às técnicas de dimensionamento do lote de compra e fabricação, aos modelos de estoque (reposição contínua e reposição periódica) e à definição do estoque de segurança.

Aliado a este fato, deve ser citado o uso de ferramentas de automação no controle de estoques, conforme Gasnier (2002), com os quais é possível obter controle instantâneo dos itens armazenados, reduzindo erros nas entregas, organizando melhor os estoques, racionalizando as compras e aumentando a acuracidade das informações.

Com base nestas idéias, é proposta neste trabalho a aplicação da Lógica *Fuzzy* à gestão de estoques de uma organização pública, da Administração Federal, localizada em Manaus-AM.

1.1 TEMA E DELIMITAÇÃO

O tema para a presente dissertação é a aplicação da Lógica *Fuzzy* à gestão de estoques. O estudo está restrito à aplicação à gestão de estoques de uma instituição pública federal de ensino localizada em Manaus-AM, no período de Janeiro a Dezembro de 2009, tendo sido tomado como base um único item do estoque em estudo.

1.2 PROBLEMA

O problema a ser estudado refere-se à gestão de estoques de um órgão do setor público. Este órgão possui um sistema de controle de materiais, mas que não informa quando o material em estoque precisa ser repostado. Isto acarreta um problema para o Setor de Aquisições, que precisa dessa informação para iniciar o processo de licitatório, pois a organização como pertencente à Administração Federal, faz suas aquisições por meio da Lei nº 8.666/93, que trata das Licitações e Contratos Administrativos no âmbito da Administração Federal.

Um processo licitatório leva em média 70 dias para ser concluído, desde a consolidação dos pedidos, passando pela elaboração do edital, sofrendo a análise da Advocacia-Geral da União até a efetivação do Pregão Eletrônico, que fora instituído por meio da Lei nº 10.520/2002. Além deste prazo, o fornecedor tem mais 30 dias após receber a Nota de Empenho, que uma espécie de cheque utilizado pela Administração Pública para o pagamento de suas despesas. Disto, no total, a organização em estudo pode ficar com até 100 dias sem material para reposição.

Para sanar este problema, foi instituído por meio do Decreto nº 3.931/2001, o Sistema de Registro de Preços, cuja definição dada por Fernandes é a seguinte:

Sistema de Registro de Preços é um procedimento especial de licitação que se efetiva por meio de uma concorrência ou pregão *sui generis*, selecionando a proposta mais vantajosa, com observância do princípio da isonomia, para eventual e futura contratação pela Administração (2006, p. 31).

Nesta forma de licitação, segundo Fernandes (2006), é a flexibilidade que sustenta o compromisso de ambas as partes – a organização e o licitante vencedor, - e que lhe dá suporte de transparência.

Desse modo, ainda segundo o referido autor:

- a) A Administração não está obrigada a comprar;
- b) O licitante vencedor tem o dever de garantir o preço, salvo supervenientes e comprovadas alterações dos custos dos insumos;
- c) A Administração não pode comprar de outro licitante que não seja aquele que ofereceu a melhor proposta;

- d) O licitante tem a possibilidade de exonerar-se do compromisso assumido na ocorrência de caso fortuito ou de força maior, na forma preconizada pelo próprio Decreto.

Uma das grandes vantagens do Sistema de Registro de Preços é a participação de outras organizações, pois além do órgão gerenciador, que é o órgão responsável pela condução do conjunto de procedimentos de certame para registro de preços e gerenciamento da Ata de Registro de Preços dele decorrente, há a figura do órgão participante, que participa dos procedimentos iniciais do SRP e integra a Ata de Registro de Preços, e do órgão extraordinário, que é aquele órgão que usa o SRP mediante autorização prévia do órgão gerenciador e da aceitação do licitante vencedor em fornecer nos mesmos valores contratados pelo órgão gerenciador.

Logo, para compensar a possível falta de material em virtude do prazo de 100 dias no processo integral de licitação, o SRP permite a qualquer organização pública federal fazer aquisições, mesmo não fazendo parte da ata. Porém, é possível saber qual item a ser adquirido e qual a quantidade necessária à organização, uma vez que os recursos financeiros são disponibilizados para a organização em estudo?

1.3 HIPÓTESES

Segundo Lakatos e Marconi (2010) pode se considerar a hipótese como um enunciado geral de relações entre variáveis (fatos, fenômenos), das seguintes formas:

- a) Formulado como solução provisória par um determinado problema;
- b) Apresentando caráter explicativo ou preditivo;
- c) Compatível com o conhecimento científico (coerência externa) e revelando consistência lógica (coerência interna);
- d) Sendo passível de verificação empírica em suas conseqüências.

Desta forma, a hipótese para o presente trabalho é: se não há como receber informações sobre o material a ser adquirido, tais como período de reposição e quantidade, por meio do sistema atual utilizado pela organização em estudo, então é possível verificar se a lógica *fuzzy* aplicada à gestão de estoques pode, se inserida neste sistema, dar tais resultados.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

Aplicar a Lógica *Fuzzy* à gestão de estoques de uma organização pública federal.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Explicar o conceito de logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos;
- Discutir os fundamentos da gestão de estoques
- Explicar os conceitos da Lógica *Fuzzy*

1.5 JUSTIFICATIVA

A Lógica *Fuzzy* tem sido empregada em diversas áreas: administração, economia, engenharia e biomedicina. O sucesso mundialmente reconhecido, segundo Simões e Shaw (2007), de sistemas de modelagem e controles baseados em Lógica *Fuzzy*, em aplicações

industriais, tem comprovado sua utilização como mais uma ferramenta (ou tecnologia) em sistemas de tomada de decisão.

Weber e Klein (2003) explicam que *Fuzzy*, em inglês, significa incerto, duvidoso, nebuloso, e expressa exatamente os valores com que lida, permitindo representar graus de certeza, de associação ou valores de pertinência, intermediários entre os valores extremos de verdadeiro e falso do cálculo proposicional clássico (bivalente). Os autores explicam ainda que a lógica *fuzzy* surge da idéia de se mapear variáveis que não têm equivalência matemática definida, e que nela, uma variável não é tratada como tendo apenas um estado atual, mas sim n estados, cada um com um grau de associação ou de pertinência, fazendo com que sejam definidos conjuntos em que dado valor pode ser enquadrado e o número de conjuntos diz a precisão com que está se lidando com uma variável.

Segundo Simões e Shaw (2007) a característica principal da Lógica *Fuzzy* é a de representar uma forma inovadora de manuseio de informações imprecisas, de forma muito distinta da Teoria de Probabilidades, uma vez que ela provê um método de traduzir expressões verbais, vagas, imprecisas e qualitativas, comuns na comunicação humana, em valores numéricos, abrindo as portas para se converter a experiência humana em uma forma compreensível pelos computadores. Assim, segundo os autores, a tecnologia possibilitada pelo enfoque *fuzzy* tem um imenso valor prático, na qual se torna possível a inclusão da experiência de operadores humanos, os quais controlam processos e plantas industriais, em controladores computadorizados, possibilitando estratégias de tomada de decisão em problemas complexos.

Surgem com isto os chamados “sistemas inteligentes”, que, segundo Simões e Shaw (2007), são aqueles sistemas que fornecem respostas que solucionam problemas, sendo estas repostas apropriadas às situações específicas, sendo novas ou inesperadas, fazendo com que tal comportamento seja “único” ou até mesmo considerado “criativo”.

A justificativa para o presente estudo reside no fato de que por meio da utilização da Lógica *Fuzzy* será possível criar um sistema, ou adaptar o já existente na organização em estudo, para que seja possível melhorar o controle dos itens em estoque, sendo generalizado para todos os itens de um almoxarifado ou depósito, o que não seria possível com a aplicação de outra ferramenta matemática ou estatística, que tornaria a situação muito específica.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

2.1 METODOLOGIA DA PESQUISA

Segundo Lakatos e Marconi (2010) a especificação metodológica da pesquisa possui os seguintes componentes:

- a) Método de abordagem: que pode ser o método dedutivo, indutivo, hipotético-dedutivo e o dialético;
- b) Métodos de procedimento: que podem ser histórico, comparativo, monográfico ou estudo de caso, estatístico, tipológico, funcionalista e estruturalista;
- c) Técnicas: que podem ser de documentação indireta, que abrange a pesquisa documental e a bibliográfica, e de documentação direta, que abrange a observação direta intensiva (observação e entrevista) e a observação direta extensiva (questionário, formulário, medidas de opinião, testes, sociometria, análise de conteúdo, história da vida e pesquisa de mercado)
- e) Delimitação do universo (descrição da população)
- f) Tipo de amostragem

2.1.1 Caracterização da Pesquisa

No presente trabalho, o método de abordagem utilizado foi o método indutivo, que segundo Lakatos e Marconi (2010), seu objetivo é levar a conclusões cujo conteúdo é muito mais amplo do que as premissas nas quais se basearam.

Para isso, o método possui três etapas:

- a) Observação dos fenômenos: onde os fatos ou fenômenos são observados e analisados, com a finalidade de descobrir as causas de sua manifestação;
- b) Descoberta da relação entre eles: onde, por intermédio da comparação procura-se aproximar os fatos ou fenômenos, com a finalidade de descobrir a relação constante existente entre eles;
- c) Generalização da relação: onde se generaliza a relação encontrada na etapa precedente, entre os fenômenos e fatos semelhantes, muitos dos quais ainda não foram observados.

Partindo dessas etapas, o fenômeno observado foi a falta de itens no almoxarifado da organização em estudo, quando havia recursos financeiros disponíveis e licitações concluídas que possibilitariam a aquisição destes itens em falta. A causa provável é falta de um sistema, ou ainda a melhoria do sistema existente, utilizado para controle do estoque, que não informa a falta de itens, que só é percebida quando determinado pedido de material não é atendido.

Com a descoberta da relação entre a falta de itens e falta do sistema ou da melhoria do sistema existente, passou-se então à busca de alternativas para solucionar o problema, o que ocorreu com a aplicação da Lógica *Fuzzy* à gestão de estoques. Foi feita, então, a aplicação em um determinado item, considerado chave para a organização em estudo. Foram feitos testes, com a utilização do software MatLab, tendo sido obtido resultados favoráveis.

A próxima etapa, generalização da relação, foi verificada como verdadeira para os outros itens do almoxarifado, o que será solucionada com a utilização da Lógica *Fuzzy*.

Os métodos de procedimento constituem as etapas mais concretas da investigação, com a finalidade mais restrita em termos de explicação geral dos fenômenos e menos abstrata (LAKATOS e MARCONI, 2010).

No presente trabalho o método utilizado foi o estudo de caso, que segundo Gil (2009) é uma modalidade de pesquisa amplamente utilizada nas ciências biomédicas e sociais e que consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento, tarefa praticamente impossível em comparação a outros delineamentos de pesquisa.

Para Yin (2005), os estudos de caso representam a estratégia preferida quando se colocam questões do tipo “como” e “por que”, quando o pesquisador tem pouco controle sobre os acontecimentos e quando o foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real.

Das técnicas citadas por Lakatos e Marconi (2010), neste trabalho foi utilizada a pesquisa documental, que, segundo as autoras, caracteriza-se por ter a fonte de coleta de dados restrita a documentos, escritos ou não, constituindo o que se denomina fontes primárias, e a pesquisa bibliográfica, cuja finalidade, também segundo as autoras, é colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito, dito ou filmado sobre determinado assunto.

A delimitação do universo é o total de itens do almoxarifado da organização em estudo, que é de, aproximadamente de 222 itens.

Não foi aplicada nenhuma técnica de amostragem, pois este trabalho visa verificar a aplicação da Lógica *Fuzzy* à gestão de estoques, o que para isso foi utilizado somente um item do estoque, para verificar esta aplicação.

2.1.2 Delineamento da Pesquisa

Gil (2009) define um conjunto de etapas que podem ser seguidas na maioria das pesquisas definidas como estudos de caso:

- a) formulação do problema;
- b) definição da unidade-caso
- c) determinação do número de casos;
- d) elaboração do protocolo;
- e) coleta de dados;
- f) avaliação e análise de dados; e
- g) preparação do relatório.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 LOGÍSTICA E GERENCIAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

3.1.1 Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos – Abordagem segundo Christopher

Segundo Christopher (2007), a logística e o gerenciamento de suprimentos não são idéias novas, uma vez que o fluxo eficiente de materiais e de informações para atender às exigências dos clientes pouco mudaram, desde a época da construção das pirâmides até as ações que procuram aliviar a fome na África.

Para o autor, ao longo da história da humanidade, guerras têm sido vencidas e derrotadas pelas forças e pelas capacidades da logística – ou pela falta delas, mas somente há pouco tempo as organizações empresariais reconheceram o impacto vital que o gerenciamento logístico pode causar na obtenção da vantagem competitiva, uma vez que esta falta de reconhecimento, em parte, provém da insuficiente compreensão dos benefícios da logística integrada.

O conceito de logística, segundo Christopher é:

Logística é o processo de gerenciamento estratégico da compra, transporte e da armazenagem de matérias-primas, partes e produtos acabados (além dos fluxos de informações relacionados) por parte da organização e de seus canais de marketing, de tal modo que a lucratividade atual e futura sejam maximizadas mediante a entrega de encomendas com o menor custo associado (2007).

O autor ainda comenta que logística é essencialmente a orientação e a estrutura de planejamento que procuram criar um plano único para o fluxo de produtos e de informações ao longo de um negócio, e que o gerenciamento da cadeia de suprimentos apóia-se nesta estrutura e procura criar vínculos e coordenação entre os processos de outras organizações existentes no canal, isto é, fornecedores e clientes, e a própria organização.

Fica evidente, segundo Christopher (2007), que o gerenciamento da cadeia de suprimento envolve uma mudança significativa nos tradicionais relacionamentos distantes, e

mesmo antagônicos, que tão freqüentemente caracterizaram no passado as relações comprador/fornecedor, pois o foco do gerenciamento está na cooperação e na confiança, e no reconhecimento de que, devidamente gerenciado, “o todo pode ser maior que a soma das partes” (CRISTOPHER, 2007).

Com isto, segundo o autor, a definição de gerenciamento da cadeia de suprimento é:

A gestão das relações a montante e a jusante com fornecedores e clientes, para entregar mais valor ao cliente, a um custo menor para a cadeia de suprimentos como um todo (2007).

O autor cita ainda que o foco do gerenciamento da cadeia de suprimentos objetiva, no gerenciamento de relações, atingir um resultado mais lucrativo para todas as partes da cadeia, superando desafios importantes, já que pode haver situações em que o interesse de uma das partes tenha que ser subordinado ao benefício da cadeia como um todo.

Outro ponto considerado pelo autor é sobre a noção de “gerenciamento da cadeia de suprimento”, que passaria a ser dita como “gerenciamento da cadeia de demanda”, em virtude do fato de que a cadeia deve ser guiada pelo mercado, e não pelos fornecedores, e, da mesma forma, a palavra “cadeia” deveria ser substituída por “rede”, uma vez que normalmente haverá múltiplos fornecedores e, de fato, fornecedores de fornecedores, bem como clientes, e cliente de clientes, a serem incluídos no sistema total.

Com base nisto, Aitken (*apud* CHRISTOPHER, 2007) define cadeia de suprimentos da seguinte forma:

Uma rede de organizações conectadas e interdependentes, trabalhando conjuntamente, em regime de cooperação mútua, para controlar, gerenciar e aperfeiçoar o fluxo de matérias-primas e informação dos fornecedores para os clientes finais.

3.1.2 Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos – Abordagem segundo Ballou

Segundo Ballou (2001), na antigüidade, as mercadorias que as pessoas desejavam não eram produzidas onde elas gostariam de consumi-las ou não eram acessíveis quando as desejavam, uma vez que alimentos e outros bens estavam amplamente dispersos e disponíveis em

abundância apenas em certos períodos do ano, logo as pessoas tinham que consumir as mercadorias imediatamente nos locais onde as encontravam, ou precisavam transferi-la para um local de sua preferência e armazená-la para uso posterior.

Porém, segundo o autor, o movimento de mercadorias era limitado ao que o indivíduo pudesse transportar e a armazenagem de perecíveis era possível apenas por um curto período de tempo, devido à ausência de um sistema de transporte bem desenvolvido e de sistemas de armazenagem.

Essas limitações dos sistemas de movimentação e de armazenagem, ainda segundo Ballou (2001), forçaram as pessoas a viverem perto das fontes de produção e a consumirem uma estreita gama de mercadorias.

O autor cita que o principal motivo para que isto ocorra é a falta de sistemas logísticos bem desenvolvidos e baratos para que possam encorajar uma troca de mercadorias com outras áreas produtivas.

De forma contrária, segundo o autor, quando o sistema logístico melhora, o consumo e a produção começam a separar-se geograficamente, fazendo com que regiões se especializem nas mercadorias que podem ser produzidas com mais eficiência, o excesso de produção pode ser transportado de forma mais econômica para outras áreas consumidoras, enquanto que os produtos necessários que não fossem produzidos no local poderiam ser importados, seguindo o princípio da vantagem comparativa.

Para Ballou (2007), sistemas logísticos eficientes permitem tirar vantagem do fato de que as terras e as pessoas que as ocupam sejam igualmente produtivas, e que a logística é a verdadeira essência do comércio, pois ela contribui para um maior padrão de vida para todos.

Com isto, o Council of Logistic Management - CLM (*apud* BALLOU, 2007) define logística como sendo:

O processo de planejamento, implementação e controle do fluxo eficiente e economicamente eficaz de matérias-primas, estoque em processo, produtos acabados e informações relativas desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o propósito de atender às exigências dos clientes.

Ballou (2007) explica que esta definição apresenta dois inconvenientes. O primeiro, segundo o autor, se refere à preocupação com que os profissionais de logística têm apenas com a movimentação física das mercadorias. O segundo, é que esta preocupação está relacionada com o fluxo de mercadorias de e para suas empresas.

Mas, segundo o autor, a missão do profissional de logística é fornecer mercadorias e serviços a clientes, de acordo com suas necessidades e exigências da maneira mais eficiente possível. Desta forma, o autor cita que a missão da logística passa a ser:

Disponer a mercadoria ou o serviço certo, no lugar certo, no tempo certo e nas condições desejadas, ao mesmo tempo em que fornece a maior contribuição à empresa.

A logística é, ainda para o autor, um conjunto de atividades funcionais que é repetido muitas vezes ao longo do canal de suprimentos por meio do qual as matérias-primas são convertidas em produtos acabados e o valor é adicionado aos olhos do consumidor.

3.1.3 Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos – Abordagem segundo Bowersox *et al*

Para Bowersox *et al* (2007) a logística envolve a gestão do processamento de pedidos, os estoques, os transportes e a combinação de armazenamento, manuseio de materiais e embalagens, todos integrados por meio de uma rede de instalações, cujo objetivo é apoiar as necessidades operacionais de compras, produção e atendimento às expectativas do cliente.

Os autores afirmam que a logística refere-se à responsabilidade de projetar e administrar sistemas para controlar o transporte e a localização geográfica dos estoques de materiais, produtos inacabados e produtos acabados pelo menor custo total, o que significa que os ativos financeiros e humanos aplicados na logística devem ser mínimos, sendo necessário, também, manter os gastos operacionais mais baixo possível, com combinações de recursos, habilidades e sistemas necessários para conseguir uma logística enxuta, o que representa um desafio na hora de serem integrados.

Segundo Bowersox *et al* (2007), é por meio do processo logístico que materiais fluem para a capacidade produtiva de uma nação industrializada e produtos acabados são distribuídos aos consumidores, e que o recente crescimento do comércio global expandiu o tamanho e a complexidade das operações logísticas.

A logística, ainda segundo os autores, agrega valor aos processos da cadeia de suprimentos quando o estoque é estrategicamente posicionado para gerar vendas, porém criar valor logístico é algo dispendioso, contudo, o empolgante na logística não é o refreamento ou redução de custos, e sim entender de que modo as empresas usam a competência logística para ajudar a obter vantagens competitivas.

Para Bowersox *et al* (2007) a gestão da cadeia de suprimentos consiste na colaboração entre empresas para impulsionar o posicionamento estratégico e para melhorar a eficiência operacional, fazendo com que as operações desta cadeia exijam processos gerenciais que atravessem as áreas funcionais de cada empresa e conectem parceiros comerciais e clientes além das fronteiras organizacionais.

3.1.4 Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos – Abordagem segundo Taylor

Para Taylor (2005), a cadeia de suprimentos é um conjunto de instalações conectadas por rotas de transporte, sendo as instalações classificadas de duas maneiras, dependendo de sua principal função: instalações de produção e instalações de armazenagem, já as rotas de transporte são caracterizadas pelos meios de transporte utilizados, os quais incluem estradas, ferrovias, canais, rotas marítimas, vias aéreas e dutos.

Para o autor, as cadeias de suprimentos, em um contexto mais abrangente, englobam desde a atividade inicial de extração de matérias-primas até a chegada dos produtos acabados aos clientes, que efetivamente os utilizam para o fim ao qual se destinam.

Segundo Taylor (2005), as instalações mantêm quantidades controladas de materiais denominadas estoques, sendo que nas instalações de produção há três tipos de estoques: o estoque

de matérias-primas, formado por materiais prontos para a utilização na produção, o estoque em processo (*work in process* – WIP), que inclui todos os materiais em processamento no momento, e o estoque de produtos acabados, que armazena produtos prontos para embarque. Já nas instalações de armazenagem, os estoques podem ser apenas de um único tipo, caracterizando um depósito, ou ainda conter os três tipos, e ainda ser responsável pela montagem final, caracterizando um centro de distribuição.

Taylor (2005) afirma ainda que, assim como nas instalações, as rotas de transporte mantêm estoques, que nesse caso passam a ser denominados de estoques em trânsito, que estreita a conexão entre o estoque de produtos acabados da instalação de embarque e o estoque de matérias-primas da instalação que recebe o embarque. O estoque em trânsito, segundo o autor, difere dos outros tipos de estoques, pois não é disponibilizado para uso, está suscetível a riscos maiores de roubos e acidentes e fica sujeito a atrasos devido a eventuais problemas nos veículos ou congestionamento da rota, e, seguindo o estoque de matérias-primas, o estoque em processo e o estoque de produtos acabados, o estoque em trânsito representa o quarto principal tipo.

O objetivo principal no gerenciamento de uma cadeia de suprimentos é, para Taylor (2005), conseguir estabelecer um fluxo organizado de produtos, da extração de matérias-primas até a chegada do produto ao cliente, então, para o autor, era de se esperar que as origens mais profundas da organização se encontrassem no gerenciamento do transporte, responsável por movimentar os produtos acabados ao próximo elo na cadeia, mas, com o passar do tempo, o gerenciamento de transporte se fundiu com o gerenciamento de materiais, criando uma disciplina denominada logística, cuja função é controlar por completo o fluxo de materiais, partindo dos fornecedores, passando pelos três tipos internos de estoque, até chegar aos clientes.

3.1.5 Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos – Abordagem segundo Simchi-Levi *et al.*

Para Simchi-Levi (2003), em uma cadeia de suprimentos, as matérias-primas são adquiridas, os itens são produzidos em uma ou mais fábricas, transportados para os depósitos para armazenamento temporário e, então, despachados para varejistas e clientes.

Segundo os autores, a cadeia de suprimentos, também referenciada como rede logística, é constituída por fornecedores, centros de produção, depósitos, centros de distribuição e varejistas, e ainda por matéria-prima, estoques de produtos em processo e produtos acabados que fluem entre as instalações.

A definição de gestão da cadeia de suprimentos para os autores é:

A gestão de cadeias de suprimentos é um conjunto de abordagens utilizadas para integrar eficientemente fornecedores, fabricantes, depósitos e armazéns, de forma que as mercadorias sejam produzidas e distribuídas na quantidade certa, para a localização certa e no tempo certo, de forma a minimizar custos globais do sistema ao mesmo tempo em que atinge o nível de serviço desejado.

Esta definição, segundo os autores, conduz a diversas constatações:

- a) a gestão da cadeia de suprimentos leva em consideração todas as instalações que têm impacto nos custos e desempenham um papel na fabricação de um produto de acordo com as exigências do cliente, desde instalações do fornecedor e do fabricante, passando pelos depósitos e centro de distribuição, até varejistas e lojistas;
- b) o objetivo da gestão da cadeia de suprimentos é ser eficiente e eficaz em relação aos custos ao longo de todo o sistema, sendo que estes custos, do transporte e da distribuição aos estoques de matérias-primas, de estoque em processo e de produtos acabados, devem ser minimizados; e
- c) pelo fato de a gestão da cadeia de suprimentos girar em torno da eficiente integração entre fornecedores, fabricantes, depósitos e armazéns, este abrange as atividades da empresa em vários níveis, desde o nível estratégico, passando pelo tático, até o operacional.

A pergunta natural, para os autores, é: qual a diferença entre gestão da cadeia de suprimentos e o gerenciamento logístico? Considerando que a definição dada pelos autores é

semelhante à definição de gestão da logística dada pelo Conselho de Gestão da Logística (CLM), ou seja:

O processo de planejar, implementar e controlar o fluxo e armazenamento eficientes e eficazes de matérias-primas, estoque em processo, produtos acabados e informações relacionadas, desde o ponto de origem ao ponto de consumo, com o propósito de se adaptar às necessidades dos clientes.

Podemos verificar que, para estes autores, não há distinção entre gestão da cadeia de suprimentos e logística, ou seja, ambas as definições destacam a integração dos diferentes componentes da cadeia de suprimentos.

3.2 FUNDAMENTOS DA GESTÃO DE ESTOQUES

Os estoques são materiais e suprimentos que uma organização mantém, seja para vender ou para fornecer, insumos ou suprimentos, para o processo de produção. Todas as organizações precisam manter estoques, sendo que constituem uma parte substancial dos ativos totais (ARNOLD, 1999).

Em termos financeiros, conforme Arnold (1999), os estoques são muito importantes para as organizações de manufatura, sendo que, no balanço financeiro, ele representam de 20% a 60% dos ativos totais. Para o autor, à medida que os estoques vão sendo utilizados, seu valor se converte em dinheiro, o que melhora, desta forma, o fluxo de caixa e o retorno sobre o investimento, pois existe um custo de estocagem, que aumenta os custos operacionais e diminui os lucros.

Para o referido autor, a administração de estoques é responsável pelo planejamento e controle do estoque, desde o estágio de matéria-prima até o produto acabado entregue aos clientes. O autor explica ainda que, como o estoque resulta da produção ou a apóia, os dois não podem ser administrados separadamente e, portanto, devem ser coordenados, porém, o estoque deve ser considerado em cada um dos níveis de planejamento e, por isso, faz parte do planejamento da produção, do MPS e do MRP, sendo que o planejamento da produção se

relaciona ao estoque total, o MPS a itens finais e o MRP às peças componentes e matérias-primas.

3.2.1 Definição de Estoque

Estoque, segundo Tadeu (2010), é um conjunto de bens físicos acumulados pela empresa e tratados como ativos, pois são frutos de um investimento da empresa e, portanto, possuem valor atrelado, características próprias e são conservados durante algum tempo, e, de alguma forma, atendem uma ou mais necessidades da empresa.

Para Ballou (2001), 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 Viana (*apud* TADEU, 2010), estoque é um conjunto de matérias-primas, produtos semiacabados, componentes para montagem, sobressalentes acabados, materiais administrativos e suprimentos variados acumulados para utilização posterior.

Correa *et al* (2008) definem estoques como acúmulos de recursos materiais entre fases específicas de processos de transformação. Esses acúmulos de materiais, segundo os autores, têm uma propriedade fundamental que é uma “arma” – no sentido de que pode ser usada para “o bem” e para “o mal”: pois proporcionam independência às fases dos processos de transformação entre as quais se encontram.

Slack *et al* (2002) definem estoques como a acumulação armazenada de recursos materiais em um sistema de transformação. Segundos os autores, os estoques são custosos, e algumas vezes empatam considerável quantidade de capital e mantê-los representam riscos uma vez que itens em estoque podem se deteriorar, tornarem-se obsoletos ou serem extraviados, e, além disso, ocupam espaço valioso. Por outro lado, ainda segundo os autores, estoques proporcionam certo nível de segurança em ambientes complexos e incertos. Os estoques são considerados pelos autores como uma espécie de garantia contra o inesperado.

3.2.2 Classificação dos Estoques

Segundo Tadeu (2010), os estoques podem ser classificados em diferentes conjuntos, conforme as diferentes empregabilidades:

- a) Estoques de matéria-prima: que se entende como a estocagem dos insumos básicos que servirão como material necessário para algum tipo de processo de transformação dentro de uma cadeia de operações e se destina à fabricação do produto final característicos desse processo.
- b) Estoques de produtos em processo: que também recebem outros nomes como estoques de componentes, de peças em processos ou WIP (Work in Process), traduz a idéia de subprodutos (ou conjunto de peças desagrupadas) que ainda passarão por um processamento até virem a ser incorporados ao produto final.
- c) Estoques de materiais auxiliares: que correspondem ao estoque daqueles materiais que não são destinados à produção diretamente. Também chamados de estoques de materiais indiretos, auxiliares ou não produtivos, são aqueles materiais que não são fisicamente incorporados ao produto final, embora alguns possam ser imprescindíveis ao processo de fabricação.
- d) Estoques de produtos acabados: que é o estoque do resultado final da produção, ou seja, dos produtos já prontos, devidamente embalados e que já podem ser disponibilizados ao comércio.

Além destas classificações, Arnold (1999) cita também:

- a) Estoques de antecipação: que são os estoques criados antecipando-se uma demanda futura, como por exemplo, os que são criados antes de uma época de pico de vendas, de um programa de promoção, das férias coletivas, ou possivelmente diante de uma ameaça de greve; geralmente, são feitos para auxiliar a nivelar a produção e reduzir os custos de mudança das taxas de produção.
- b) Estoques de transporte: que são aqueles que existem devido ao tempo necessário para transportar as mercadorias de um lugar para outro, como produtos que saem

de uma fábrica para chegar a um centro de distribuição ou a um cliente; são, às vezes, denominados estoques de tubulação ou de movimento.

Martins e Alt (2000) ainda possuem duas outras classificações:

- a) Estoques em trânsito: que corresponde a todos os itens que já foram despachados de uma unidade fabril para outra, normalmente da mesma empresa, e que ainda não chegaram a seu destino final.
- b) Estoques em consignação: que são os materiais que continuam sendo propriedade do fornecedor até que sejam vendidos; em caso contrário, são devolvidos sem ônus.

3.2.3 Funcionalidades do Estoque

Para Tadeu (2010) a funcionalidade básica 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 finais para o atendimento às demandas de mercado.

Ainda para este autor, a utilização 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 principais funções dos estoques são:

- a) Atendimento da demanda prevista em função da antecipação da disponibilidade de materiais e produtos para suprir uma demanda projetada;
- b) Tornar as necessidades de produção mais regulares;

- c) Desacoplar as operações de produção e distribuição, servindo o estoque como um “amortecedor” ou “buffer” entre processos;
- d) Tirar proveito dos ciclos de pedidos e aproveitar descontos concedidos para comprar em função do volume dos pedidos;
- e) Viabilizar as operações de produção, balanceando questões como custos fixos, tempo e volume de produção.

3.2.4 Importância dos Estoques

Segundo Ballou (*Apud* MARTINS E ALT, 2000), em sistemas logísticos, os estoques são mantidos para:

- a) Melhorar o serviço ao cliente, dando suporte a área de marketing, que ao criar demanda precisa de material disponível pra concretizar as vendas;
- b) Economia de escala, uma vez que os custos dão tipicamente menores quando o produto é fabricado continuamente e em quantidades constantes;
- c) Proteção contra mudanças de preços em tempo de inflação alta, pois um alto volume de compras minimiza o impacto do aumento de preços pelos fornecedores;
- d) Proteção contra as incertezas na demanda e no tempo de entrega, pois considera o problema que advém aos sistemas logísticos quando tanto o comportamento de demanda dos clientes quanto ao tempo de entrega dos fornecedores não são perfeitamente conhecidos, ou seja, para atender os clientes são necessários estoques de segurança;
- e) Proteção contra contingências, ou seja, proteger a empresa contra greves, incêndios, inundações, instabilidades políticas e outras variáveis exógenas que podem criar problemas, logo, o risco diminuiria com a manutenção de estoques.

Em contrapartida, Wanke (2003) cita que as empresas estão buscando cada vez mais garantir uma determinada disponibilidade de produto com o menor nível de estoque possível, com base nos seguintes motivadores para redução de estoques:

- a) A variedade crescente do número de produtos, tornando cada vez mais complexa e trabalhosa a determinação dos tamanhos de lote, dos pontos de pedido e dos estoques de segurança;
- b) O elevado custo de oportunidade de capital, reflexo das proibitivas taxas de juros brasileiras, tem tornado a posse e a manutenção dos estoques cada vez mais cara, pois ao decidir pela formação de estoques, uma empresa imobiliza parte de seu capital de giro, sendo que esta parcela poderia ser aplicada no mercado financeiro ou em projetos internos de expansão do negócio a uma determinada taxa de retorno;
- c) O crescente foco na redução do Capital Circulante Líquido (diferença entre o Ativo Circulante e o Passivo Circulante), um dos indicadores financeiros mais observados por empresas que desejam maximizar seu valor de mercado.

O grande dilema, segundo Gasnier (2002), baseia-se no fato de que existem boas razões para as empresas manterem e para reduzirem estoques.

Se por um lado, segundo este autor, as empresas desejam reduzir os estoques, pois:

- a) A crescente diversificação da linha produtos da empresa exige que esta utilize seus recursos financeiros de forma mais produtiva possível;
- b) Deseja-se maior liquidez, uma vez que itens parados no estoque não agregam valor para os clientes;
- c) Sempre alguém pagará pelo custo do financiamento do capital de giro investido em materiais;
- d) Estoque reduzido agiliza o *feedback* (que melhora a qualidade) e permite a resposta rápida na mudança de linha;
- e) Reduzem-se os custos de manutenção de estoques, tais como espaço para armazenagem, seguros perdas por manuseio e movimentação;
- f) Manter em estoques provoca também perdas por obsolescência dos materiais.

Por outro, as empresas precisam manter os estoques, pois:

- a) Existem restrições na cadeia de abastecimento, entre a capacidade produtiva instalada e a demanda de mercado;
- b) Persistem as causas das incertezas e flutuações na oferta e na demanda;
- c) A falta de materiais pode comprometer o atendimento, reduzindo o faturamento, e permitindo que o cliente procure alternativas na concorrência.

Este dilema, conforme Gasnier (2000), é conhecido como *trade-off* ou perdas compensatórias, isto é, uma encruzilhada em que ao se optar por um caminho, deve-se abrir ao das vantagens da alternativa, sendo estas as decisões diárias que cabem aos gestores de materiais em sua desafiadora missão.

3.2.5 Métodos de Previsão para Estoques

Segundo Dias (2010) todo o início de estudo dos estoques está pautado na previsão do consumo do material, isto porque a previsão de consumo ou da demanda estabelece estimativas futuras dos produtos acabados comercializados e define, portanto, quais produtos, quanto desses produtos e quando serão comprados pelos clientes.

Para o autor, a previsão possui algumas características básicas que são:

- a) É o ponto de partida de todo o planejamento de estoques;
- b) A eficácia dos métodos empregados; e
- c) A qualidade das hipóteses que se utilizou no raciocínio.

O autor cita ainda que a previsão deve sempre ser considerada como a hipótese mais provável dos resultados e que as informações básicas que permitem decidir quais serão as dimensões e a distribuição no tempo da demanda dos produtos acabado podem ser classificadas em quantitativas e qualitativas:

- a) Quantitativas:

- Evolução das vendas passadas;
- Variáveis cuja evolução e explicação estão ligadas diretamente às vendas;
- Variáveis de fácil previsão, relativamente ligadas às vendas; e
- Influência da propaganda

b) Qualitativas:

- Opinião dos gerentes;
- Opinião dos vendedores;
- Opinião dos compradores; e
- Pesquisas de mercado.

As técnicas de previsão do consumo, segundo Dias (2010), podem ser classificadas em três grupos:

- a) **Projeção:** que são aqueles que admitem que o futuro será a repetição do passado ou as vendas evoluirão no tempo, segundo a mesma lei observada no passado; este grupo de técnicas é de natureza essencialmente quantitativa;
- b) **Explicação:** que são aquelas que procuram explicar as vendas do passado mediante leis que relacionam as mesmas com outras variáveis cuja evolução é conhecida ou previsível; são basicamente aplicações de técnicas de regressão e correlação;
- c) **Predileção:** que são aquelas oriundas do conhecimento de funcionários experientes e conhecedores de fatores influentes nas vendas e no mercado que estabelecem a evolução das vendas futuras.

Dias (2010) cita ainda que as formas de evolução do consumo podem ser representadas da seguinte forma:

- a) **Modelo de evolução horizontal de consumo:** onde a tendência é invariável ou constante, sem nenhuma influência conjuntural, sendo reconhecido pelo consumo médio horizontal.
- b) **Modelo de evolução de consumo sujeito a tendência:** onde o consumo médio aumenta ou diminui com o correr do tempo.

- c) Modelo de evolução sazonal de consumo: onde o consumo possui oscilações regulares, que tanto podem ser positivas quanto negativas, devido ao condicionamento a determinadas causas.

Tubino (2008) cita também que as técnicas de previsão podem ser subdivididas em dois grandes grupos: as técnicas qualitativas e as quantitativas. Para este autor, as técnicas qualitativas privilegiam principalmente dados subjetivos, os quais são difíceis de representar numericamente, já as técnicas quantitativas envolvem a análise numérica dos dados passados, isentando-se de opiniões pessoais e palpites.

Segundo Tubino (2008) as técnicas qualitativas estão baseadas na opinião e no julgamento de pessoas-chave, especialistas no produto ou nos mercados onde atuam estes produtos, sendo, porém, mais rápidas para se prepara, pois são empregadas quando não se dispõem de tempo para coletar e analisar os dados da demanda passada.

Por outro lado, ainda segundo o autor, as técnicas quantitativas consistem em analisar os dados passados objetivamente empregando-se modelos matemáticos para projetar a demanda futura, sendo subdividida em dois grupos: as técnicas baseadas em séries temporais e as técnicas baseadas em correlações.

Contudo, Tubino (2008) ressalta que as técnicas baseadas em séries temporais procuram modelar matematicamente a demanda futura relacionando os dados históricos do próprio produto com o tempo, enquanto que as técnicas baseadas em correlações procuram associar os dados históricos do produto com uma, ou mais variáveis que tenham alguma relação com a demanda do produto.

As previsões baseadas em séries temporais, conforme cita Tubino (2008), partem do princípio de que a demanda futura será uma projeção dos seus valores passados, não sofrendo influência de outras variáveis, sendo este método o que oferece melhores resultados.

Uma série temporal é, segundo Morettin e Tolo (2006), qualquer conjunto de observações ordenadas no tempo, podendo ser discretas e contínuas conforme a variável a que está relacionada.

Para os autores, os objetivos da análise de séries temporais são:

- a) Investigar o mecanismo gerador da série temporal;
- b) Fazer previsões de valores futuros da série, podendo ser de curto prazo, como séries de vendas, produção ou estoque, ou a longo prazo, como séries populacionais, de produtividade etc;
- c) Descrever apenas o comportamento da série, com a verificação da existência de tendências, ciclos e variações sazonais;
- d) Procurar periodicidades relevantes nos dados, por meio da análise espectral.

Em todos os casos, conforme cita Morettin e Toloí (2006), os modelos probabilísticos ou estocásticos são construídos no domínio temporal ou de frequências, e devem ser simples e parcimoniosos (ou seja, com menor número de parâmetros envolvidos possível), não apresentando dificuldades em sua manipulação.

Os procedimentos de previsão de séries temporais podem ser divididos, grosseiramente, em duas categorias (MORETTIN e TOLOI, 1987):

- a) Métodos automáticos: que são aplicados diretamente, com a utilização de programas simples de computador;
- b) Métodos não automáticos: que exigem a intervenção de pessoal especializado, para serem aplicados.

Morettin e Toloí (1987) citam ainda que dentre os procedimentos automáticos mencionam-se os seguintes modelos:

- a) Métodos de alisamento exponencial: simples, linear de Brown, biparamétrico de Hiltz, sazonal de Holt-Winters;
- b) Métodos de auto-regressão *stepwise*;
- c) Métodos de filtragem adaptativa.

Os autores também citam os procedimentos não automáticos, tais como:

- a) Métodos de Box-Jenkins;
- b) Métodos Bayesianos.

Existe também outra classificação dos métodos de previsão de séries temporais dadas por Souza (*Apud* MUELLER, 1996) e Wheel Whright e Makridakis (*Apud* MUELLER, 1996), baseada em uma única série temporal, a saber:

- a) Métodos de decomposição de séries temporais: assumem que uma série é constituída por um conjunto de componentes não-observáveis; dessa forma, pela identificação das componentes individuais presentes no padrão básico de série temporal (tais como tendência, ciclo, sazonalidade e aleatoriedade), a extrapolação para o futuro pode ser realizada;
- b) Métodos simples de previsão de séries temporais: assim classificados porque efetuam a previsão do valor futuro da série temporal pelo alisamento das observações passadas da série de interesse; entre estes métodos destacam-se: média móvel; alisamento exponencial simples; alisamento exponencial linear; alisamento exponencial sazonal e linear de Winter;
- c) Métodos avançados de previsões de séries temporais: onde encontram-se os modelos autoregressivos e média móveis (AR, MA e ARMA), modelos autoregressivos integrados de médias móveis (ARIMA), filtros de Kalman e AEP, modelos ARARMA de Parzen, modelos ARMA Multivariados (MARMA), modelos ARCH, entre outros.

3.2.6 Modelos de Estoques

Segundo Martins e Alt (2000), toda organização deve definir a forma de como administrar seus estoques. Os autores citam que para melhor desenvolver os modelos, precisa-se primeiro analisar os gráficos de estoques e definir os novos parâmetros presentes.

Os autores explicam que os modelos de estoques utilizados são simplificados por hipóteses que consideram constantes – ou invariáveis – a demanda, os tempos de atendimentos, os lotes de compras e os intervalos de pedidos, e o lote de compra é entregue instantaneamente.

Com isto, temos o seguinte:

$$E_{\max} = ES + Q \quad (1)$$

Onde:

E_{\max} é o estoque máximo;

ES é o estoque de segurança; e

Q é o lote de compra.

E ainda:

$$E_m = ES + \frac{Q}{2} \quad (2)$$

Onde:

E_m é o estoque médio

3.2.6.1 Modelo de reposição contínua

Segundo Martins e Alt (2000), este modelo, também chamado de modelo de lote padrão, modelo de estoque mínimo ou do ponto de reposição, consiste em emitir um pedido de compras, com quantidade igual ao lote econômico (ou outro, a critério do administrador de materiais), sempre que o nível de estoque atingir o ponto do pedido.

Assim, afirmam os autores, para a aplicação do modelo deve-se, em primeiro lugar, determinar o Lote Econômico de Compras (LEC), o tempo de atendimento (T) e fixar o estoque de segurança (ES). Com isto, o PP será:

$$PP = (TxD) + ES \quad (3)$$

Onde:

PP é o ponto do pedido;

T é o tempo de atendimento ou de ressurgimento ou *lead time*;

D é a demanda

Os autores explicam que algumas observações são importantes:

- a) Quando a demanda for variável, o que muitas vezes ocorrerá, deve-se utilizar a demanda média;

- b) O mesmo é válido para o tempo de atendimento: quando ele for variável, utiliza-se o tempo de atendimento médio;
- c) O estoque de segurança é fixado em função das variações na demanda, no tempo de atendimento e no nível de serviço;
- d) O risco de ficar sem estoques passa a ocorrer após a emissão do pedido de compra, pois, se a demanda for maior que a média utilizada na determinação do ponto de pedido, a organização poderá ficar sem estoque antes do recebimento da mercadoria. Assim, o risco é função da demanda no tempo de atendimento.

3.2.6.2 Modelo de reposição periódica

Neste modelo, também chamado de modelo do intervalo padrão ou modelo de estoque máximo, Martins e Alt (2000) explicam que consiste em emitir os pedidos de compras em lotes em intervalos de tempo fixos.

Segundo os autores, os intervalos de tempo serão iguais a I , e os lotes serão iguais à diferença entre o estoque máximo (E_{max}) e o estoque disponível no dia da emissão do pedido de compra (S). Sendo:

$$I = \frac{1}{N} \quad (4)$$

Onde:

I é o intervalo entre pedidos;

N é o número de pedidos emitidos por intervalo de tempo.

$$N = \frac{D}{Q} \quad (5)$$

Onde:

N é o número de pedidos emitidos por intervalo de tempo

Com isto, continuam os autores, para a aplicação do modelo deve-se, em primeiro lugar, determinar o lote econômico de compras (LEC) e o intervalo entre pedidos (IP), e fixar o estoque de segurança (ES), lembrando-se de que $N = \frac{D}{Q}$, logo $I = \frac{Q}{D}$.

Como a demanda geralmente é variável, os autores explicam que se deve utilizar a demanda média e que o mesmo deve acontecer com o tempo de atendimento. No modelo de intervalo padrão, continuam os autores, o tempo de atendimento não é um parâmetro tão importante quanto no modelo do lote padrão.

Martins e Alt (2000) citam que o estoque de segurança é fixado em função das variações da demanda, no tempo de atendimento e no nível de serviço. Eles citam também que o risco de ficar sem estoques passa a ocorrer após a emissão do pedido de compras, isto é, como o próximo pedido será emitido somente após o decurso de um prazo predeterminado, caso a demanda seja muito maior que a prevista corre-se o risco de o estoque se esgotar antes do recebimento do próximo pedido.

$$PP = \bar{D}(\bar{T} + I) + ES \quad (6)$$

Onde:

\bar{D} é a demanda média;

\bar{T} é o tempo médio de reposição

3.2.7 Estoques de Segurança

Segundo Arnold (1999), o estoque de segurança objetiva proteger contra a incerteza na oferta e na demanda, sendo que a incerteza pode ocorrer de duas maneiras: incerteza de quantidade e incerteza de período de entrega.

A incerteza de quantidade, segundo o autor, ocorre quando a quantidade de suprimento ou de demanda varia, como por exemplo, se a demanda é maior ou menor que a esperada em um determinado período.

A incerteza de período de entrega, também segundo o autor, ocorre quando o período de recebimento de oferta ou demanda difere do que é esperado, como por exemplo quando um cliente ou um fornecedor podem modificar uma data de entrega.

Arnold (1999) também cita que há dois modos de proteção contra a incerteza: manter um estoque extra, denominado estoque de segurança, ou fazer um pedido antecipado, a que se dá o nome de *lead time* de segurança. O estoque de segurança, continua o autor, é uma quantidade extra calculada de estoque mantido e é geralmente utilizado como proteção contra a incerteza relativa à quantidade. Já o *lead time* de segurança, conforme o mesmo autor, é utilizado como proteção contra a incerteza de período de entrega, por meio de um planejamento de liberação de pedidos e recebimento de pedidos antes do necessário.

Arnold (1999) também cita que tanto o estoque de segurança quanto o *lead time* de segurança resultam, ambos, em um estoque extra, mas os métodos de cálculo são diferentes.

Segundo Arnold (1999), o estoque de segurança é o meio mais comum de proteção contra a incerteza e depende dos seguintes fatores:

- a) Variabilidade da demanda durante o *lead time*;
- b) Freqüência de novos pedidos;
- c) Nível de atendimento desejado;
- d) Extensão do *lead time*, ou seja, quanto maior o *lead time*, mais estoque de segurança deve ser mantido para oferecer um nível específico de atendimento aos clientes, e é essa uma das razões da importância de se reduzir os *lead times* tanto quanto possível.

3.2.7.1 Estoque de segurança no sistema de reposição contínua

Martins e Laugeni (2005) mostram que o dimensionamento do estoque de segurança é em função da variação da demanda e do tempo de reposição, logo, pode-se considerar dois casos:

a) Demanda D seguindo a distribuição normal e tempo de reposição T fixo

Neste caso, segundo Martins e Laugeni (2005), a expressão do estoque de segurança é:

$$ES = Z\sigma_D\sqrt{T} \quad (7)$$

Onde:

Z é o coeficiente da distribuição normal em função do nível de serviço desejado.

σ_D é o desvio padrão da demanda

T é o tempo de reposição

b) Demanda D e tempo de reposição variáveis de acordo com a distribuição normal

Neste caso, também segundo Martins e Laugeni (2005), o estoque de segurança deve ser calculado pela expressão:

$$ES = Z\sqrt{\sigma_D^2\bar{T} + \bar{D}^2\sigma_T^2} \quad (8)$$

Onde:

σ_D^2 é a variância da demanda

σ_T^2 é a variância do tempo de reposição

3.2.7.2 Estoque de segurança no sistema de reposição periódica

Martins e Laugeni (2005) também mostram que no dimensionamento do estoque de segurança pode-se considerar dois casos:

a) Demanda normalmente distribuída e tempo de reposição T fixo.

Para este caso, Martins e Laugeni (2005) definem que o estoque de segurança deve fornecer cobertura para o período (T+I), sendo a seguinte expressão para o cálculo:

$$ES = Z\sigma_D\sqrt{T+I} \quad (9)$$

b) Demanda e Tempo de reposição variáveis de acordo com a distribuição normal

Neste caso, os autores definem que a expressão é semelhante à expressa no sistema do ponto de pedido, considerando-se que, neste caso, o estoque de segurança deve proteger o sistema pelo período (T+I), sendo a seguinte expressão para o cálculo:

$$ES = Z\sqrt{\sigma_D^2(\bar{T}+I) + \bar{D}^2\sigma_T^2} \quad (10)$$

3.2.8 Tamanho dos Lotes

Antes de abordarmos o assunto tamanho dos lotes é necessário definirmos os custos envolvidos com os estoques.

3.2.8.1 Gestão de custos dos estoques

Diversos autores têm estudado os custos envolvidos com os estoques de uma organização, entre eles citamos: Dias (2010), Tadeu (2010), Gasnier (2002), Wanke (2003) etc.

Todos eles apresentam equações para o custo total do estoque bem parecidas, porém a adotada no presente trabalho é a apresentada por Shamblin e Stevens Jr (1979), dada pela seguinte fórmula:

$$CT = C_D + C_C + C_E \quad (11)$$

Onde:

C_D é o Custo direto: $C_D = D.C_1$

Onde: D = demanda do item por período

C_1 = Custo unitário de compra ou fabricação

C_C é o Custo de compra: $C_C = N.C_2$

Onde: $N = \frac{D}{Q}$

N = número de pedidos de compra

Q = tamanho do lote de reposição

C_2 = custo unitário de preparação

C_E é o Custo de manutenção de estoques: $C_E = Q_m.C_3$

Onde: Q_m = estoque médio durante o período e $Q_m = \frac{Q}{2}$

C_3 = custo unitário de compra ou fabricação

Logo:

$$CT = C_1D + C_2 \frac{D}{Q} + C_3 \frac{Q}{2} \quad (12)$$

Dias (2002) explica que todo e qualquer armazenamento de material gera determinados custos que são:

- a) juros;
- b) depreciação;
- c) aluguel;
- d) equipamentos de movimentação;
- e) deterioração;
- f) obsolescência;
- g) seguros;

- h) salários;
- i) conservação.

Todos eles, segundo o autor, podem ser agrupados em diversas modalidades:

- a) custos de capital (juros, depreciação);
- b) custos com pessoal (salários, encargos sociais);
- c) custos com edificação (aluguel, impostos, luz, conservação);
- d) custos de manutenção (deterioração, obsolescência, equipamento).

O autor cita ainda que existem duas variáveis que aumentam estes custos, que são a quantidade em estoque e o tempo de permanência em estoque. Grandes quantidades em estoque, segundo o autor, somente poderão ser movimentadas com a utilização de mais pessoal ou, então, com maior uso de equipamentos, tendo como consequência a elevação destes custos. No caso de um menor volume, ainda segundo o autor, o efeito é exatamente ao contrário.

O somatório destes custos compõe o custo total do estoque. Toda a teoria de dimensionamento e controle de estoque baseia-se em minimizar o custo total (DIAS, 2002, p. 53).

3.2.8.2 Tamanho do lote para o modelo de compra sem carência

Seja o custo total dado por (12).

Derivando (12) em função de Q, temos:

$$\frac{\partial CT}{\partial Q} = 0 - \frac{C_2 D}{Q^2} + \frac{C_3}{2}$$

Igualando a zero, temos:

$$-\frac{C_2 D}{Q^2} + \frac{C_3}{2} = 0$$

$$\frac{C_3}{2} = \frac{C_2 D}{Q^2} \Rightarrow Q^2 = \frac{2C_2 D}{C_3} \Rightarrow$$

$$Q = \sqrt{\frac{2C_2 D}{C_3}} \quad (13)$$

Número de reposições

Sabendo que $N = \frac{D}{Q}$ e substituindo por (13), temos:

$$N = \frac{D}{\sqrt{\frac{2C_2 D}{C_3}}} \Rightarrow N^2 = \frac{D^2}{\frac{2C_2 D}{C_3}} \Rightarrow N^2 = \frac{D}{\frac{2C_2}{C_3}} \Rightarrow N^2 = \frac{DC_3}{2C_2} \Rightarrow$$

$$N = \sqrt{\frac{DC_3}{2C_2}} \quad (14)$$

Duração de um período expressa em anos:

$$I = \frac{1}{N} = \frac{Q}{D} \quad (15)$$

3.2.8.3 Tamanho do lote para o modelo de fabricação sem carência

Neste caso,

$$Q_m = \left(1 - \frac{D}{R}\right) \frac{Q}{2} \quad (16)$$

Substituindo em (12), logo temos:

$$CT = C_1D + C_2 \frac{D}{Q} + C_3 \frac{Q}{2} \left(1 - \frac{D}{R}\right) \quad (17)$$

Onde R é a taxa de fabricação por período

Derivando (17) em função de Q, temos:

$$\frac{\partial CT}{\partial Q} = 0 - C_2 \frac{D}{Q^2} + \frac{C_3}{2} \left(1 - \frac{D}{R}\right)$$

Igualando a zero, temos:

$$- C_2 \frac{D}{Q^2} + \frac{C_3}{2} \left(1 - \frac{D}{R}\right) = 0 \Rightarrow \frac{C_3}{2} \left(1 - \frac{D}{R}\right) = C_2 \frac{D}{Q^2} \Rightarrow Q^2 = \frac{2C_2D}{C_3 \left(1 - \frac{D}{R}\right)} \Rightarrow$$

$$Q = \sqrt{\frac{2C_2D}{C_3 \left(1 - \frac{D}{R}\right)}} \quad (18)$$

$$\text{Número de reposições } N = \frac{D}{Q}$$

Duração de um período expressa em anos:

$$I = \frac{1}{N} = \frac{Q}{D}$$

3.2.8.4 Tamanho do lote para modelo de compra com falta

Neste caso, o custo total (12) fica:

$$CT = C_1D + C_2 \frac{D}{Q} + C_3 \frac{(Q - S)^2}{2Q} + C_4 \frac{S^2}{2Q} \quad (19)$$

Onde:

$S = 2$ (nº médio de unidades faltantes por período)

C_4 é o custo da falta de uma unidade/ano

Derivando (19) em função de Q temos:

$$\frac{\partial CT}{\partial Q} = 0 - C_2 \frac{D}{Q^2} + \frac{C_3}{2} - \frac{C_3 S^2}{2Q^2} - C_4 \frac{S^2}{2Q^2}$$

Igualando a zero, temos:

$$- C_2 \frac{D}{Q^2} + \frac{C_3}{2} - \frac{C_3 S^2}{2Q^2} - C_4 \frac{S^2}{2Q^2} = 0 \Rightarrow \frac{C_3}{2} = C_2 \frac{D}{Q^2} + \frac{C_3 S^2}{2Q^2} + C_4 \frac{S^2}{2Q^2} \Rightarrow$$

$$\frac{C_3}{2} = C_2 \frac{D}{Q^2} + \frac{S^2(C_3 + C_4)}{2Q^2} \Rightarrow \frac{C_3}{2} = \frac{2C_2 D + S^2(C_3 + C_4)}{2Q^2} \Rightarrow$$

$$Q^2 = \frac{2C_2 D + S^2(C_3 + C_4)}{C_3} \quad (20)$$

Derivando (19) em função de S , temos:

$$\frac{\partial CT}{\partial S} = 0 + 0 - C_3 + \frac{C_3 S}{Q} + C_4 \frac{S}{Q}$$

Igualando a zero, temos:

$$- C_3 + \frac{C_3 S}{Q} + C_4 \frac{S}{Q} = 0 \Rightarrow \frac{C_3 S}{Q} + C_4 \frac{S}{Q} = C_3 \Rightarrow \frac{S}{Q}(C_3 + C_4) = C_3$$

Isolando em função de S , temos:

$$S = \frac{C_3}{(C_3 + C_4)} Q \quad (21)$$

Substituindo (21) em (20), temos:

$$\begin{aligned}
 Q^2 &= \frac{2C_2D}{C_3} + \left[\frac{C_3}{C_3 + C_4} Q \right]^2 \frac{(C_3 + C_4)}{C_3} \Rightarrow Q^2 = \frac{2C_2D}{C_3} + \left[\frac{C_3}{C_3 + C_4} Q^2 \right] \Rightarrow \\
 Q^2 - \left[\frac{C_3}{C_3 + C_4} Q^2 \right] &= \frac{2C_2D}{C_3} \Rightarrow Q^2 \left[1 - \frac{C_3}{C_3 + C_4} \right] = \frac{2C_2D}{C_3} \Rightarrow Q^2 = \frac{\frac{2C_2D}{C_3}}{\left[\frac{C_3 + C_4}{C_3 + C_4} - \frac{C_3}{C_3 + C_4} \right]} \Rightarrow \\
 Q^2 &= \frac{\frac{2C_2D}{C_3}}{\left[\frac{C_4}{C_3 + C_4} \right]} \Rightarrow Q^2 = \frac{2C_2D}{C_3} \left[\frac{C_3 + C_4}{C_4} \right] \Rightarrow \\
 Q &= \sqrt{\frac{2C_2D}{C_3} \left[\frac{C_3 + C_4}{C_4} \right]} \tag{22}
 \end{aligned}$$

Substituindo (22) em (21), temos:

$$S = \sqrt{\frac{2C_2D}{C_4} \left[\frac{C_3}{C_3 + C_4} \right]} \tag{23}$$

3.2.8.5 Tamanho do lote para o modelo de fabricação com faltas

Neste caso, (12) fica:

$$CT = C_1D + C_2 \frac{D}{Q} + \frac{C_3}{2Q} \left[Q \left(1 - \frac{D}{R} \right) - S \right]^2 \frac{1}{1 - \frac{D}{R}} + \frac{C_4 S^2}{2Q} \frac{1}{1 - \frac{D}{R}} \tag{24}$$

Para simplificar, faremos $A = 1 - \frac{D}{R}$. Logo a expressão (24) fica:

$$CT = C_1 D + C_2 \frac{D}{Q} + \frac{C_3}{2Q} [QA - S]^2 \frac{1}{A} + \frac{C_4 S^2}{2Q} \frac{1}{A} \quad (25)$$

Derivando (25) em função de Q, temos:

$$\frac{\partial CT}{\partial Q} = 0 - C_2 \frac{D}{Q^2} + \frac{C_3 A}{2} - \frac{C_3 S^2}{2Q^2 A} - \frac{C_4 S^2}{2Q^2 A}$$

Igualando a zero, temos:

$$\begin{aligned} -C_2 \frac{D}{Q^2} + \frac{C_3 A}{2} - \frac{C_3 S^2}{2Q^2 A} - \frac{C_4 S^2}{2Q^2 A} &= 0 \Rightarrow \frac{C_3 A}{2} = C_2 \frac{D}{Q^2} + \frac{C_3 S^2}{2Q^2 A} + \frac{C_4 S^2}{2Q^2 A} \Rightarrow \\ \frac{C_3 A}{2} &= C_2 \frac{D}{Q^2} + \frac{S^2}{2Q^2 A} (C_3 + C_4) \Rightarrow \frac{C_3 A}{2} = \frac{2C_2 A + S^2 (C_3 + C_4)}{2Q^2 A} \Rightarrow \\ Q^2 &= \frac{2C_2 A + S^2 (C_3 + C_4)}{C_3 A^2} \end{aligned} \quad (26)$$

Derivando (25) em função de S, temos:

$$\frac{\partial CT}{\partial S} = 0 + 0 + 0 - C_3 + \frac{C_3 S}{QA} + \frac{C_4 S}{QA}$$

Igualando a zero, temos:

$$-C_3 + \frac{C_3 S}{QA} + \frac{C_4 S}{QA} = 0 \Rightarrow \frac{C_3 S}{QA} + \frac{C_4 S}{QA} = C_3 \Rightarrow \frac{(C_3 + C_4) S}{QA} = C_3$$

Isolando S, temos:

$$S = \frac{C_3}{(C_3 + C_4)} QA \quad (27)$$

Substituindo (27) em (26), temos:

$$\begin{aligned}
Q^2 &= \frac{2C_2A + \left[\frac{C_3}{(C_3 + C_4)} QA \right]^2 (C_3 + C_4)}{C_3A^2} \Rightarrow Q^2 = \frac{2C_2A + \left[\frac{C_3^2}{(C_3 + C_4)} Q^2 A^2 \right]}{C_3A^2} \Rightarrow \\
Q^2 &= \frac{2C_2A}{C_3A^2} + \left[\frac{C_3^2}{(C_3 + C_4)} \frac{Q^2 A^2}{C_3A^2} \right] \Rightarrow Q^2 = \frac{2C_2}{C_3A} + \left[\frac{C_3 Q^2}{(C_3 + C_4)} \right] \Rightarrow Q^2 - \left[\frac{C_3 Q^2}{(C_3 + C_4)} \right] = \frac{2C_2}{C_3A} \Rightarrow \\
\frac{Q^2(C_3 + C_4) - C_3 Q^2}{(C_3 + C_4)} &= \frac{2C_2}{C_3A} \Rightarrow \frac{Q^2(C_3 + C_4 - C_3)}{(C_3 + C_4)} = \frac{2C_2}{C_3A} \Rightarrow \frac{Q^2 C_4}{(C_3 + C_4)} = \frac{2C_2}{C_3A} \Rightarrow \\
Q^2 &= \frac{2C_2 (C_3 + C_4)}{C_3A C_4} \Rightarrow \\
Q &= \sqrt{\frac{2C_2 (C_3 + C_4)}{C_3 \left(1 - \frac{D}{R}\right) C_4}} \quad (28)
\end{aligned}$$

Com relação a (27) temos:

$$\begin{aligned}
S &= \frac{C_3}{(C_3 + C_4)} QA \Rightarrow S = \frac{C_3}{(C_3 + C_4)} \sqrt{\frac{2C_2 (C_3 + C_4)}{C_3 \left(1 - \frac{D}{R}\right) C_4}} \left(1 - \frac{D}{R}\right) \Rightarrow \\
S &= \sqrt{\frac{2C_2 D}{C_4}} \sqrt{\frac{C_3}{C_3 + C_4}} \sqrt{1 - \frac{D}{R}} \quad (29)
\end{aligned}$$

3.3 O QUE É LÓGICA FUZZY?

Oliveira Junior (1999) define Lógica *Fuzzy* como um conjunto de métodos baseados no conceito de conjunto *fuzzy* (*fuzzy set*) e operações *fuzzy*, que possibilita a modelagem realista e flexível de sistemas.

Kaehler (2004) afirma que Lógica *Fuzzy* é uma metodologia de resolução de problemas de sistemas de controle que se presta à aplicação em sistemas que variam de simples, pequeno, micro-controladores incorporados aos grandes PC multi-canal, rede, ou estação de trabalho baseada em aquisição de dados e sistemas de controle. Pode ser implementada em hardware, software, ou uma combinação de ambos. A Lógica *Fuzzy* fornece uma maneira simples de chegar

a uma conclusão definitiva baseada em entradas vagas, ambíguas, imprecisas, ou falta de informação. A abordagem por Lógica *Fuzzy* para controlar problemas imita uma pessoa em tomar decisões, só que muito mais rápido.

Segundo Weber e Klein (2003), o conceito de conjunto *fuzzy* foi introduzido em 1965 por Lotfi A. Zadeh, da Universidade de Berkeley, Califórnia, EUA, cujo reconhecimento lhe é atribuído como grande colaborador da lógica, do controle moderno e da inteligência artificial.

Zadeh, ainda segundo os autores, em meados da década de 60, observou que os recursos tecnológicos disponíveis eram incapazes de automatizar a atividade humana relacionadas a problemas de natureza industrial, biológica ou química, que compreendessem situações ambíguas, ou que, segundo suas próprias palavras, apresentassem “sentimentos matemáticos humanísticos”.

Em 1973, Zadeh apresentou o princípio da incompatibilidade:

“À medida que a complexidade de um sistema aumenta, nossa habilidade para fazer afirmações precisas e que sejam significativas acerca deste sistema diminui até que um limiar é atingido além do qual precisão e relevância tornam-se quase características mutuamente exclusivas” (WEBER e KLEIN, 2003, p. 23).

3.3.1 O que a Lógica *Fuzzy* não é?

Oliveira Junior (1999) ressalta que, apesar do nome, não se trata de uma vertente da Lógica Matemática, nem uma nova Teoria de Conjuntos, e muito menos um paradigma conflitante com a Teoria das Probabilidades.

O mesmo autor ainda afirma que, embora empregue conceitos de inferência *fuzzy*, conjunto *fuzzy* e distribuição de possibilidades, a teoria é formulada por meio de conceitos da Teoria dos Conjuntos de Cantor e se mostra como importante ferramenta no tratamento de sistemas estocásticos, aliada ao conhecimento já estabelecido nos modelos estatísticos.

Formalmente, ainda cita o autor, um conjunto *fuzzy* F é definido como o conjunto de pares ordenados contendo o elemento e seu grau de pertinência no conjunto:

$$F = \{(u; \mu_F(u)) \mid u \in U\}$$

Onde U é chamado universo de discurso e $\mu_F(u)$ a função de pertinência associada ao conjunto F .

3.3.2 Como Funciona a Lógica *Fuzzy*?

Oliveira Junior (1999) apresenta o seguinte exemplo para ilustrar a idéia:

“Suponha-se que, em determinada cidade, a temperatura varie anualmente entre 15° e 42° C. Ao serem questionados sobre a sensação térmica, entre as alternativas Fria, Neutra e Quente, um grupo de habitantes concordam que 15°C é Fria, 42°C é Quente e 25°C é Neutra.

A pergunta crucial é: em que temperaturas a sensação Fria se torna Neutra e esta se transforma em Quente?

Difícilmente haverá coincidências de opiniões, tendo em vista que os conceitos envolvidos são subjetivos e apresentam áreas “sombrias”, onde não se consegue escolher entre duas alternativas mutuamente exclusivas simplesmente porque ambas estão parcialmente presentes.”

Contudo, conforme explica Tanscheit (*Apud* OLIVEIRA JUNIOR, 2007, p. 254), um sistema *fuzzy* é composto por quatro módulos, conforma a figura a seguir:

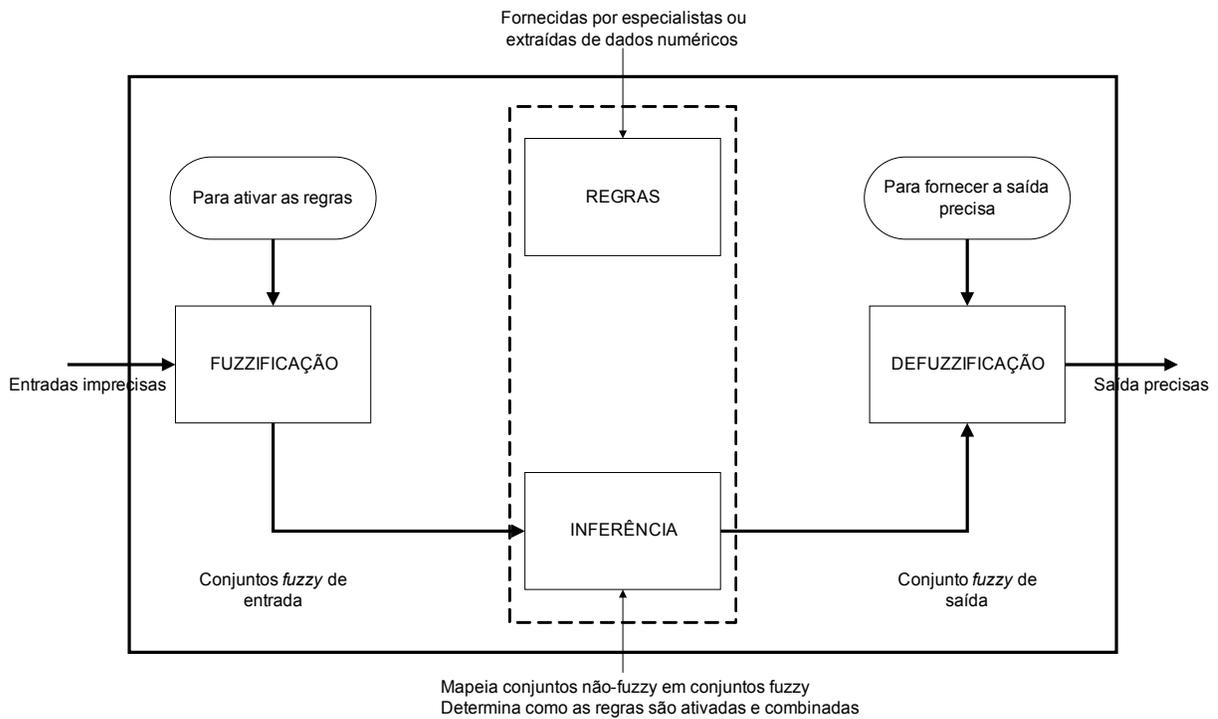


Figura 1: Sistema *Fuzzy*

Simões e Shaw (2007) explicam que uma variável lingüística u no universo de discurso U é definida em um conjunto de termos (ou terminologia), nomes ou rótulos $T(u)$, com cada valor sendo um número *fuzzy* definido em U .

Simões e Shaw (2007) citam que o universo de discurso de uma variável representa o intervalo numérico de todos os possíveis valores reais que uma variável específica pode assumir.

3.3.3 Funções de Pertinência *Fuzzy*

Simões e Shaw (2007) explicam que as funções de pertinência *fuzzy* representam os aspectos fundamentais de todas as ações teóricas e práticas de sistemas *fuzzy*. Para os autores, uma função de pertinência é uma função numérica gráfica ou tabulada que atribui valores de pertinência *fuzzy* para os valores discretos de uma variável, em seu universo de discurso.

Oliveira Junior (1999) cita que as funções de pertinência fazem o papel das curvas de possibilidade da teoria clássica da Lógica *Fuzzy* e ainda que, sendo os conjuntos *fuzzy* apropriados para representar noções vagas, frequentemente encontradas no mundo real, é a função de pertinência que define as fronteiras desses conjuntos. Para o autor, a princípio, qualquer função com domínio U e imagem [0, 1] pode ser utilizada como função de pertinência, e que o gráfico gerado por esta função possui no eixo das abscissas as grandezas sob avaliação (temperatura, pressão, preço etc.) e no eixo das ordenadas o grau de compatibilidade entre um valor particular e o conceito específico sob modelagem.

As principais funções de pertinência são:

a) Triangular: sejam os parâmetros a, b e c. A função de pertinência triangular será:

$$\mu_F(x) = \begin{cases} 0 & \text{Se } x < a \\ \frac{x - a}{b - a} & \text{Se } x \in [a, b) \\ \frac{c - x}{c - b} & \text{Se } x \in [b, c] \\ 0 & \text{Se } x \geq c \end{cases}$$

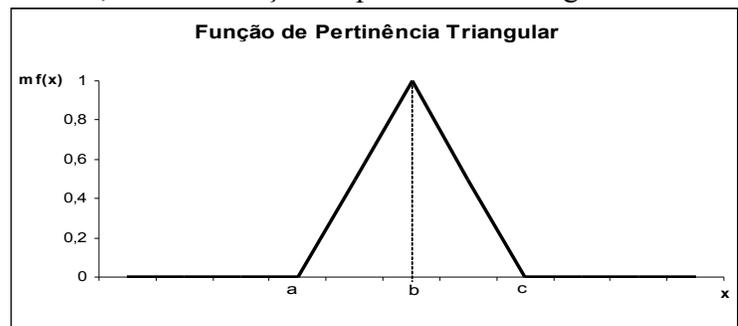


Figura 2: Função de pertinência Triangular

b) Trapezoidal: sejam os parâmetros a, b, c, e d. A função de pertinência trapezoidal será:

$$\mu_F(x) = \begin{cases} \frac{(x - a)}{b - a} & \text{Se } x \in [a, b) \\ 1 & \text{Se } x \in [b, c] \\ \frac{(d - x)}{d - c} & \text{Se } x \in [c, d] \\ 0 & \text{Caso contrário} \end{cases}$$

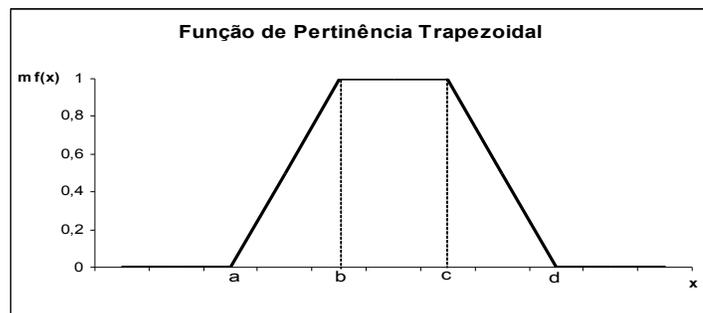


Figura 3: Função de pertinência Trapezoidal

c) Gaussiana: sejam os parâmetros a e c . A função de pertinência Gaussiana será:

$$\mu_F(x) = e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-c}{a}\right)^2}$$

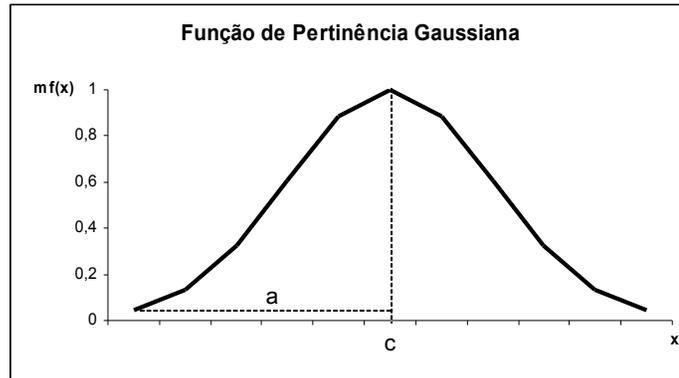


Figura 4: função de pertinência Gaussiana

3.3.4 Fuzzificação dos Dados

Segundo Simões e Shaw (2007) a fuzzificação é um mapeamento do domínio de números reais (em geral discretos) para o domínio *fuzzy*, e também representa que há atribuição de valores lingüísticos, descrições vagas ou qualitativas, definidas por funções de pertinência às variáveis de entrada.

Os autores ainda explicam que a fuzzificação é uma espécie de pré-processamento de categorias ou classes dos sinais de entrada, reduzindo grandemente o número de valores a serem processados.

Corrêa e Baéssa (2007) citam que a fuzzificação é um processo de conversão da entrada numérica em conjuntos *fuzzy*, e que ela é uma operação fundamental, pois em grande parte das aplicações de lógica *fuzzy* os dados são numéricos, sendo necessário então fuzzificar estes em conjuntos *fuzzy*. Os autores explicam que um conjunto numérico X é convertido em um conjunto *fuzzy* x por meio de um fuzzificador:

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

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

SE (entrada) ENTÃO (saída)
antecedente consequente

Segundo Corrêa e Baéssa (2007) a construção da base de regras envolve: a escolha das variáveis lingüísticas, a seleção do formato das regras condicionais, a seleção dos termos associados a cada variável lingüística e a síntese do conjunto de regras.

Gomide e Gudwin (1994) afirmam que em um sistema *fuzzy* (representando um modelo ou um controlador, por exemplo), cada regra *fuzzy* é representada por uma relação *fuzzy*, e que o comportamento do sistema *fuzzy* é caracterizado pelo conjunto de relações *fuzzy* associadas às regras, sendo que o sistema, como um todo, será representado por uma única relação *fuzzy*, que é uma combinação de todas as relações *fuzzy* proveniente de diversas regras, sendo que esta combinação envolve um operador de agregação de regras:

$$R = \text{agreg}(R_1, R_2, \dots, R_n)$$

Este operador de agregação de regras pode ser:

- a) União: $\mu_{A \cup B} = \max[\mu_A, \mu_B]$
- b) Intersecção: $\mu_{A \cap B} = \min[\mu_A, \mu_B]$
- c) Complemento: $\mu_{\bar{A}} = 1 - \mu_A$

3.3.4.1 Estratégia de Mamdani

Segundo Weber e Klein (2003), o método de raciocínio *fuzzy* de Mamdani é baseado em operadores MAX-MIN, ilustrada abaixo:

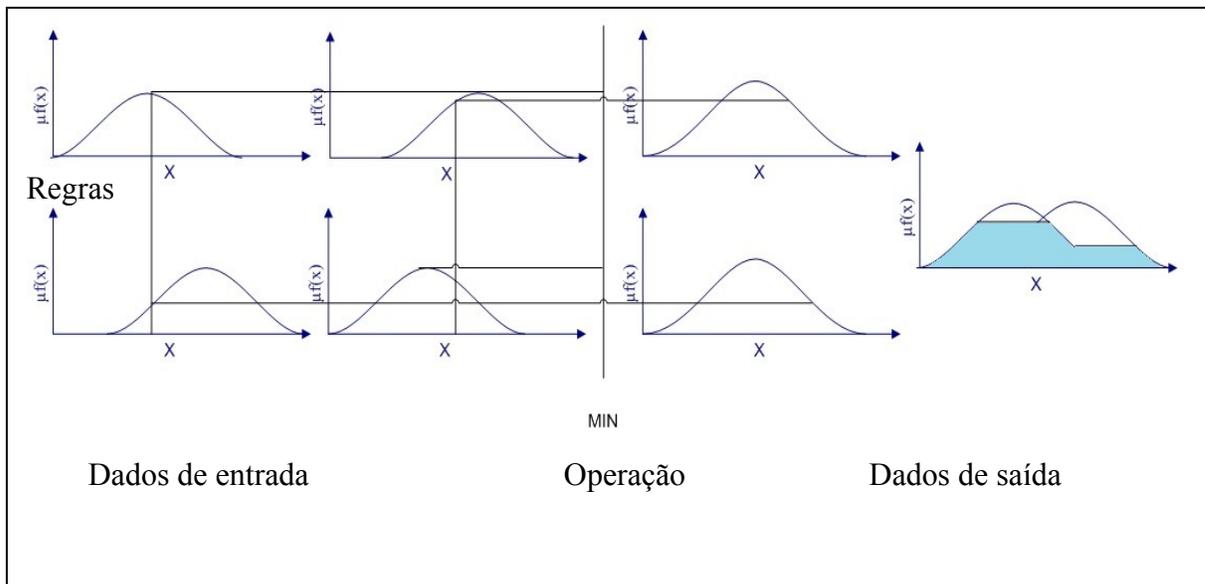


Figura 5: Estratégia de Mamdani
 Fonte: Adaptado de Weber e Klein (2003)

3.3.4.2 Estratégia de Larsen

Weber e Klein (2003) citam que o método de raciocínio *fuzzy* de Larsen está baseado em operadores de PRODUTO, ilustrada abaixo:

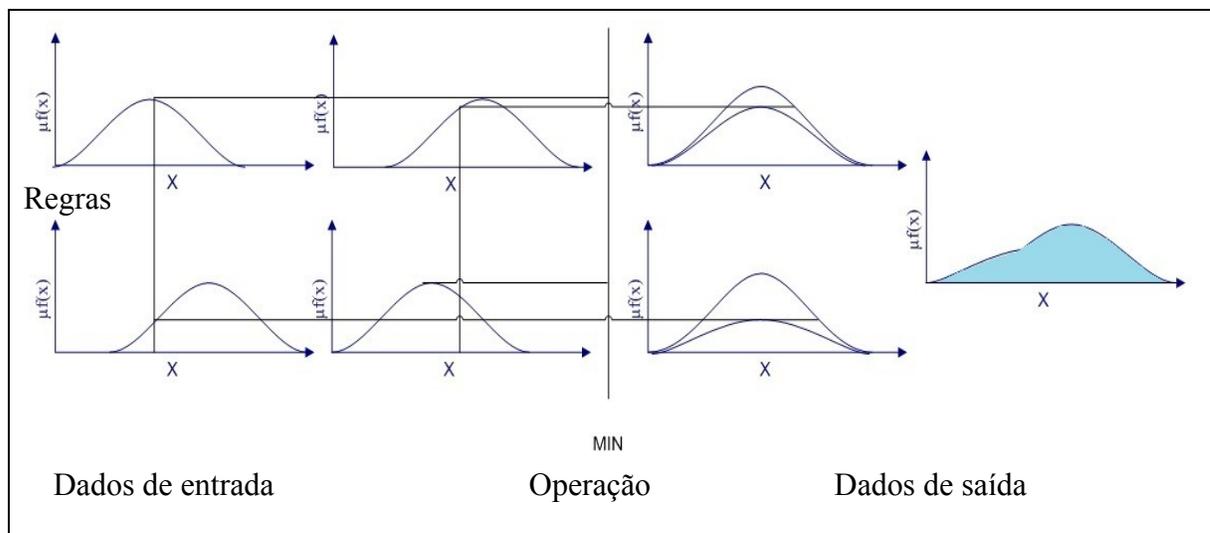


Figura 6: Estratégia de Larsen
 Fonte: Adaptado Weber e Klein (2003)

3.3.4.3 Estratégia de Tsukamoto

Neste método de raciocínio *fuzzy*, Weber e Klein (2003) explicam que é uma simplificação do método de Mamdani, embora todas as funções de pertinência (antecedentes e conclusões) sejam monotônicas, isto é, não apresentam variações, ou seja, só sobem ou só descem, conforme ilustrada abaixo:

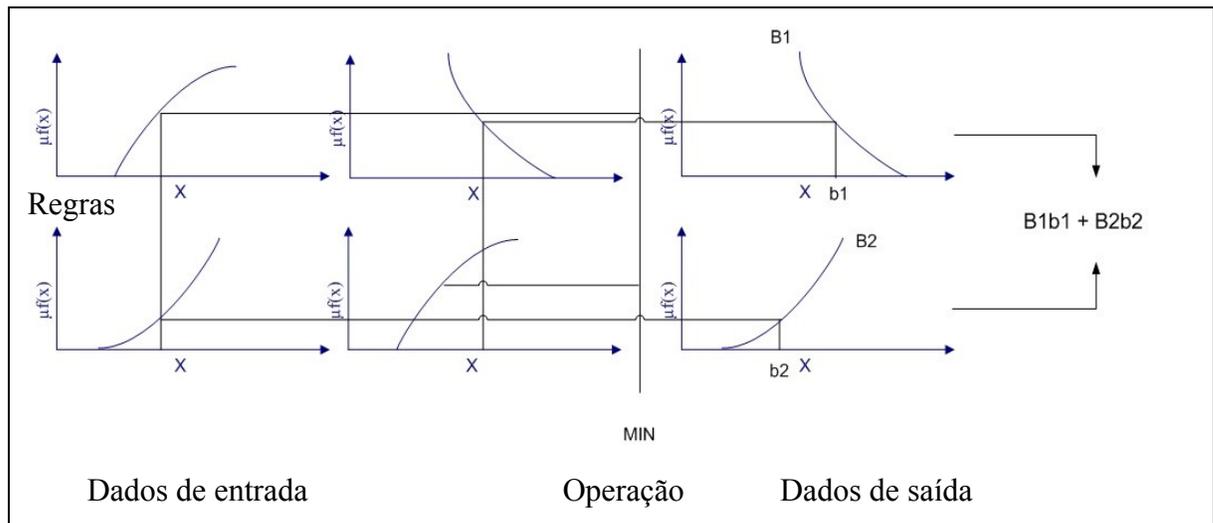


Figura 7: Estratégia de Tsukamoto
Fonte: Adaptado de Weber e Klein (2003)

3.3.4.4 Estratégia de Takagi e Sugeno

Weber e Klein (2003) afirmam que o método de raciocínio *fuzzy* de Takagi e Sugeno está baseado em uma descrição de modelo distinta, onde as variáveis de controle são caracterizadas pelas funções das variáveis de condição do processo, conforme a ilustração abaixo:

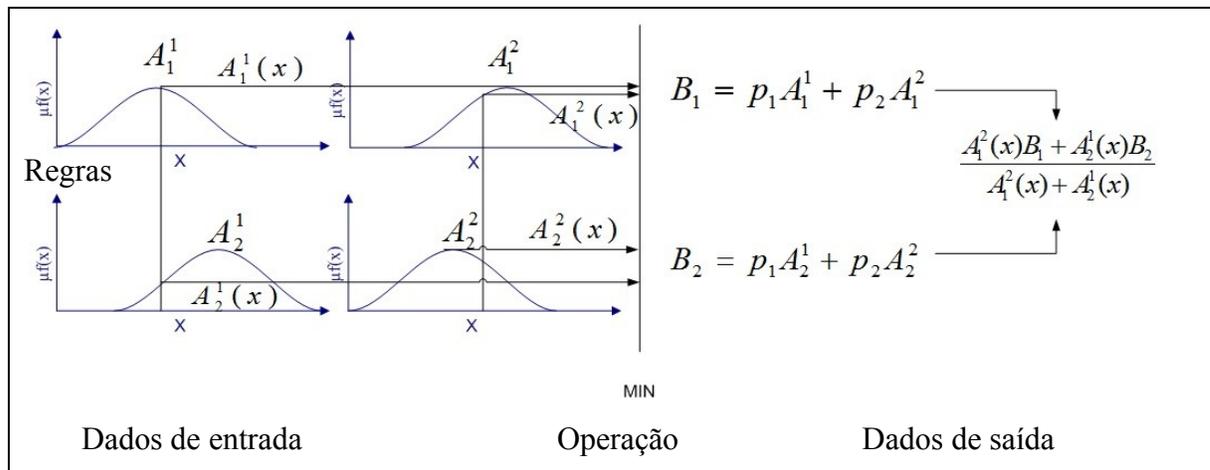


Figura 8: Estratégia de Takagi e Sugeno
 Fonte: Adaptado de Weber e Klein (2003)

3.3.5 Defuzzificação dos Dados

Simões e Shaw (2007) citam que na defuzzificação, o valor da variável lingüística de saída inferida pelas regras *fuzzy* será traduzido num valor discreto e que o objetivo é obter-se um único valor numérico discreto que melhor represente os valores *fuzzy* inferidos da variável lingüística de saída, ou seja, a distribuição de possibilidades. Desta forma, a defuzzificação, de acordo com estes autores, é uma transformação inversa que traduz a saída do domínio *fuzzy* para o domínio discreto e para utilizar o método apropriado de defuzzificação, segundo os autores, pode-se utilizar um enfoque baseado no centróide ou nos valores máximos que ocorrem na função de pertinência resultante.

Os métodos mais utilizados na defuzzificação são: centro-da-área (COA), centro-de-máximo (COM) e média-do-máximo (MOM).

Segundo Weber e Klein (2003) existem ainda: defuzzificação por altura (HD) e centro da maior área (COLA).

3.3.5.1 Método centro-da-área

Segundo Simões e Shaw (2007) o método COA é frequentemente chamado de método do centro-de-gravidade, pois ele calcula o centróide da área composta que representa o termo de saída *fuzzy* (μ_{OUT}), que é composto pela união de todas as contribuições de regras, sendo o centróide um ponto sobre o eixo que divide a área de μ_{OUT} em duas partes iguais.

Este método, segundo os autores, calcula o centróide da área por meio da seguinte fórmula:

$$u^* = \frac{\sum_{i=1}^N u_i \mu_{OUT}(u_i)}{\sum_{i=1}^N \mu_{OUT}(u_i)} \quad (30)$$

Simões e Shaw (2007) citam também que o método COA apresentam pequenos problemas, sendo que um deles ocorre quando as funções de pertinência não possuem sobreposição. Outro fator, segundo os autores, é que se mais de uma regra tiver a mesma saída *fuzzy*, há uma sobreposição de áreas que não é devidamente contabilizada, além disso, a necessidade de integração numérica toma esforço computacional para cálculo.

3.3.5.2 Método centro-do-máximo

Segundo Simões e Shaw (2007), os picos das funções de pertinência representados no universo de discurso da variável de saída são usados, enquanto ignora-se as áreas das funções de pertinência, sendo que as contribuições múltiplas de regras são consideradas por esse método. Os autores citam também que a saída discreta é calculada como uma média ponderada dos máximos, cujos pesos são os resultados da inferência e que o cálculo do valor defuzzificado é realizado por

meio da fórmula abaixo, sendo que $\mu_{o,k}(u_i)$ indicam os pontos em que ocorrem os máximos (alturas) das funções de pertinência de saída:

$$u^* = \frac{\sum_{i=1}^N u_i \sum_{k=1}^N \mu_{o,k}(u_i)}{\sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^N \mu_{o,k}(u_i)} \quad (31)$$

3.3.5.3 Método da média-do-máximo

Para Simões e Shaw (2007), neste método toma-se a média de todos os máximos dos valores de pertinência $\mu_{OUT}(u_i)$ da variável de saída, e por isso, esta abordagem também é chamada de solução mais plausível, por desconsiderar o formato das funções de pertinência de saída:

$$u^* = \frac{\sum_{m=1}^M u_m}{M} \quad (32)$$

3.3.5.4 Método defuzzificação por altura

O método de defuzzificação por altura (HD) considera, segundo Weber e Klein (2003), os conjuntos *fuzzy* de saída que foram “cortados” individualmente ao invés de considerar a união deles, sendo que o valor de saída é computado calculando-se, primeiramente, o somatório dos produtos dos valores de pico de cada conjunto *fuzzy* de saída ativado com os respectivos valores onde foram “cortados”, ou seja, com a altura dos conjuntos “cortados” após a inferência das regras. Posteriormente, o valor resultante deste somatório é então dividido pelo somatório das alturas dos conjuntos “cortados”.

3.3.5.5 Método do centro da maior área

Weber e Klein (2003) citam que o centro de maior área (COLA) calcula o centro da maior área de todas as figuras que representam os graus de pertinência de uma determinada função, sendo usado no caso de respostas *fuzzy* com múltiplas áreas.

4 APLICAÇÃO DE UMA METODOLOGIA DE LÓGICA *FUZZY* À GESTÃO DE ESTOQUES

O presente trabalho tem como base o trabalho apresentado por Rotshtein *et al* (2003) onde é sugerido que se construa o modelo *fuzzy* de estoques e materiais de controle em razão do método geral de identificação de dependências não-lineares por meio de bases de conhecimento *fuzzy*. Segundo os autores, este método é especial devido à presença da etapa de sintonia do modelo *fuzzy* utilizando dados da fase de treinamento, e que devido a esta fase de ajuste, é possível selecionar regras *fuzzy* de peso e funções de pertinência de forma que se forneçam o máximo de proximidade dos resultados da inferência lógica *fuzzy* para decisões gerenciais corretas.

Segundo Oliveira Junior (1999), o objetivo idealizado para um modelo como este é atingir um nível de estoque próximo de zero, imediatamente antes da reposição física, minimizando:

- a) O capital empenhado em mercadorias;
- b) Os custos de armazenamento;
- c) Os prejuízos com furtos, roubos e danos; e
- d) O número de atendimentos não realizados por falta de mercadorias.

Para o autor, as hipóteses simplificadoras devem ser:

- a) os itens são desacoplados, ou seja, a análise é feita para cada tipo de item isoladamente (caso contrário, ter-se-ia que “enriquecer” as regras *fuzzy*);
- b) o período amostral é único;
- c) a latência dos pedidos tem valor preciso, ou seja, pode-se contar com a chegada do produto encomendado no prazo contratado, o que muitas vezes não acontece.

Rotshtein *et al* (2003) apresentam um sistema de controle de inventário, sob a forma do objeto com duas entradas $X_1(t)$ e $X_2(t)$ e uma saída simples $Y(t)$, onde:

- a) $X_1(t)$ é a *demanda*, ou seja, o número de unidades das ações da marca dado que é necessária em momento t do tempo;
- b) $X_2(t)$ é a *quantidade de ação disponível*, ou seja, o número de unidades das ações de uma determinada marca que está disponível no armazém no momento t ;
- c) $Y(t)$ – é a ação de inventário no momento t , que consiste em aumentar ou diminuir o estoque de dada marca.

Rotshtein *et al* (2003) explicam que os parâmetros de estado $X_1(t)$ e $X_2(t)$ e a ação de inventário $Y(t)$ são considerados variáveis lingüísticas, que são estimadas com o auxílio de termos verbais com 5 e 7 níveis. O universo de discurso de cada uma das variáveis lingüísticas descritas foi definido por Rotshtein *et al* (2003) da seguinte forma:

Quadro 2: Parâmetros *Fuzzy*

Parâmetro	Variáveis lingüísticas	Universo de discurso
$X_1(t)$	Falhar (F)	$[0, 200] * 10^2$ Kg
	Decrescer (D)	
	Estacionário (S)	
	Acrescer (I)	
	Aumentar rapidamente (R)	
$X_2(t)$	Mínimo (M)	$[70, 170] * 10^2$ Kg
	Baixo (L)	
	Adequadamente suficiente (A)	
	Alto (B)	
	Excessivo (E)	
(t)	Diminuir o estoque rapidamente (d_1)	$[-100, 100] * 10^2$ Kg
	Diminuir o estoque moderadamente (d_2)	
	Diminuir o estoque vagorosamente (d_3)	
	Não fazer nada (d_4)	
	Aumentar o estoque vagorosamente (d_5)	
	Aumentar o estoque moderadamente (d_6)	
	Aumentar o estoque rapidamente (d_7)	

Fonte: Rotshtein *et al* (2003)

Controle de estoque na empresa é feito uma vez por dia. Portanto $t \in [1, \dots, 365]$ dias.

Rotshtein *et al* (2003) citam que amostra de dados de treinamento é apresentada sob a forma da dinâmica das variáveis de entrada e de saída mudam com o tempo t de acordo com dados do ano de 2001. Como exemplo os autores mostram que, nos momentos $t= 120$ e $t=230$ o controle consistiu no aumento da quantidade disponível em estoque de $25 * 10^2$ Kg e reduzir em $15 * 10^2$ Kg , respectivamente. Assim, segundo os autores, o produto restante em estoque

após o controle $\varepsilon(t) = x_2(t) + y(t) - x_1(t)$ consiste em $2 * 10^2$ Kg e $53 * 10^2$ kg, respectivamente. Estes valores não excedem o nível admissível inventário, que é igual a $70 * 10^2$ kg.

No trabalho apresentado por Rotshtein *et al* (2003) é a apresentado a dependência funcional da seguinte forma:

$$y(t) = f(x_1(t), x_2(t))$$

No quadro a seguir é verificada a dependência entre os parâmetros de estado e ação de inventário:

Quadro 3: Dependência entre os parâmetros de estado e ação de inventário

$X_2(t)$	$X_1(t)$	F	D	S	I	R
E		d_1	d_1	d_2	d_3	d_4
H		d_1	d_2	d_3	d_4	d_5
A		d_2	d_3	d_4	d_5	d_6
L		d_3	d_4	d_5	d_6	d_7
M		d_4	d_5	d_6	d_7	d_7

Fonte: Rotshtein *et al* (2003)

Rotshtein *et al* (2003) informam que esta tabela é definida por meio de especialistas e retrata a classificação completa com ($5 \times 5 = 25$) combinações dos termos de combinações triplas $[x_1(t), x_2(t), y(t)]$, e agrupando esses triplas pelos tipos de ações de inventário, formam-se a base de conhecimento *fuzzy*, apresentada no Quadro 4.

Quadro 4: Base de conhecimentos *fuzzy*.

Se		Então
$X_1(t)$	$X_2(t)$	$Y(t)$
F	E	d_1
F	H	
D	E	
F	A	d_2
D	H	
S	E	
F	M	d_4
D	L	
S	A	
R	H	
I	E	

D S I R	M L A H	d ₅
S I R	M L A	d ₆
I R R	M M L	d ₇

Fonte: Rotshtein *et al* (2003)

Esta base de conhecimento *fuzzy*, segundo Rotshtein *et al* (2003), define modelo *fuzzy* do objeto na forma das seguintes regras:

SE a demanda está caindo e o estoque é excessivo, OU procura está caindo e o estoque é alto, OU demanda é diminuída e estoque é excessivo,

ENTÃO é necessário diminuir drasticamente o estoque;

SE a demanda está caindo e o estoque é suficiente adequadamente, OU demanda é diminuída e o estoque é alto, OU demanda é constante e estoque é excessivo,

ENTÃO é necessário para diminuir o estoque moderadamente;

SE a demanda está caindo e o estoque está baixo, demanda OU é diminuída e o estoque é suficiente, OU demanda é constante e ações é alto, demanda ou é aumentada e ações é excessivo,

ENTÃO é necessário diminuir o estoque;

SE a demanda está caindo e o estoque é mínimo, demanda ou é diminuída e o estoque está baixo,

OU demanda é constante e suficiente de ações é suficiente, demanda ou é aumentada e o estoque é alto, demanda ou está se levantando e ações é excessivo,

ENTÃO não fazer nada;

SE a demanda é reduzida e o estoque é mínimo, demanda ou é constante e ações é baixo, demanda ou é aumentada e o estoque é suficiente adequadamente, demanda ou está se levantando e estoque é alto,

ENTÃO é necessário aumentar o estoque;

SE a demanda é constante e estoque é mínimo, demanda ou é aumentada e o estoque está baixo, demanda ou está se levantando e estoque é suficiente adequadamente,

ENTÃO é necessário aumentar o estoque moderadamente;

SE a demanda for maior e o estoque é mínimo, à procura ou está se levantando e ações é mínima, demanda ou está se levantando e estoque está baixo,

ENTÃO é necessário aumentar o estoque rapidamente.

No trabalho de Rotshtein *et al* (2003), a função de pertinência é a seguinte:

$$\mu^T(u) = \frac{1}{1 + \left(\frac{u-b}{c}\right)^2} \quad (33)$$

onde:

b e c são parâmetros de ajuste: b é coordenada máxima da função, $\mu^T(b) = 1$; c é um parâmetro de extensão de concentração da função.

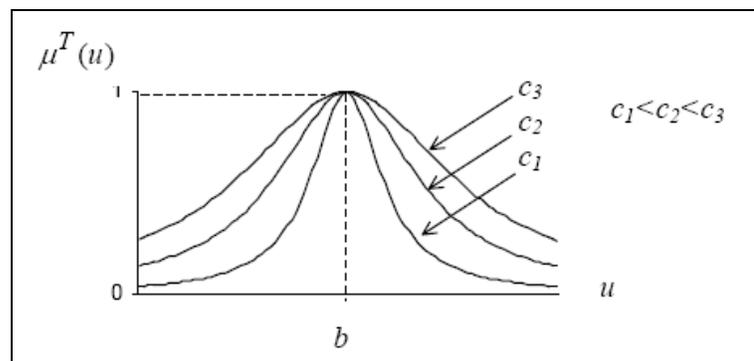


Figura 9: modelo da função de pertinência

Fonte: Rotshtein *et al* (2003)

Em princípio, no trabalho de Rotshtein *et al* (2003), foi utilizado o modelo de Mamdani e para a obtenção do valor crisp da ação de inventário $Y(t)$ no tempo $t = t_0$ foi definido pela fórmula:

$$y(t) = \frac{y\mu^{d_1}(y) + y_1\mu^{d_2}(y) + \dots + y_6\mu^{d_7}(y)}{\mu^{d_1}(y) + \mu^{d_2}(y) + \dots + \mu^{d_7}(y)} \quad (34)$$

5 RESULTADOS DA PESQUISA

O modelo proposto por Rotshtein *et al* (2003) foi aplicado à gestão de estoques de um órgão do Setor Público Federal em Manaus-AM, onde sofreu algumas adaptações, no que se refere às variáveis de entrada e de saída.

As variáveis de entrada utilizadas no estudo são Nível de Estoque (NS) e Demanda (D). Já a variável de saída passou de um para três, porém em situações diferentes: Atendimento,

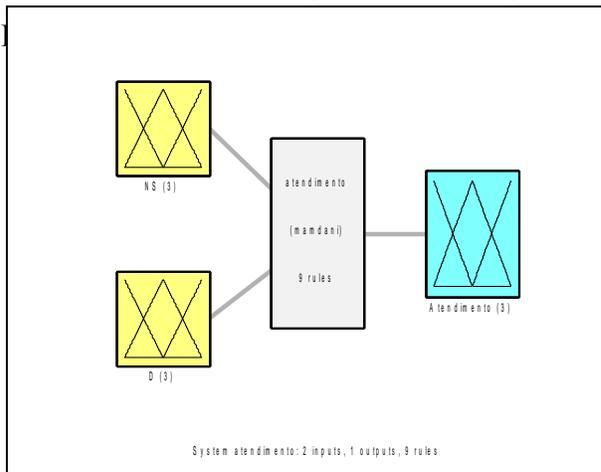


Figura 10: Variáveis de entrada e saída “Atendimento”

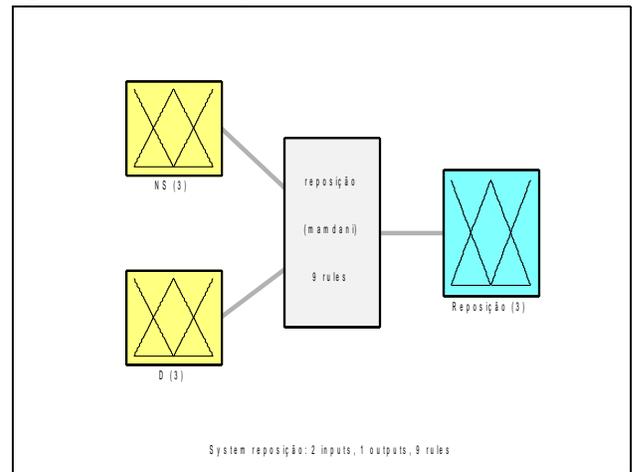


Figura 11: Variáveis de entrada e saída “Reposição”

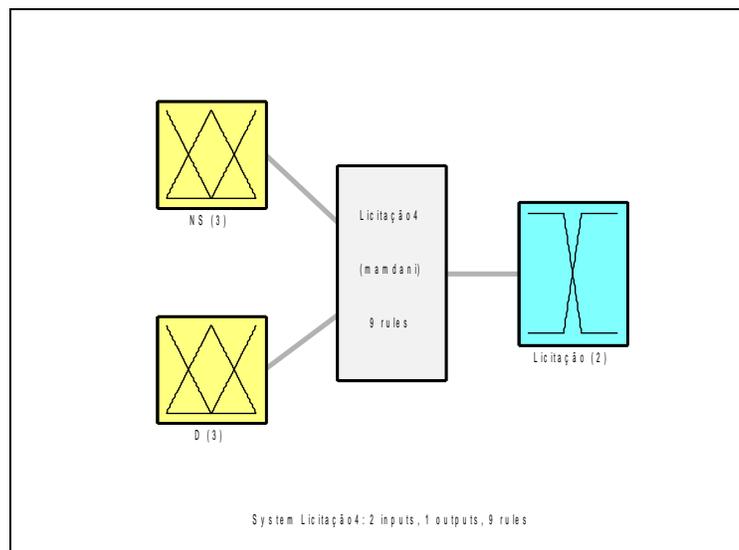


Figura 12: Variáveis de entrada e saída “Licitação”

Para o presente estudo, as variáveis lingüísticas e os termos lingüísticos utilizados nas variáveis de entrada e saída foram:

Quadro 5: Variáveis do sistema, universo de discurso e termos lingüísticos

Situação	Variáveis lingüísticas	Universo de discurso	Termos
Entrada	Nível de estoque	[0, 1]	[Baixo, Médio, Alto]
	Demanda	[0, 0,5]	[Baixa, Média, Alta]
Saída	Atendimento	[0, 1]	[Com autorização, com restrição, Normal]
	Reposição	[0, 1]	[Baixa, Média, Alta]
	Licitação	[0, 1]	[Sim, Não]

As funções de pertinência do estudo em questão são as seguintes para as variáveis de entrada:

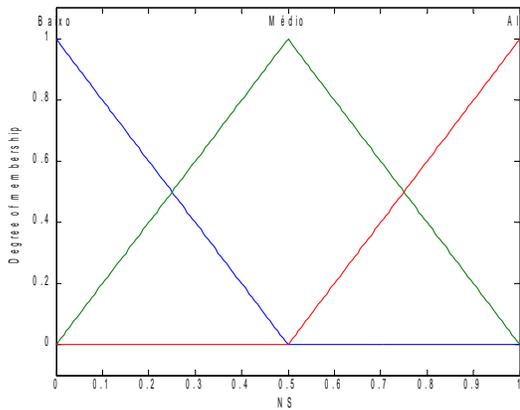


Figura 13: Função de pertinência de variável “Nível de Estoque”

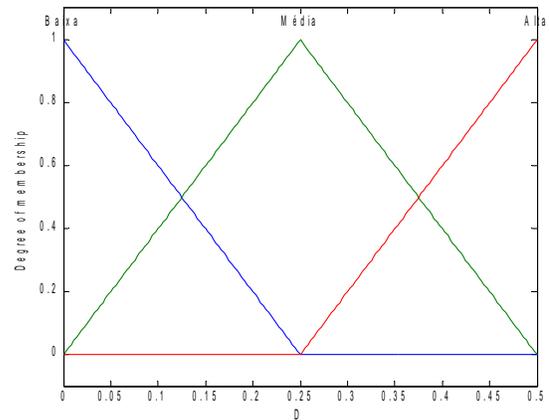


Figura 14: Função de pertinência de variável “Demanda”

Já para as variáveis de saída do estudo em questão, as funções de pertinência são:

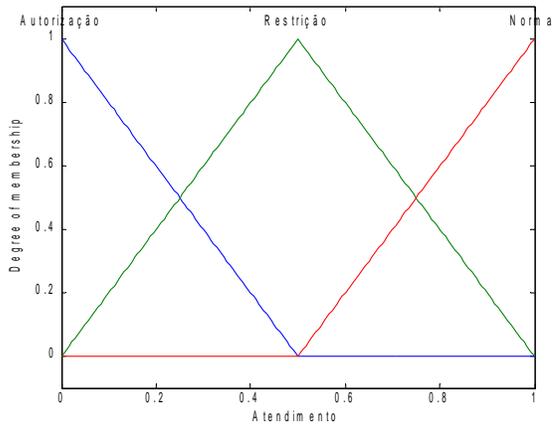


Figura 15: Função de pertinência de variável “Atendimento”

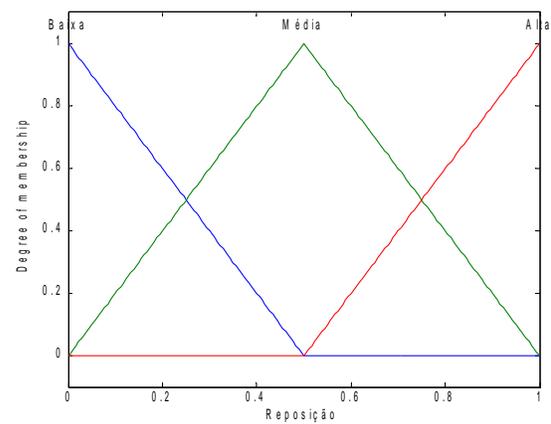


Figura 16: Função de pertinência de variável “Reposição”

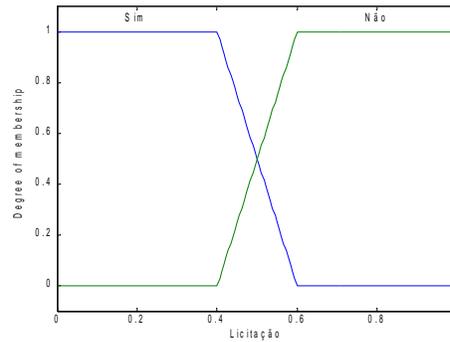


Figura 17: Função de pertinência de variável “Licitação”

A base de conhecimento *fuzzy*, segundo Rotshtein *et al* (2003), define modelo *fuzzy* do objeto de sua pesquisa.

No presente estudo também utilizou-se o modelo de Mamdani, sendo a base de conhecimento dada da seguinte forma:

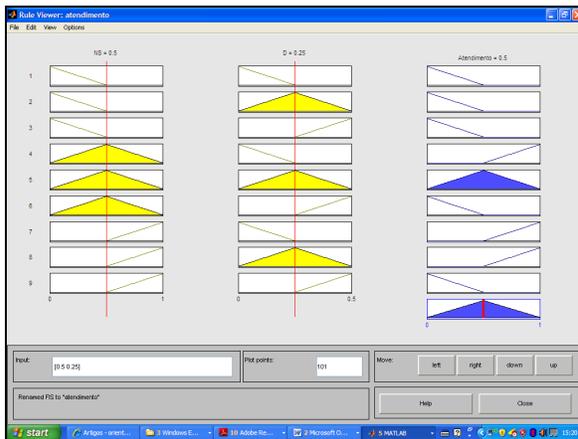


Figura 18: Base de regras e fuzzificação da variável “Atendimento”

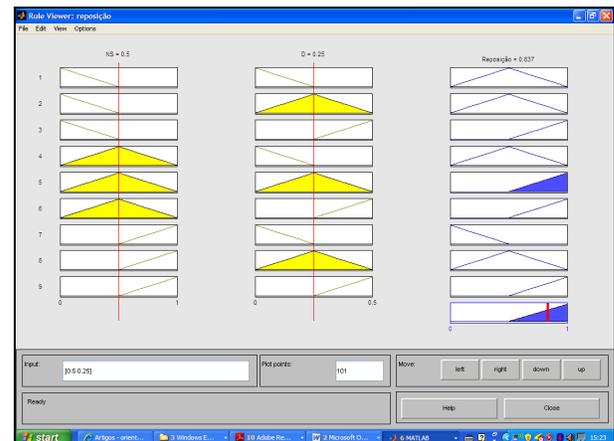


Figura 19: Base de regras e fuzzificação da variável “Reposição”

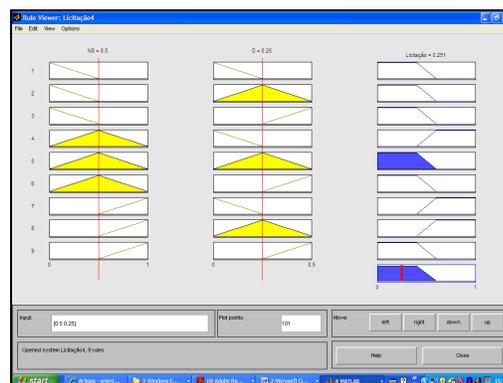


Figura 20: Base de regras e fuzzificação da variável “Licitação”

No presente trabalho, utilizou-se o método COA para as três variáveis de saída para obtenção do valor defuzzificado. Como foi visto no item 3.3.5.1 deste trabalho, o método COA calcula o centróide da área composta que representa o termo de saída *fuzzy* (μ_{OUT}), que é composto pela união de todas as contribuições de regras.

O sistema *fuzzy* proposto foi implementado com auxílio do *Fuzzy Toolbox*® do MatLab e testado com diferentes valores das variáveis de entrada NS e D. A obtenção destas variáveis é feita pelo próprio sistema da seguinte forma:

$$NS = \frac{E_{dia}}{E_{inicial}} \quad (35)$$

$$D = \frac{Q_{pedido}}{E_{dia}} \quad (36)$$

Onde:

E_{dia} : é o estoque do dia considerado

$E_{inicial}$: é o estoque inicial do período considerado

Q_{pedido} : é a quantidade do pedido do item i

O E_{dia} é obtido da seguinte forma:

$$E_{dia_i} = E_{final_{i-1}} + Q_{reposição_i} - Q_{pedido_i} \quad (37)$$

A $Q_{reposição}$ é obtida multiplicando-se o valor defuzzificado da variável lingüística “Reposição” pelo valor inicial do estoque do período considerado $E_{inicial}$.

Os dados coletados encontram-se no Apêndice A do presente trabalho. Os gráficos a seguir representam a evolução dos dados reais do item pesquisado.

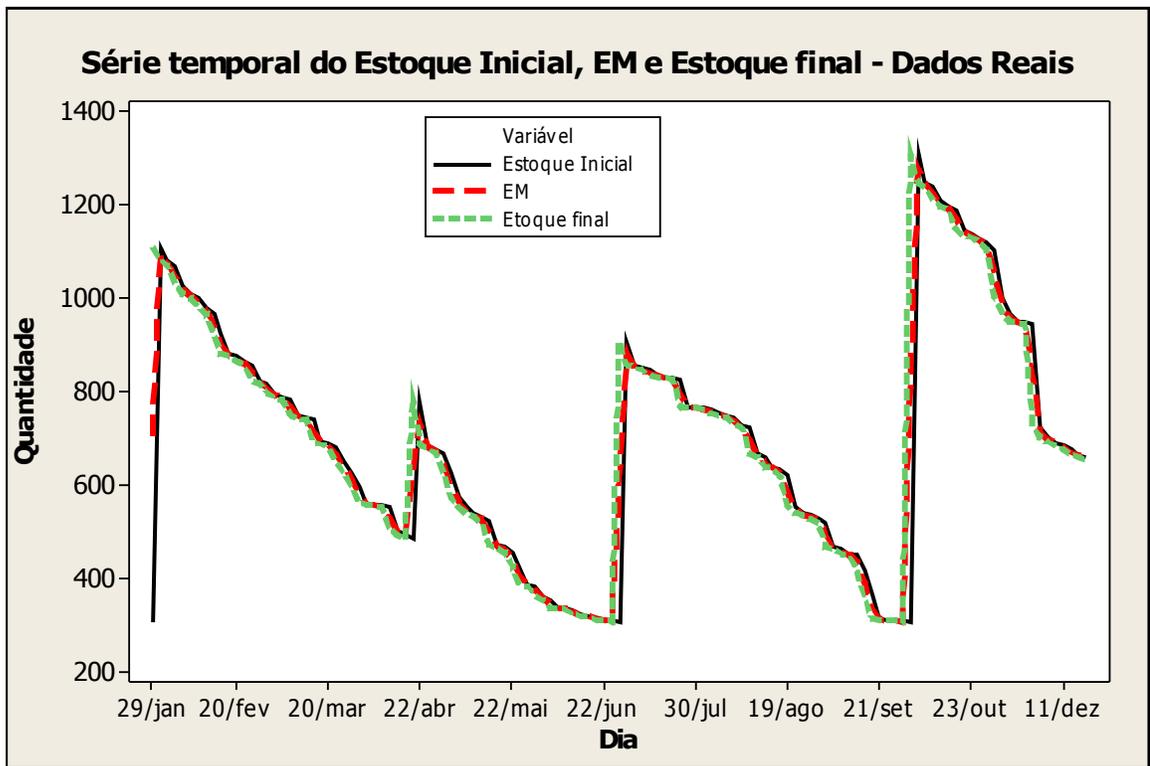


Gráfico 1: Série temporal do Estoque Inicial, Estoque-médio (EM) e Estoque Final – Dados Reais

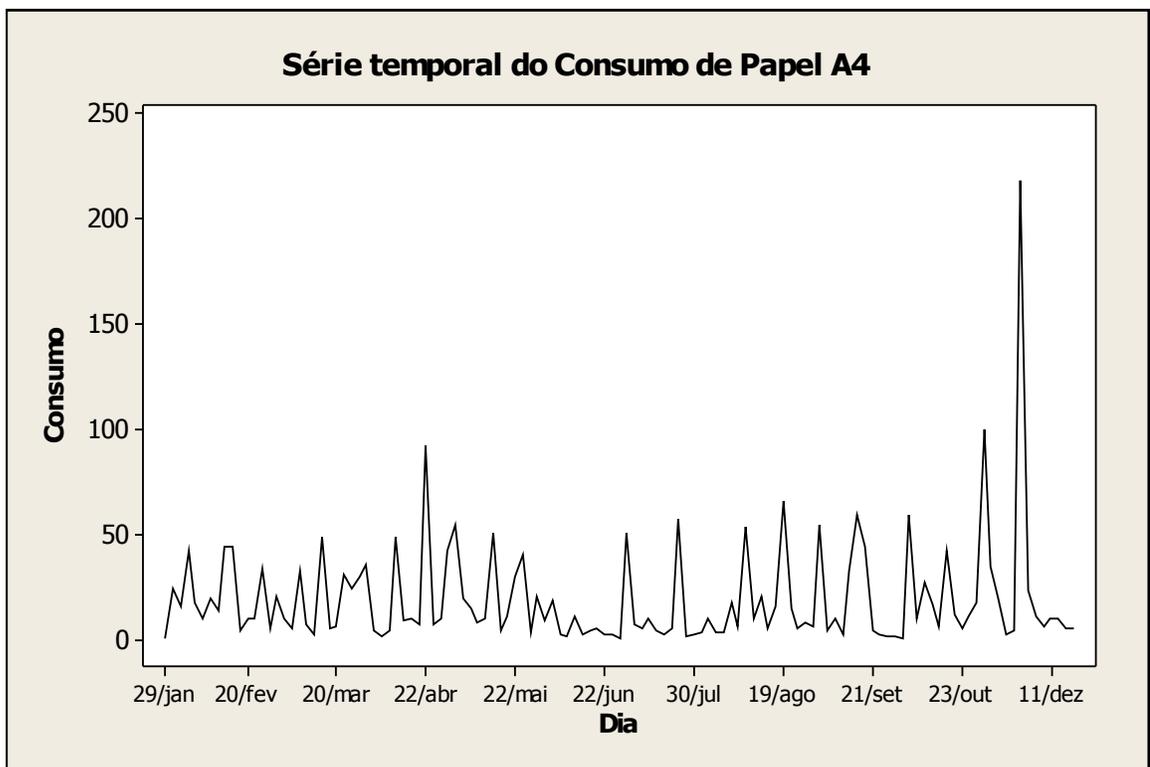


Gráfico 2: Série temporal do Consumo de Papel A4 – Dados reais

Com base nestes dados foram calculados o NS e D, conforme (35) e (36).

Por exemplo, no dia 29/Jan, o estoque inicial foi de 305 unidades. Neste dia, houve uma entrada de 800 unidades e não houve consumo do item pesquisado, o que resultou no estoque final de 1.105 unidades. As variáveis NS e D ficaram com os seguintes valores:

$$NS = \frac{E_{dia}}{E_{inicial}} = \frac{305}{305} = 1,000$$

$$D = \frac{Q_{pedido}}{E_{dia}} = \frac{0}{305} = 0$$

Utilizando os valores coletados de item em estudo (Apêndice A), foram calculados NS e D conforme acima descrito.

Os valores de NS e D são as variáveis de entrada, descritas no Quadro 5. Então, com base nestas variáveis, temos, por exemplo, os seguintes resultados *fuzzy* para a variável “Atendimento”:

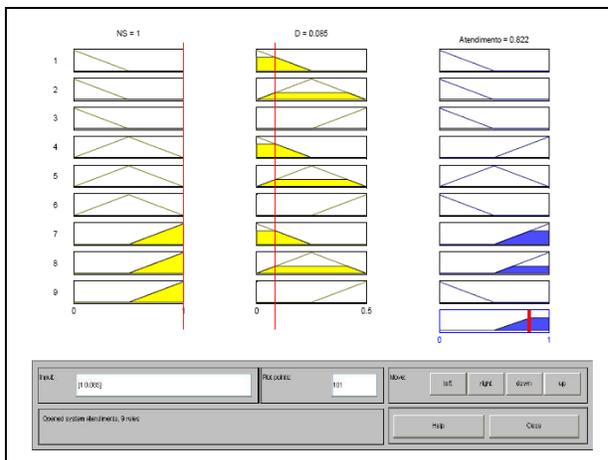


Figura 21: Resultado *Fuzzy* para NS = 1 e D = 0,085

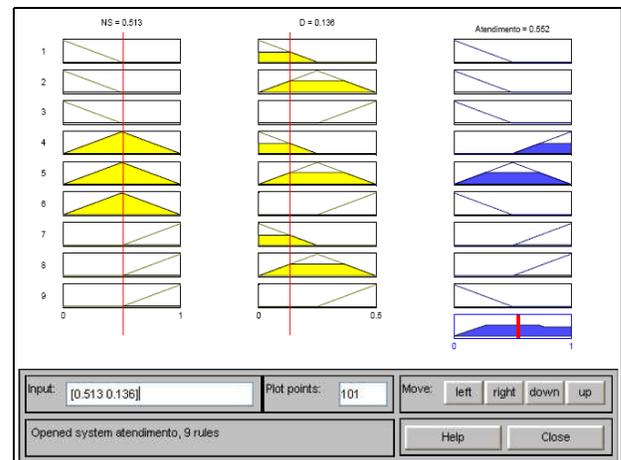


Figura 22: Resultado *Fuzzy* para NS = 0,513 e D = 0,136

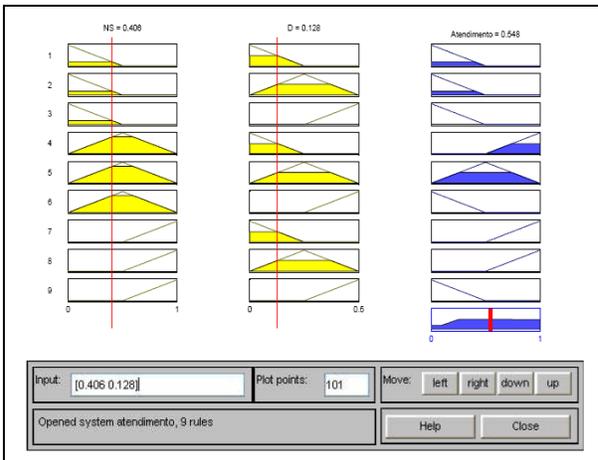


Figura 23: Resultado *Fuzzy* para NS = 0,406 e D = 0,128

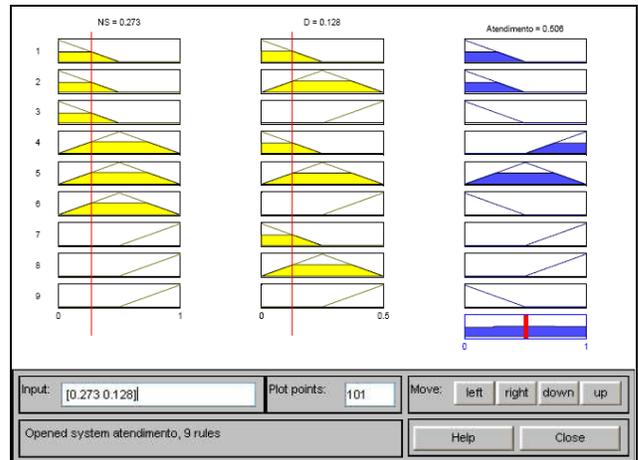


Figura 24: Resultado *Fuzzy* para NS = 0,273 e D = 0,128

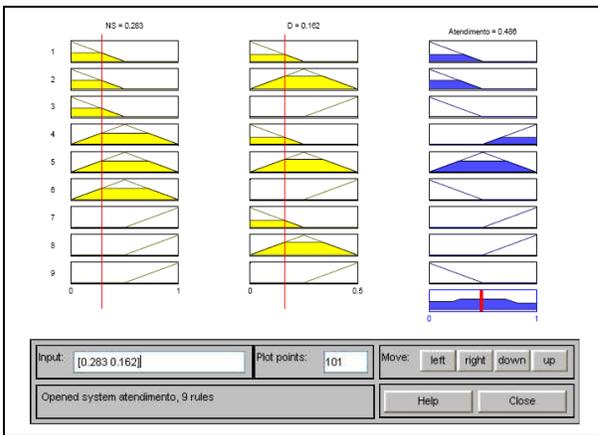


Figura 25: Resultado *Fuzzy* para NS = 0,283 e D = 0,162

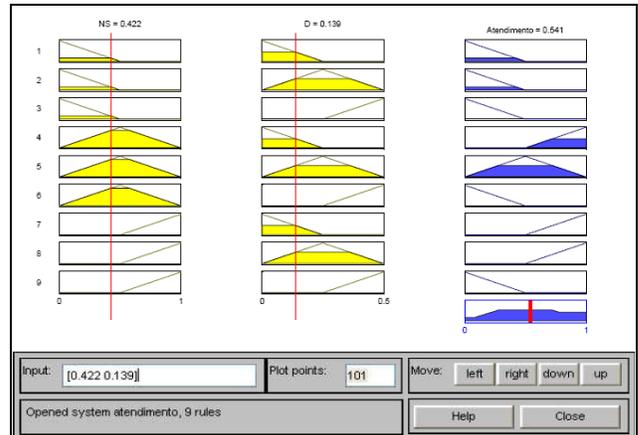


Figura 26: Resultado *Fuzzy* para NS = 0,422 e d = 0,139

Para a variável “Reposição”, temos, por exemplo, os seguintes resultados *fuzzy*, obtidos com base em NS e D:

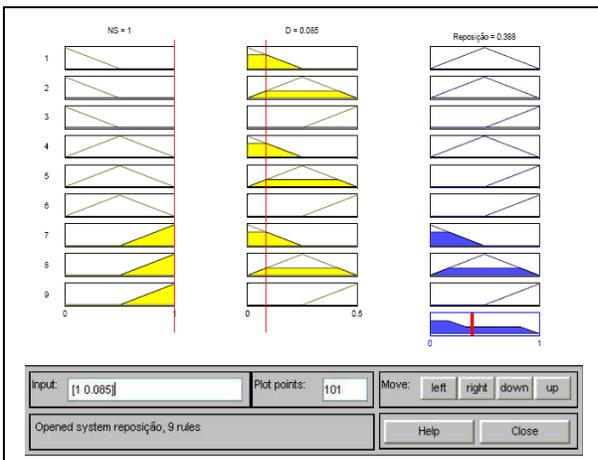


Figura 27: Resultado *Fuzzy* para NS = 1 e D = 0,085

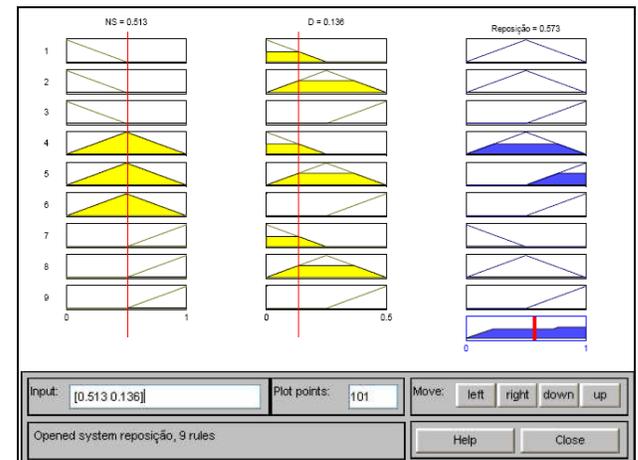


Figura 28: Resultado *Fuzzy* para NS = 0,513 e D = 0,136

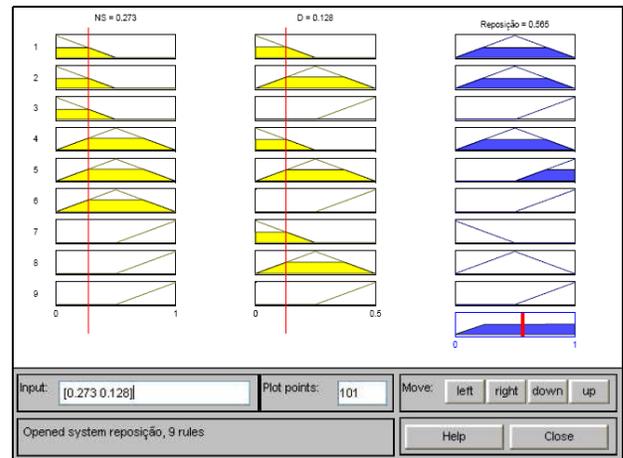
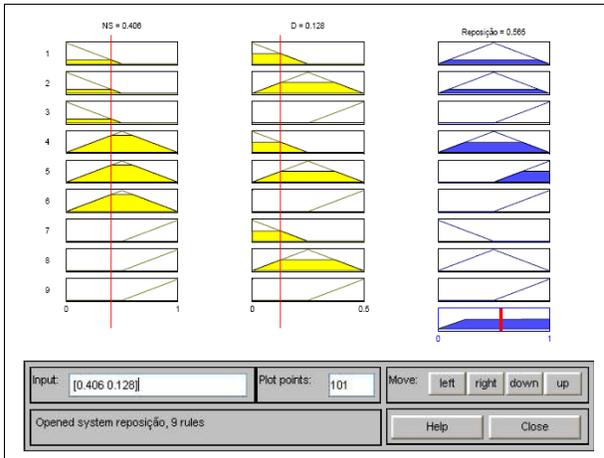


Figura 29: Resultado *Fuzzy* para NS = 0,406 e D = 0,128

Figura 30: Resultado *Fuzzy* para NS = 0,273 e D = 0,128

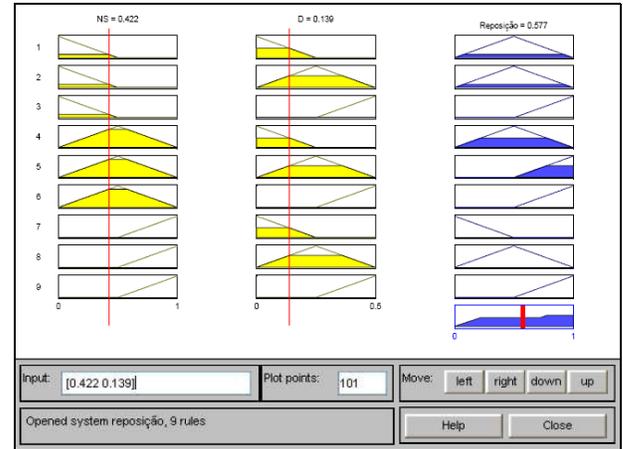
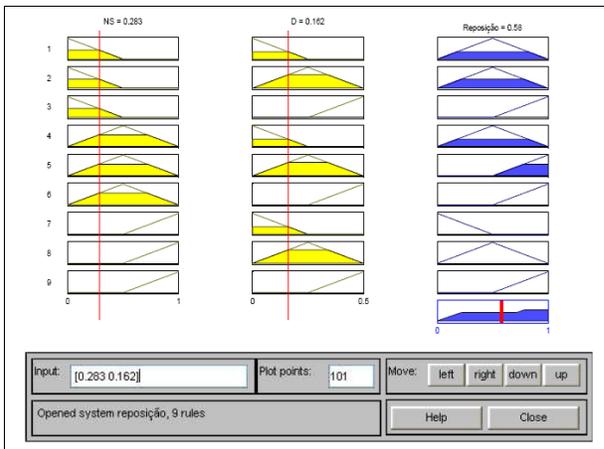


Figura 31: Resultado *Fuzzy* para NS = 0,283 e D = 0,162

Figura 32: Resultado *Fuzzy* para NS = 0,422 e d = 0,139

Para a variável “Licitação”, temos, por exemplo, os seguintes resultados *fuzzy*, obtidos com base em NS e D:

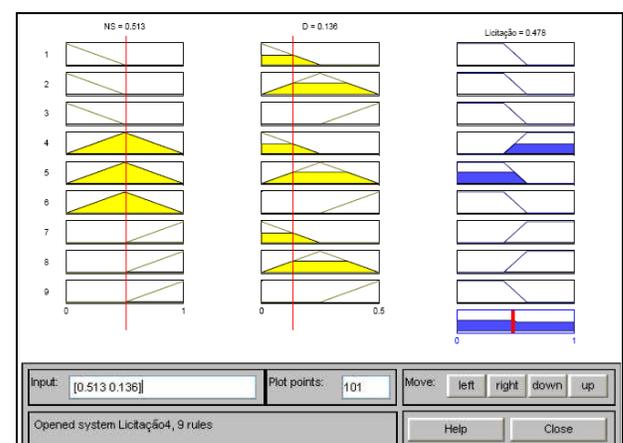
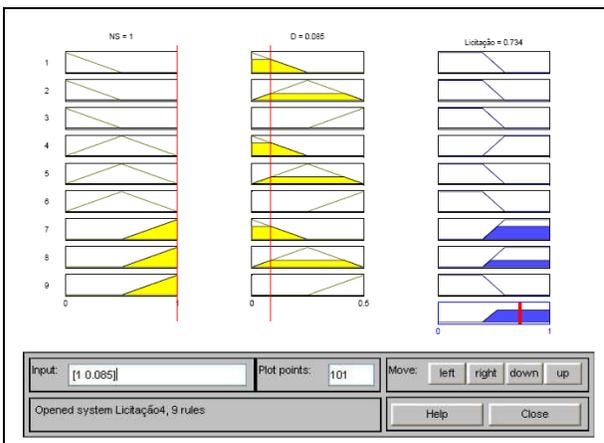


Figura 33: Resultado *Fuzzy* para NS = 1 e D = 0,085

Figura 34: Resultado *Fuzzy* para NS = 0,513 e D = 0,136

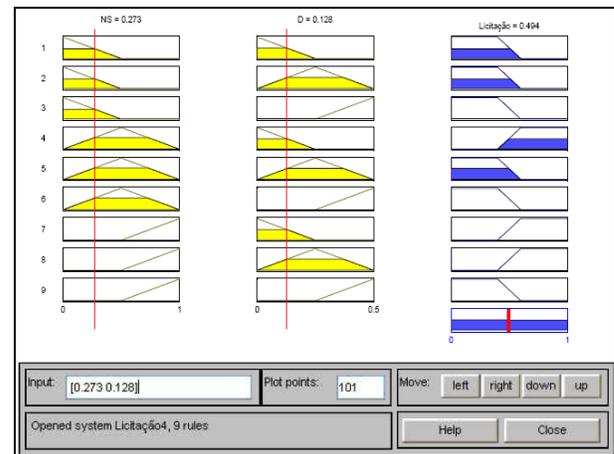
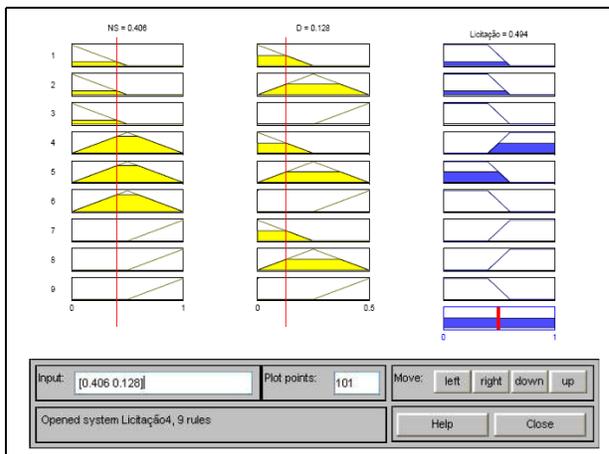


Figura 35: Resultado *Fuzzy* para NS = 0,406 e D = 0,128

Figura 36: Resultado *Fuzzy* para NS = 0,273 e D = 0,128

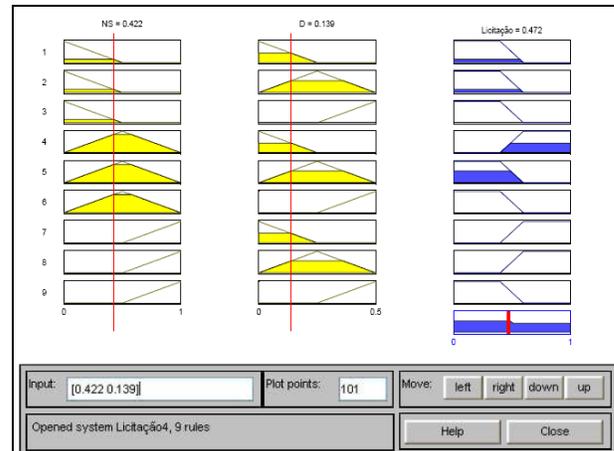
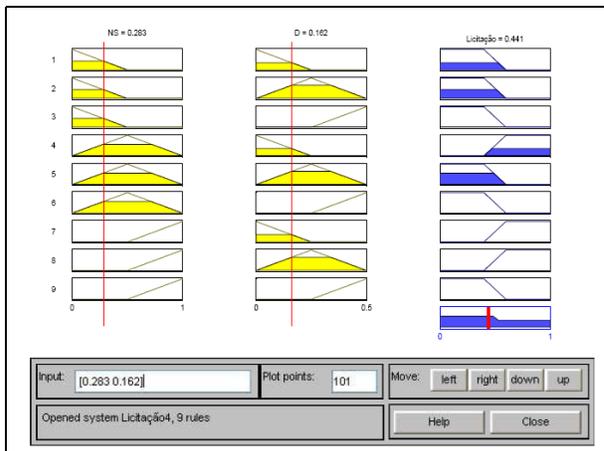


Figura 37: Resultado *Fuzzy* para NS = 0,283 e D = 0,162

Figura 38: Resultado *Fuzzy* para NS = 0,422 e d = 0,139

Então, no dia 29/Jan, o sistema *Fuzzy* proposto sugeriu para o Gestor de Estoques atendimento “Normal”, reposição “Baixa” e licitação “Não”. Já no dia 12/Fev, o sistema sugeriu para o atendimento “Restrição”, reposição “Alta” e licitação “Sim”. Com estes resultados, o Gestor de Estoques iria controlar a saída de material (atendimento) e avisar ao Setor de Aquisições que seria necessário a aquisição (licitação) de 231 unidades do item em estudo. Este valor é obtido pela multiplicação do sugerido pela reposição (0,757) pelo valor inicial do estoque no período considerado, que é de 305 unidades.

Este procedimento foi repetido para os demais dias. O Apêndice B contém os dados com a aplicação da presente metodologia *fuzzy*.

O gráfico a seguir, mostra a movimentação do item em estudo, com a aplicação da metodologia *fuzzy*:

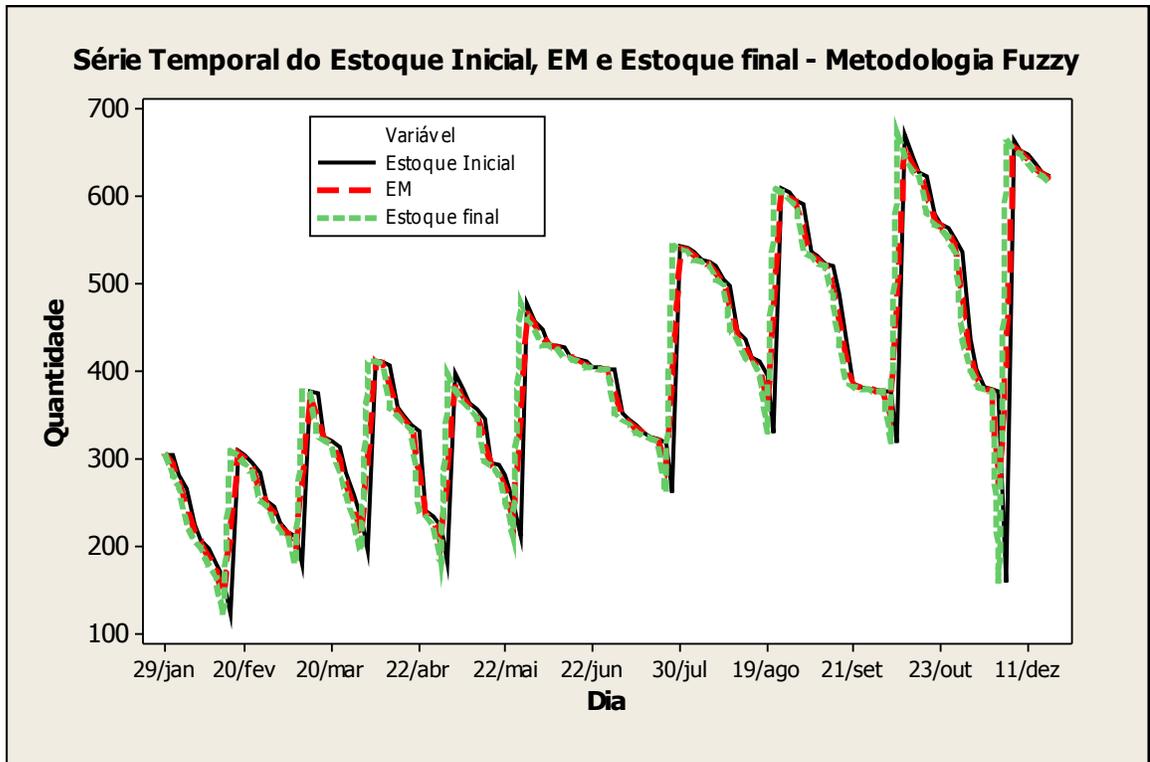


Gráfico 3: Série temporal do Estoque Inicial, Estoque-médio (EM) e Estoque Final – Metodologia *Fuzzy*

Os dados estatísticos do processo real e do processo com a metodologia *fuzzy*, considerando a variável reposição, são os seguintes:

Tabela 1: Dados estatísticos dos processos

Parâmetros	Real	Fuzzy
n	4	9
Média	675	296
Desvio-padrão (DP)	299	99,1
Coefficiente de variação (CV)	44,24	33,48

Percebe-se que, embora o processo com a metodologia *fuzzy* apresente maior número de reposição, $n = 9$, a média da quantidade de itens de reposição é menor, 296 unidades com desvio-padrão de 99,1 unidades. Outro fato a ser observado, é que a variação do processo com a metodologia *fuzzy*, Coeficiente de variação = 33,48%, é menor do que a do processo real.

Graficamente, temos

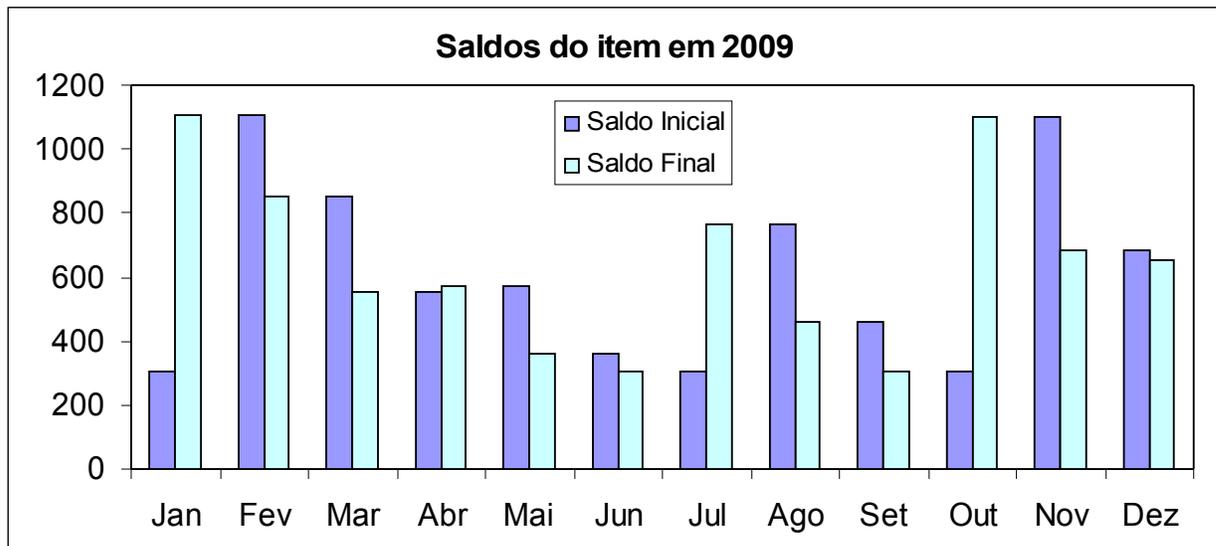


Gráfico 4: Saldo Inicial e Final – Processo Real

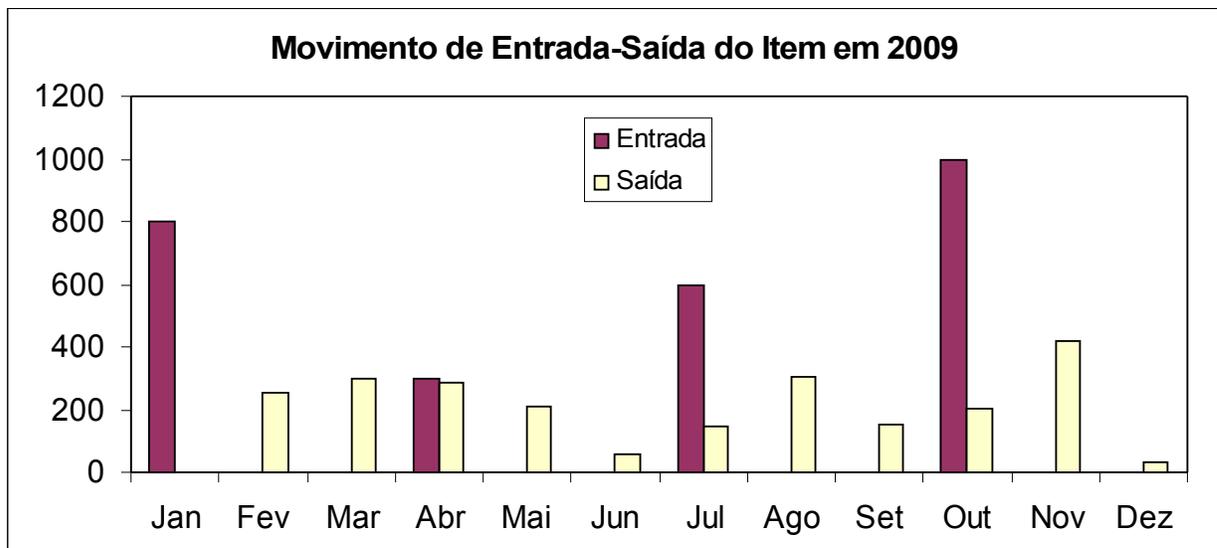


Gráfico 5: Movimento de Entrada e Saída – Processo Real

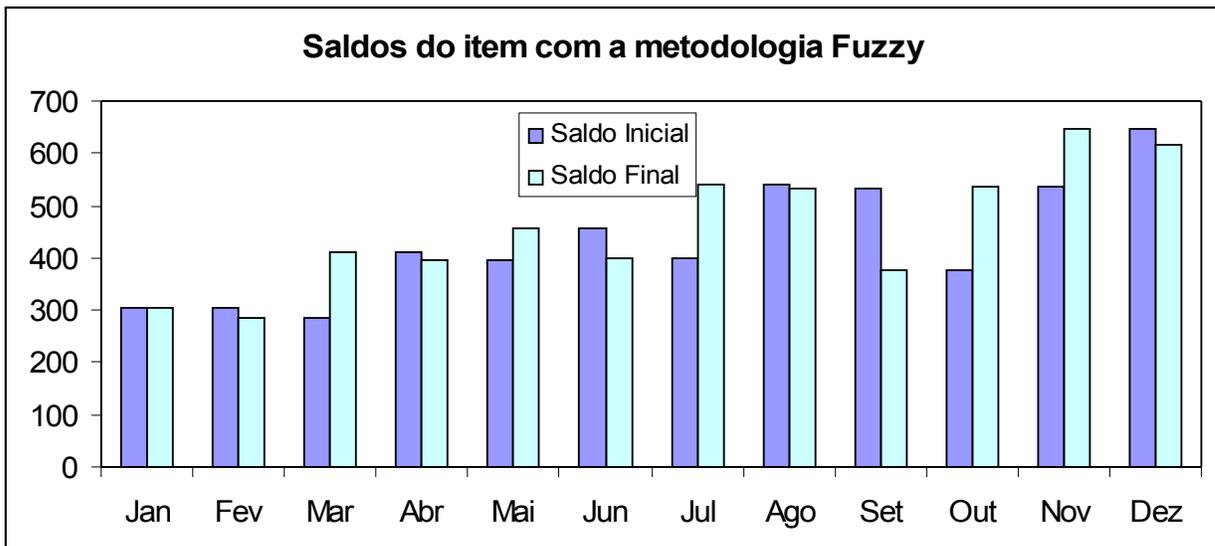


Gráfico 6: Saldos do item em estudo – Processo Fuzzy

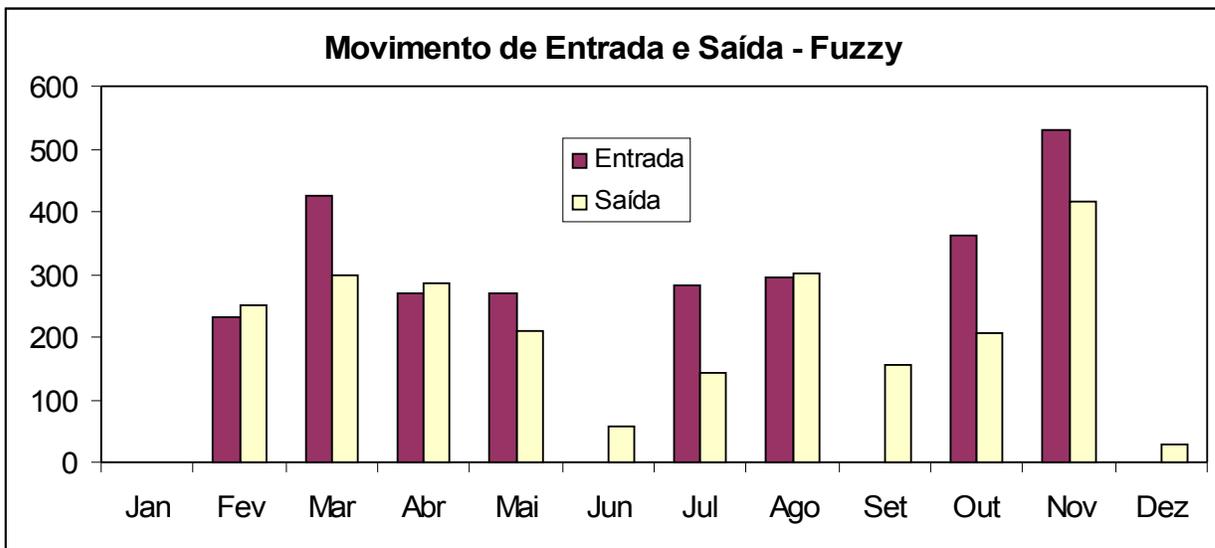


Gráfico 7: Movimento de Entrada e Saída – Processo Fuzzy

Com relação ao Estoque-Médio (EM), temos os seguintes dados estatísticos:

Tabela 2: Dados estatísticos dos Estoques-Médios

Parâmetros	EM-Real	EM-Fuzzy
n	123	123
Média	693,5	393,1
DP	247,6	126,7
CV	35,71	32,23

Graficamente, temos

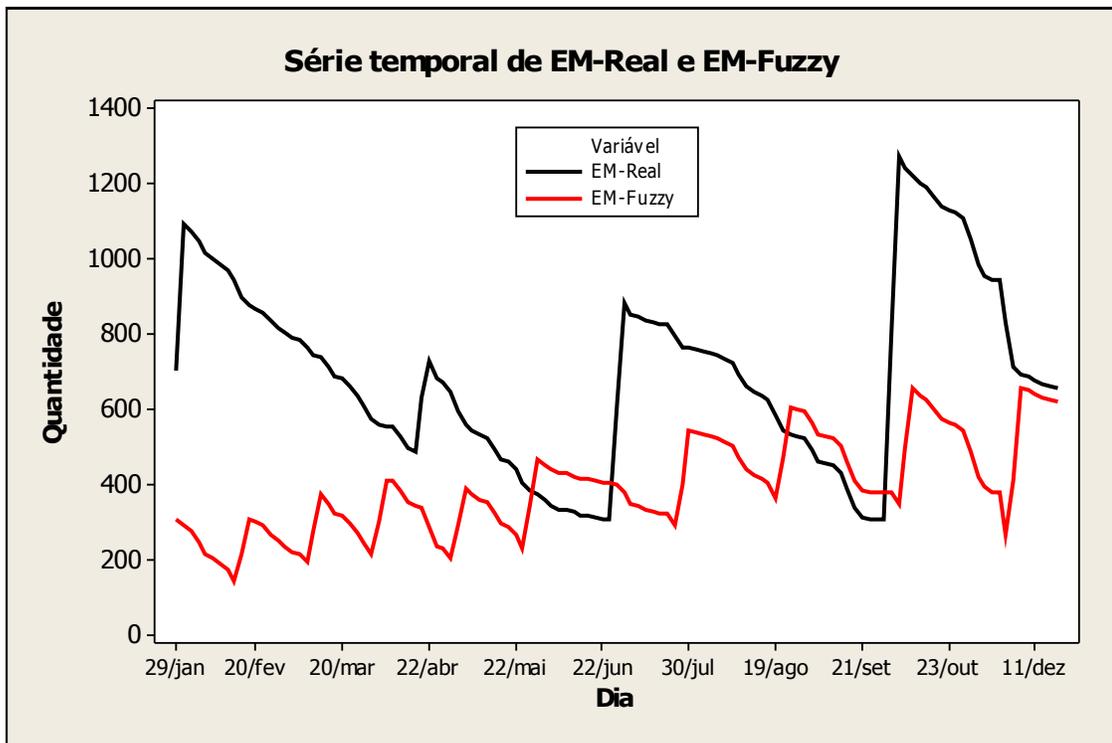


Gráfico 8: Série temporal do Estoque-Médio do processo real e do com a Metodologia *Fuzzy*

Com base nos dados estatísticos dos Estoques-Médios, Real e com a metodologia *Fuzzy*, percebe-se que a diferença entre suas médias é significativa, da ordem de 300,4 unidades, com p-valor de 0,000, o que é confirmada por meio do gráfico Boxplot abaixo:

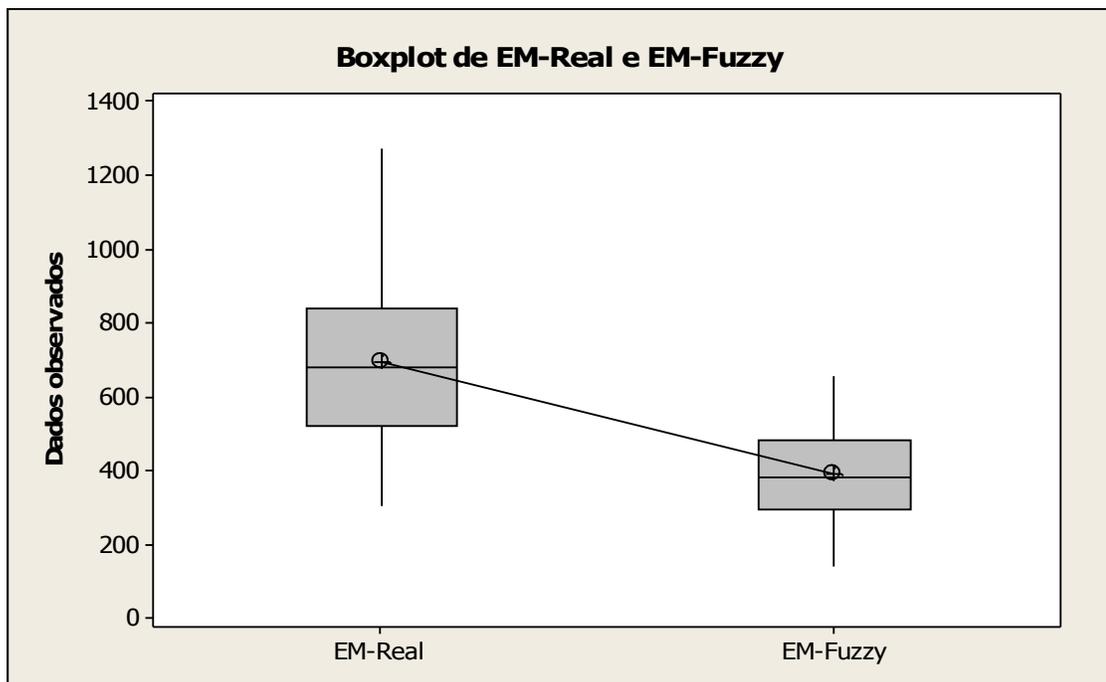


Gráfico 9: Boxplot do Estoque-Médio do processo real e do com a Metodologia *Fuzzy*

6 CONCLUSÃO E SUGESTÕES

Pelo que foi proposto, verifica-se que é viável a utilização da Lógica *Fuzzy* na gestão de estoques de uma organização, ou com a criação de sistema ou com a adaptação do já existente na organização em estudo

Com isto, será possível auxiliar a tomada de decisão de compras, para que seja feito o reabastecimento de material, sem que ocorra a falta em estoque.

Foi mostrado que o modelo *fuzzy* aplicado a amostra de dados permite a aproximação do modelo de controle para as decisões de especialistas experientes.

A vantagem da abordagem proposta consiste no fato de que ele não exige a instrução e solução dos problemas complexos de programação matemática. Regras especialistas de SENTÃO são usadas uma vez que são formalizadas por meio da lógica *fuzzy*.

Com a utilização desta metodologia, haverá como reduzir o *lead-time*, uma vez que se sabe que quanto maior ele for, ocasiona, na maioria das vezes a falta do material em estoque, embora esta variável não tenha sido o foco da pesquisa.

Na aplicação da Lógica *Fuzzy* neste trabalho, utilizou-se apenas um tipo de função de pertinência, a triangular, bem como o modelo de Mamdani. Deixa-se como sugestão para futuras pesquisas:

- a) a utilização de outras funções de pertinência, ou combinação delas;
- b) o emprego do modelo de Larsen, Tsukamoto e Takagi e Sugeno; e
- c) a avaliação no modelo das variáveis *lead-time*, custo e restrição no atendimento.

REFERÊNCIAS

ARNOLD, J. R. Tony. **Administração de Materiais: Uma Introdução**. Tradução Celso Rimoli e Lenita R. Esteves. São Paulo: Atlas, 1999.

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

BITTENCOURT, Sidney. **Licitação Passo a Passo**. 5.ed. Rio de Janeiro: Temas e Idéias Editora, 2006.

BRASIL, **Lei nº 8.666**, de 21 de junho de 1993. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública. Diário Oficial da União de 22 de junho de 1993.

BRASIL, **Decreto nº 3.931**, de 19 de setembro de 2001. Regulamenta o Sistema de Registro de Preços previsto no art. 15 da Lei nº 8.666, de 21 de Junho de 1993. Diário Oficial da União de 20 de setembro de 2001.

BRASIL, **Lei nº 10.520**, de 17 de julho de 2002. Institui, no âmbito da União, Estados, Distrito Federal e Municípios, nos termos do art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, a modalidade de licitação denominada *pregão*, para aquisição de bens e serviços comuns. Diário Oficial da União de 18 de julho de 2002.

BOWERSOX, Donald J. *et al.* **Gestão da Cadeia de Suprimentos e Logística**. Rio de Janeiro: Campus, 2007.

CAMPOS, Edilene A. Veneruchi; SILVA, Helder Coelho. **Sistemas inteligentes para tomada de decisões utilizando Lógica Fuzzy**. Disponível em <<http://sare.unianhanguera.edu.br/index.php/anudo/article/viewFile/459/449>> Acesso em 29 Mai 2010.

CHRISTOPHER, Martin. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos**. São Paulo: Thomson Pioneira, 2007.

CORREA, Henrique Luiz *et al.* **Planejamento, Programação e Controle da Produção.** São Paulo: Atlas, 2007.

CORRÊA, Marcelo Vieira; BAÉSSA, João Pedro Drumond. **Identificação de sistemas dinâmicos não-lineares utilizando Lógica Fuzzy.** Disponível em <http://www.unilestemg.br/principiumonline/publicacoes/03/downloads/68_86_identificacao_de_sistemas.pdf> Acesso em 29 Mai 2010.

CRESWELL, John W. **Projeto de Pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto.** Tradução Luciana de Oliveira Rocha. 2.ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

DIAS, Marco Aurélio P. **Administração de Materiais: Uma Abordagem Logística.** 4.ed. São Paulo: Atlas, 2010.

DO CARMO, Renata Cristina; VIGLIONI, Giovanni Melo Carvalho. **Usando Lógica Fuzzy para determinar o Índice de Gravidade de Acidentes Ferroviários.** Disponível em: <http://www.cbtu.gov.br/monografia/2009/trabalhos/art_planejamento.htm> Acesso em: 29 Mai 2010.

FERNANDES, Jorge Ulisses Jacoby. **Sistema de registro de preços e pregão presencial e eletrônico.** 2ª Ed. Belo Horizonte: Ed. Fórum, 2006.

FURASTÉ, Pedro Augusto. **Normas Técnicas para o Trabalho Científico: Elaboração e Formatação.** Explicação das Normas da ABNT. 14.ed. Porto Alegre: s. n., 2005.

GASNIER, Daniel Georges. **A Dinâmica dos Estoques: Guia Prático para Planejamento, Gestão de Materiais e Logística.** São Paulo: IMAM, 2002.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4.ed. São Paulo: Atlas, 2009.

GILAT, Amos. **MATLAB com Aplicações em Engenharia.** Tradução Glayson Eduardo de Figueiredo. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

GOMIDE, Fernando Antonio Campos; GUDWIN, Ricardo Ribeiro. **Modelagem, controle, sistemas e Lógica Fuzzy.** Disponível em <<ftp://ftp.dca.fee.unicamp.br/pub/docs/gudwin/publications/RevSBA94.pdf>> Acesso em 29 Mai 2010.

JANG, Jyh-Shing Roger *et al.* **Neuro-fuzzy and soft computing**: a computational approach to learning and machine intelligence. London: Prentice Hall, 1997.

KAEHLER, Steven D. **Fuzzy Logic Tutorial**. Disponível em <<http://www.seattlerobotics.org/encoder/mar98/fuz/flindex.html>> Acesso em 29 Mai 2010.

KLIR, George J. *et al.* **Fuzzy set theory**: foundations and applications. USA: Prentice Hall, 1997.

LAKATOS, Eva Maria. MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas, 2010.

MAMDANI, E. H.; ASSILAN, S. A. **An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller**. Int. J. Man - machine Studies, 7. 1975. p1-13.

MARTINS, Petrônio Garcia. ALT, Paulo Renato Campos. **Administração de Materiais e Recursos Patrimoniais**. São Paulo: Atlas, 2000.

LAUGENI, Fernando Piero. **Administração da Produção**. São Pulo: Saraiva, 2009.

MORETTIN, Pedro A. e TOLOI, Célia M. C. **Análise de Séries Temporais**. São Paulo: Blücher, 2006.

Previsão de Séries Temporais. 2.ed. São Paulo: Atual Editora, 1987.

MUELLER, Alessandro. **Uma Aplicação de Redes Neurais Artificiais na Previsão do Mercado Acionário**. Florianópolis: UFSC, 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Departamento de Engenharia de Produção. Centro Tecnológico. Universidade Federal de Santa Catarina.

OLIVEIRA JUNIOR, Hime Aguiar. **Lógica Difusa**: Aspectos práticos e aplicações. Rio de Janeiro: Interciência, 1999.

(Coord). **Inteligência Computacional**: Aplicada à Administração, Economia e Engenharia em MatLab®. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

ROTSHTEIN, 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> Acesso em 29 Mai 10.

SANDRI, Sandra; CORREA, Claudio. **Lógica Nebulosa.** Disponível em <http://www.deti.ufc.br/~guilherme/PAPERS/curso_ERN99_fuzzy.pdf> Acesso em 29 Mai 10.

SANTOS, Gilbert Queiroz e LEITE, Jandecy Cabral. **Aplicação da Lógica Fuzzy à Gestão de Estoques.** In: CONGRESSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA REGIÃO SUL – CONEPROSUL, 1, 2010, Joinville. *Anais*. Joinville: SOCIESC, 2010.

SHAMBLIN, James E. STEVENS Jr, G. T. **Pesquisa Operacional:** uma abordagem básica. São Paulo: Atlas, 1979.

SIMCHI-LEVI, David *et al.* **Cadeia de Suprimentos:** Projeto e Gestão – Conceitos, estratégias e estudos de caso. Porto Alegre: Artmed Editora S. A. 2003.

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

SLACK, Nigel *et al.* **Gerenciamento de Operações e de Processos:** Princípios e Práticas de Impacto Estratégico. Tradução Sandra de Oliveira. Porto Alegre: Bookman, 2008.

_____. **Administração da Produção.** Tradução Maria Teresa Corrêa de Oliveira e Fábio Alher. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2002.

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

TAYLOR, David A. **Logística na Cadeia de Suprimentos:** uma perspectiva gerencial. São Paulo: Addison Wesley, 2005.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Planejamento e controle da produção:** teoria e prática. São Paulo: Atlas, 2008.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. 12.ed. São Paulo: Atlas, 2010.

VIANNA, Ilca Oliveira de Almeida. **Metodologia do Trabalho Científico**: um enfoque didático da produção científica. São Paulo: EPU, 2001.

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

WEBER, Leo e KLEIN, Pedro Antonio Trierweiler. **Aplicação da Lógica *Fuzzy* em Software e Hardware**. Canoas: Ed. Ulbra, 2003.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso**: planejamento e métodos. Porto Alegre: Artmed, 2005.

Apêndice A – Dados reais da movimentação do item em estudo

Dia	Estoque Inicial	Entrada	Consumo	Estoque final	EM
29/jan	305	800	0	1105	705,00
02/fev	1105		24	1081	1093,00
03/fev	1081		15	1066	1073,50
04/fev	1066		42	1024	1045,00
05/fev	1024		17	1007	1015,50
06/fev	1007		10	997	1002,00
09/fev	997		19	978	987,50
10/fev	978		13	965	971,50
12/fev	965		44	921	943,00
13/fev	921		44	877	899,00
19/fev	877		4	873	875,00
20/fev	873		10	863	868,00
27/fev	863		10	853	858,00
02/mar	853		33	820	836,50
03/mar	820		5	815	817,50
04/mar	815		20	795	805,00
05/mar	795		10	785	790,00
06/mar	785		5	780	782,50
10/mar	780		32	748	764,00
12/mar	748		7	741	744,50
16/mar	741		2	739	740,00
18/mar	739		49	690	714,50
19/mar	690		5	685	687,50
20/mar	685		6	679	682,00
23/mar	679		31	648	663,50
24/mar	648		24	624	636,00
26/mar	624		30	594	609,00
30/mar	594		35	559	576,50
31/mar	559		4	555	557,00
01/abr	555		1	554	554,50
03/abr	554		4	550	552,00
06/abr	550		49	501	525,50
08/abr	501		9	492	496,50
14/abr	492		10	482	487,00
15/abr	482	300	7	775	628,50
22/abr	775		92	683	729,00
23/abr	683		7	676	679,50
24/abr	676		10	666	671,00
27/abr	666		42	624	645,00
30/abr	624		54	570	597,00
05/mai	570		19	551	560,50
08/mai	551		14	537	544,00
11/mai	537		8	529	533,00
12/mai	529		10	519	524,00
14/mai	519		50	469	494,00
18/mai	469		4	465	467,00
20/mai	465		11	454	459,50
22/mai	454		30	424	439,00
25/mai	424		40	384	404,00
28/mai	384		3	381	382,50

29/mai	381		20	361	371,00
02/jun	361		9	352	356,50
04/jun	352		18	334	343,00
05/jun	334		2	332	333,00
08/jun	332		1	331	331,50
15/jun	331		11	320	325,50
16/jun	320		2	318	319,00
17/jun	318		4	314	316,00
19/jun	314		5	309	311,50
22/jun	309		2	307	308,00
25/jun	307		2	305	306,00
03/jul	305	600	0	905	605,00
06/jul	905		50	855	880,00
08/jul	855		7	848	851,50
10/jul	848		5	843	845,50
15/jul	843		10	833	838,00
20/jul	833		4	829	831,00
21/jul	829		2	827	828,00
24/jul	827		5	822	824,50
28/jul	822		57	765	793,50
29/jul	765		1	764	764,50
30/jul	764		2	762	763,00
03/ago	762		3	759	760,50
04/ago	759		10	749	754,00
05/ago	749		3	746	747,50
06/ago	746		3	743	744,50
07/ago	743		17	726	734,50
10/ago	726		6	720	723,00
11/ago	720		53	667	693,50
12/ago	667		10	657	662,00
14/ago	657		20	637	647,00
17/ago	637		5	632	634,50
18/ago	632		15	617	624,50
19/ago	617		66	551	584,00
20/ago	551		14	537	544,00
21/ago	537		5	532	534,50
26/ago	532		8	524	528,00
27/ago	524		6	518	521,00
28/ago	518		54	464	491,00
31/ago	464		4	460	462,00
02/set	460		10	450	455,00
03/set	450		2	448	449,00
09/set	448		32	416	432,00
15/set	416		59	357	386,50
18/set	357		44	313	335,00
21/set	313		4	309	311,00
22/set	309		2	307	308,00
23/set	307		1	306	306,50
25/set	306		1	305	305,50
01/out	305	1000	0	1305	805,00
05/out	1305		59	1246	1275,50
06/out	1246		10	1236	1241,00
09/out	1236		27	1209	1222,50
14/out	1209		16	1193	1201,00

19/out	1193		6	1187	1190,00
20/out	1187		42	1145	1166,00
21/out	1145		12	1133	1139,00
23/out	1133		5	1128	1130,50
27/out	1128		11	1117	1122,50
30/out	1117		17	1100	1108,50
03/nov	1100		100	1000	1050,00
06/nov	1000		34	966	983,00
11/nov	966		19	947	956,50
13/nov	947		2	945	946,00
15/nov	945		4	941	943,00
17/nov	941		218	723	832,00
23/nov	723		23	700	711,50
26/nov	700		11	689	694,50
27/nov	689		6	683	686,00
11/dez	683		10	673	678,00
17/dez	673		10	663	668,00
22/dez	663		5	658	660,50
23/dez	658		5	653	655,50

Dia	Estoque Inicial	Entrada	Consumo	Estoque final	NS	D	Atendimento	Reposição	Licitação	Atendimento	Reposição	Licitação	EM
29/jan	305	0	0	305	1,000	0,000	0,8367	0,1633	0,7492	Norm	Baixa	Não	305,00
02/fev	305	0	24	281	1,000	0,079	0,8234	0,3787	0,7353	Norm	Média	Não	293,00
03/fev	281	0	15	266	0,921	0,053	0,6973	0,3430	0,6661	Restr	Média	Não	273,50
04/fev	266	0	42	224	0,872	0,158	0,6332	0,4843	0,6057	Restr	Média	Não	245,00
05/fev	224	0	17	207	0,734	0,076	0,6004	0,4722	0,5681	Restr	Média	Não	215,50
06/fev	207	0	10	197	0,679	0,048	0,6622	0,4787	0,6334	Restr	Média	Não	202,00
09/fev	197	0	19	178	0,646	0,096	0,5961	0,5137	0,5585	Restr	Média	Não	187,50
10/fev	178	0	13	165	0,584	0,073	0,6313	0,5135	0,6048	Restr	Média	Não	171,50
12/fev	165	0	44	121	0,541	0,267	0,5006	0,7566	0,2909	Restr	Alta	Sim	143,00
13/fev	121	231	44	308	1,000	0,364	0,5223	0,5515	0,5222	Restr	Média	Não	214,50
19/fev	308	0	4	304	0,875	0,013	0,7722	0,3513	0,7108	Norm	Média	Não	306,00
20/fev	304	0	10	294	0,864	0,033	0,7073	0,3682	0,6708	Restr	Média	Não	299,00
27/fev	294	0	10	284	0,835	0,034	0,6979	0,3922	0,6623	Restr	Média	Não	289,00
02/mar	284	0	33	251	0,807	0,116	0,5825	0,4710	0,5410	Restr	Média	Não	267,50
03/mar	251	0	5	246	0,713	0,020	0,7267	0,4574	0,6799	Restr	Média	Não	248,50
04/mar	246	0	20	226	0,699	0,081	0,6074	0,4885	0,5754	Restr	Média	Não	236,00
05/mar	226	0	10	216	0,642	0,044	0,6801	0,4883	0,6502	Restr	Média	Não	221,00
06/mar	216	0	5	211	0,614	0,023	0,7400	0,4892	0,6933	Restr	Média	Não	213,50
10/mar	211	0	32	179	0,599	0,152	0,5382	0,5790	0,4455	Restr	Média	Sim	195,00
12/mar	179	204	7	376	1,000	0,039	0,8328	0,2973	0,7424	Norm	Média	Não	277,50
16/mar	376	0	2	374	0,982	0,005	0,8144	0,2024	0,7387	Norm	Baixa	Não	375,00
18/mar	374	0	49	325	0,977	0,131	0,7528	0,4448	0,6956	Norm	Média	Não	349,50
19/mar	325	0	5	320	0,849	0,015	0,7600	0,3749	0,7027	Norm	Média	Não	322,50
20/mar	320	0	6	314	0,836	0,019	0,7430	0,3863	0,6921	Restr	Média	Não	317,00
23/mar	314	0	31	283	0,820	0,099	0,5991	0,4489	0,5637	Restr	Média	Não	298,50
24/mar	283	0	24	259	0,739	0,085	0,5892	0,4757	0,5529	Restr	Média	Não	271,00
26/mar	259	0	30	229	0,676	0,116	0,5716	0,5194	0,5182	Restr	Média	Não	244,00
30/mar	229	0	35	194	0,598	0,153	0,5374	0,5805	0,4435	Restr	Média	Sim	211,50
31/mar	194	222	4	412	1,000	0,021	0,8353	0,2450	0,7456	Norm	Baixa	Não	303,00
01/abr	412	0	1	411	0,990	0,002	0,8276	0,1857	0,7448	Norm	Baixa	Não	411,50
03/abr	411	0	4	407	0,988	0,010	0,8102	0,2065	0,7367	Norm	Baixa	Não	409,00
06/abr	407	0	49	358	0,978	0,120	0,7544	0,4337	0,6966	Norm	Média	Não	382,50

Apêndice B – Aplicação da metodologia fuzzy proposta aos dados de movimentação do item em estudo

08/abr	358	0	9	349	0,861	0,025	0,7291	0,3676	0,6850	Restr	Média	Não	353,50
14/abr	349	0	10	339	0,839	0,029	0,7125	0,3872	0,6727	Restr	Média	Não	344,00
15/abr	339	0	7	332	0,815	0,021	0,7311	0,4022	0,6838	Restr	Média	Não	335,50
22/abr	332	0	92	240	0,798	0,277	0,5848	0,5405	0,5485	Restr	Média	Não	286,00
23/abr	240	0	7	233	0,577	0,029	0,7280	0,4974	0,6892	Restr	Média	Não	236,50
24/abr	233	0	10	223	0,560	0,043	0,6927	0,5038	0,6647	Restr	Média	Não	228,00
27/abr	223	0	42	181	0,536	0,188	0,5158	0,6484	0,3732	Restr	Média	Sim	202,00
30/abr	181	270	54	397	1,000	0,298	0,6710	0,5098	0,6548	Restr	Média	Não	289,00
05/mai	397	0	19	378	0,880	0,048	0,6766	0,3620	0,6492	Restr	Média	Não	387,50
08/mai	378	0	14	364	0,838	0,037	0,6912	0,3913	0,6575	Restr	Média	Não	371,00
11/mai	364	0	8	356	0,807	0,022	0,7257	0,4079	0,6799	Restr	Média	Não	360,00
12/mai	356	0	10	346	0,789	0,028	0,7014	0,4211	0,6627	Restr	Média	Não	351,00
14/mai	346	0	50	296	0,767	0,145	0,5711	0,5083	0,5172	Restr	Média	Não	321,00
18/mai	296	0	4	292	0,656	0,014	0,7628	0,4767	0,7040	Norm	Média	Não	294,00
20/mai	292	0	11	281	0,647	0,038	0,6925	0,4849	0,6594	Restr	Média	Não	286,50
22/mai	281	0	30	251	0,623	0,107	0,5820	0,5278	0,5363	Restr	Média	Não	266,00
25/mai	251	0	40	211	0,557	0,159	0,5330	0,5975	0,4314	Restr	Média	Sim	231,00
28/mai	211	269	3	477	1,000	0,014	0,8360	0,2208	0,7468	Norm	Baixa	Não	344,00
29/mai	477	0	20	457	0,994	0,042	0,8185	0,3051	0,7358	Norm	Média	Não	467,00
02/jun	457	0	9	448	0,952	0,020	0,7577	0,2595	0,7090	Norm	Média	Não	452,50
04/jun	448	0	18	430	0,933	0,040	0,7158	0,3104	0,6811	Restr	Média	Não	439,00
05/jun	430	0	2	428	0,896	0,005	0,8075	0,3284	0,7297	Norm	Média	Não	429,00
08/jun	428	0	1	427	0,892	0,002	0,8205	0,3325	0,7355	Norm	Média	Não	427,50
15/jun	427	0	11	416	0,890	0,026	0,7316	0,3404	0,6885	Restr	Média	Não	421,50
16/jun	416	0	2	414	0,867	0,005	0,8036	0,3575	0,7265	Norm	Média	Não	415,00
17/jun	414	0	4	410	0,863	0,010	0,7818	0,3618	0,7153	Norm	Média	Não	412,00
19/jun	410	0	5	405	0,854	0,012	0,7724	0,3701	0,7098	Norm	Média	Não	407,50
22/jun	405	0	2	403	0,844	0,005	0,7999	0,3774	0,7238	Norm	Média	Não	404,00
25/jun	403	0	2	401	0,840	0,005	0,7992	0,3806	0,7234	Norm	Média	Não	402,00
03/jul	401	0	0	401	0,835	0,000	0,8224	0,3842	0,7347	Norm	Média	Não	401,00
06/jul	401	0	50	351	0,835	0,125	0,5871	0,4694	0,5513	Restr	Média	Não	376,00
08/jul	351	0	7	344	0,731	0,020	0,7211	0,4495	0,6757	Restr	Média	Não	347,50
10/jul	344	0	5	339	0,717	0,015	0,7442	0,4548	0,6909	Restr	Média	Não	341,50
15/jul	339	0	10	329	0,706	0,029	0,7000	0,4624	0,6618	Restr	Média	Não	334,00
20/jul	329	0	4	325	0,685	0,012	0,7643	0,4669	0,7038	Norm	Média	Não	327,00

21/jul	325	0	2	323	0,677	0,006	0,7917	0,4690	0,7189	Norm	Média	Não	324,00
24/jul	323	0	5	318	0,673	0,015	0,7553	0,4714	0,6990	Norm	Média	Não	320,50
28/jul	318	0	57	261	0,663	0,179	0,5267	0,5872	0,4123	Restr	Média	Sim	289,50
29/jul	261	282	1	542	1,000	0,004	0,8366	0,1811	0,7485	Norm	Baixa	Não	401,50
30/jul	542	0	2	540	0,998	0,004	0,8320	0,1813	0,7467	Norm	Baixa	Não	541,00
03/ago	540	0	3	537	0,994	0,006	0,8231	0,1900	0,7428	Norm	Baixa	Não	538,50
04/ago	537	0	10	527	0,989	0,019	0,8114	0,2390	0,7357	Norm	Baixa	Não	532,00
05/ago	527	0	3	524	0,971	0,006	0,8098	0,2234	0,7358	Norm	Baixa	Não	525,50
06/ago	524	0	3	521	0,965	0,006	0,8095	0,2340	0,7352	Norm	Baixa	Não	522,50
07/ago	521	0	17	504	0,959	0,033	0,7544	0,2859	0,7055	Norm	Média	Não	512,50
10/ago	504	0	6	498	0,928	0,012	0,7831	0,2913	0,7200	Norm	Média	Não	501,00
11/ago	498	0	53	445	0,917	0,106	0,6656	0,4269	0,6350	Restr	Média	Não	471,50
12/ago	445	0	10	435	0,820	0,022	0,7291	0,3990	0,6827	Restr	Média	Não	440,00
14/ago	435	0	20	415	0,801	0,046	0,6602	0,4211	0,6308	Restr	Média	Não	425,00
17/ago	415	0	5	410	0,764	0,012	0,7512	0,4317	0,6947	Norm	Média	Não	412,50
18/ago	410	0	15	395	0,755	0,037	0,6642	0,4430	0,6331	Restr	Média	Não	402,50
19/ago	395	0	66	329	0,727	0,167	0,5511	0,5410	0,4768	Restr	Média	Sim	362,00
20/ago	329	294	14	609	1,000	0,043	0,8320	0,3073	0,7417	Norm	Média	Não	469,00
21/ago	609	0	5	604	0,978	0,008	0,8020	0,2108	0,7330	Norm	Baixa	Não	606,50
26/ago	604	0	8	596	0,970	0,013	0,7827	0,2270	0,7234	Norm	Baixa	Não	600,00
27/ago	596	0	6	590	0,957	0,010	0,7931	0,2482	0,7271	Norm	Baixa	Não	593,00
28/ago	590	0	54	536	0,947	0,092	0,7139	0,4032	0,6725	Restr	Média	Não	563,00
31/ago	536	0	4	532	0,860	0,007	0,7938	0,3641	0,7213	Norm	Média	Não	534,00
02/set	532	0	10	522	0,854	0,019	0,7469	0,3717	0,6954	Restr	Média	Não	527,00
03/set	522	0	2	520	0,838	0,004	0,8035	0,3822	0,7254	Norm	Média	Não	521,00
09/set	520	0	32	488	0,835	0,062	0,6417	0,4078	0,6149	Restr	Média	Não	504,00
15/set	488	0	59	429	0,783	0,121	0,5715	0,4843	0,5218	Restr	Média	Não	458,50
18/set	429	0	44	385	0,689	0,103	0,5870	0,5056	0,5444	Restr	Média	Não	407,00
21/set	385	0	4	381	0,618	0,010	0,7849	0,4862	0,7179	Norm	Média	Não	383,00
22/set	381	0	2	379	0,612	0,005	0,8065	0,4872	0,7288	Norm	Média	Não	380,00
23/set	379	0	1	378	0,608	0,003	0,8159	0,4879	0,7334	Norm	Média	Não	378,50
25/set	378	0	1	377	0,607	0,003	0,8160	0,4882	0,7335	Norm	Média	Não	377,50
01/out	377	0	0	377	0,605	0,000	0,8301	0,4884	0,7400	Norm	Média	Não	377,00
05/out	377	0	59	318	0,605	0,156	0,5352	0,5825	0,4374	Restr	Média	Sim	347,50
06/out	318	363	10	671	1,000	0,031	0,8341	0,2756	0,7439	Norm	Média	Não	494,50

09/out	671	0	27	644	0,985	0,040	0,7998	0,3007	0,7274	Norm	Média	Não	657,50
14/out	644	0	16	628	0,946	0,025	0,7418	0,2709	0,6997	Restr	Média	Não	636,00
19/out	628	0	6	622	0,922	0,010	0,7900	0,2985	0,7229	Norm	Média	Não	625,00
20/out	622	0	42	580	0,913	0,068	0,6825	0,3736	0,6526	Restr	Média	Não	601,00
21/out	580	0	12	568	0,852	0,021	0,7398	0,3740	0,6910	Restr	Média	Não	574,00
23/out	568	0	5	563	0,834	0,009	0,7807	0,3858	0,7135	Norm	Média	Não	565,50
27/out	563	0	11	552	0,827	0,020	0,7375	0,3934	0,6883	Restr	Média	Não	557,50
30/out	552	0	17	535	0,811	0,031	0,6994	0,4081	0,6621	Restr	Média	Não	543,50
03/nov	535	0	100	435	0,786	0,187	0,5820	0,5270	0,5363	Restr	Média	Não	485,00
06/nov	435	0	34	401	0,639	0,078	0,6229	0,5045	0,5948	Restr	Média	Não	418,00
11/nov	401	0	19	382	0,589	0,047	0,6832	0,5009	0,6568	Restr	Média	Não	391,50
13/nov	382	0	2	380	0,561	0,005	0,8119	0,4960	0,7343	Norm	Média	Não	381,00
15/nov	380	0	4	376	0,558	0,011	0,7882	0,4969	0,7235	Norm	Média	Não	378,00
17/nov	376	0	218	158	0,552	0,580	0,1769	0,7766	0,2649	Autor	Alta	Sim	267,00
23/nov	158	529	23	664	1,000	0,146	0,8156	0,4571	0,7307	Norm	Média	Não	411,00
26/nov	664	0	11	653	0,967	0,017	0,7702	0,2353	0,7169	Norm	Baixa	Não	658,50
27/nov	653	0	6	647	0,951	0,009	0,7966	0,2575	0,7282	Norm	Média	Não	650,00
11/dez	647	0	10	637	0,942	0,015	0,7736	0,2727	0,7163	Norm	Média	Não	642,00
17/dez	637	0	10	627	0,927	0,016	0,7686	0,2937	0,7125	Norm	Média	Não	632,00
22/dez	627	0	5	622	0,913	0,008	0,7970	0,3094	0,7257	Norm	Média	Não	624,50
23/dez	622	0	5	617	0,905	0,008	0,7961	0,3188	0,7247	Norm	Média	Não	619,50