



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PROCESSOS  
MESTRADO PROFISSIONAL

**LOGICA FUZZY APLICADA NAS MEDIDAS DE APOIO A TOMADA DE  
DECISÕES DO SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE PRODUÇÃO DE  
EMBALAGENS PLÁSTICAS**

**Maycon Bentes dos Santos**

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

Orientador: Manoel Henrique Reis Nascimento

Belém

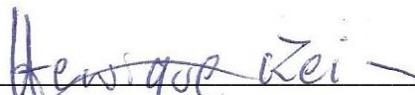
Junho de 2019

**LOGICA FUZZY APLICADA NAS MEDIDAS DE APOIO A TOMADA DE  
DECISÕES DO SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE PRODUÇÃO DE  
EMBALAGENS PLÁSTICAS**

Maycon Bentes dos Santos

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

Examinada por:



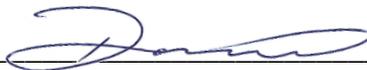
---

Prof. Manoel Henrique Reis Nascimento, Dr.  
(PPGEP/ITEC/UFPA - Orientador)



---

Prof. Jorge de Almeida Brito Júnior, Dr.  
(PPGEP/ITEC/UFPA - Membro)



---

Prof. David Barbosa de Alencar, Dr.  
(FAMETRO – Membro)

BELÉM, PA - BRASIL

JUNHO DE 2019

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
de acordo com ISBD Biblioteca do ITEC/UFPA-Belém-PA**

---

Santos, Maycon Bentes dos, 1991-  
Lógica fuzzy aplicada nas medidas de apoio a tomada de  
decisões do sistema de gerenciamento de produção de embalagens  
plásticas/ Maycon Bentes dos Santos - 2019.

Orientador: Manoel Henrique Reis Nascimento

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

1.Administração da produção-Automação. 2. Lógica difusa  
3. Plásticos nas embalagens I. Título

CDD 23.ed.658.514

---

*Dedico este trabalho a minha família e todos aqueles que contribuíram para sua realização.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus primeiramente, ao meu orientador pelo acompanhamento durante as pesquisas experimentais e pela assistência na elaboração desta dissertação, a minha família por sempre me apoiar, e aos professores e colegas do PPGEP por seguirem junto nessa jornada do conhecimento.

*“Nunca considere o estudo como uma obrigação, mas como uma oportunidade de penetrar o belo e maravilhoso mundo do saber...”*

(Albert Einstein)

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

**LOGICA FUZZY APLICADA NAS MEDIDAS DE APOIO A TOMADA DE  
DECISÕES DO SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE PRODUÇÃO DE  
EMBALAGENS PLÁSTICAS**

**Maycon Bentes dos Santos**

Junho/2019

Orientador: Manoel Henrique Reis Nascimento

Área de Concentração: Engenharia de Processos

Atualmente a automação por meio de sistemas de apoio a decisão, exerce um papel fundamental dentro da cadeia produtiva, de pequenas às grandes empresas, o presente estudo propõe um modelo de inferência fuzzy, no suporte nas medidas de decisões do sistema de gerenciamento de produção de determinada fábrica de embalagens plásticas. Analisando as distinções de forma contundente de cada etapa que acabam influenciando no processo, e visando adequar-se aos pedidos dos clientes. Usando como princípio para o sistema proposto a adequação dos turnos de trabalhos utilizando a produção máxima que a fábrica dispõe. Foi utilizado o software MatLab para tratar os dados, ajustando assim as variáveis, que foram selecionadas devido ao seu grau de influência no ciclo pois são variáveis que determinam a ordem da confecção do produto, são elas: prazo de entrega, quantidade requerida, processo de produção e a quantidade de turnos que serão necessários para se produzir determinado produto, observando com o emprego dessa ferramenta um melhoramento no gerenciamento de turnos, o que reduziu custos desnecessários, e um bom entendimento no ciclo de produção em relação as características dos pedidos.

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

**LOGICA FUZZY APPLIED IN THE MEASURES OF DECISIONS OF THE  
PLASTIC PACKAGING MANAGEMENT SYSTEM**

**Maycon Bentes dos Santos**

June/2019

Advisor: Manoel Henrique Reis Nascimento

Research Area: Process Engineering

Currently the automation through decision support systems, plays a fundamental role in the productive chain, from small to large companies, the present study proposes a fuzzy inference model, in the support in the decision measures of the production management system of plastic packaging factory. Analyzing the distinctions of forceful form of each step that end up influencing in the process, and aiming to adapt to the requests of the clients. Using as principle for the proposed system the adequacy of shifts using the maximum output that the factory has. MatLab software was used to treat the data, thus adjusting the variables, which were selected due to their degree of influence in the cycle because they are variables that determine the order of the product's manufacturing, they are: delivery period, quantity required, process production and the number of shifts that will be required to produce a given product, observing with the use of this tool an improvement in the management of shifts, which reduced unnecessary costs and a good understanding in the production cycle in relation to the characteristics of the orders.

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 - MOTIVAÇÃO.....	2
1.2 - OBJETIVOS.....	3
<b>1.2.1 - Objetivo geral.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2.2 - Objetivos específicos.....</b>	<b>3</b>
1.3 – CONTRIBUIÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	3
1.4 – ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	4
<b>CAPÍTULO 2 – REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>5</b>
2.1 – RACIOCINIO FUZZY.....	5
2.2 – CONJUNTOS FUZZY.....	7
2.3 – FUNÇÕES DE PERTINÊNCIA.....	8
2.4 – SISTEMAS FUZZY.....	12
2.5 – FUZZIFICAÇÃO.....	12
2.6 – BASE DE REGRAS.....	13
2.7 – MÁQUINA DE INFERÊNCIA.....	13
<b>2.7.1 – Método de Mamdani.....</b>	<b>14</b>
<b>2.7.2 – Método de Larsen.....</b>	<b>14</b>
<b>2.7.3 – Método de Tsukamoto.....</b>	<b>15</b>
<b>2.7.4 – Método de Takagi e Sugeno.....</b>	<b>16</b>
2.8 – DEFUZZIFICAÇÃO.....	16
<b>CAPÍTULO 3 – GERENCIAMENTO E PRODUÇÃO.....</b>	<b>17</b>
3.1 – PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO.....	17
3.2 – ATIVIDADES DE GERENCIAMENTO DA PRODUÇÃO.....	20
3.3 – PLANO MESTRE DA PRODUÇÃO.....	22
3.4 – PLANEJAMENTO, PRPGRAMAÇÃO E CONTROLE DA PRODUÇÃO..	23
<b>CAPÍTULO 4 – MEDODOLOGIA EXPERIMENTAL.....</b>	<b>25</b>
4.1 – SISTEMA DE MODELAGEM.....	25
<b>4.1.1 – Variáveis de Entrada x Saída.....</b>	<b>26</b>
4.2 – BASE DE REGRAS.....	29
<b>CAPÍTULO 5 – ANALISE DE RESULTADOS.....</b>	<b>34</b>
<b>CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES E SUJESTOÕES.....</b>	<b>39</b>

6.1 - CONCLUSÕES.....	39
6.2 - SUGESTÕES.....	40
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>41</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Comparativo entre a Lógica Clássica e a Lógica Fuzzy.....	6
Figura 2.2	Implementação de etapas na lógica fuzzy.....	7
Figura 2.3	Condição da função de pertinência.....	9
Figura 2.4	Função de pertinência triangular.....	10
Figura 2.5	Função de pertinência trapezoidal.....	10
Figura 2.6	Função de pertinência Gaussiana.....	11
Figura 2.7	Estratégia de Mamdani.....	14
Figura 2.8	Estratégia de Larsen.....	14
Figura 2.9	Estratégia de Tsukamoto.....	15
Figura 2.10	Estratégia de Takagi e Sugeno.....	16
Figura 3.1	Representação Esquemática do Planejamento e Controle da Produção.....	17
Figura 3.2	Atividades desenvolvidas no PCP.....	18
Figura 3.3	Dados de entrada para o programa mestre de produção.....	22
Figura 4.1	Turnos necessários.....	27
Figura 4.2	Prazo de entrega.....	28
Figura 4.3	Quantidade requerida.....	29
Figura 4.4	Processo de produção.....	30
Figura 4.5	Quantidade de turno necessários.....	31
Figura 4.6	Regras de inferência de variáveis linguísticas.....	33
Figura 5.1	Visualizador de superfície plana.....	38
Figura 5.2	Visualizador de superfície tridimensional .....	39
Figura 5.3	Visualizador de regras quantidade de turnos.....	39
Figura 5.4	Saída de turnos selecionada.....	40

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Relações e operações entre os conjuntos fuzzy.....	8
Tabela 3.1	Medidas parciais dos objetivos de desempenho da produção.....	20
Tabela 3.2	Decisões no sistema do PPCP.....	25
Tabela 4.1	Variáveis linguísticas de entrada e saída.....	27
Tabela 4.2	Percentuais de inferência das etapas de produção.....	30
Tabela 4.3	Variáveis de entrada.....	32
Tabela 4.4	Análise combinatória.....	32
Tabela 5.1	Ordem de produção.....	36

## NOMENCLATURA

ATO	“ASSEMBLE TO ORDER” MONTAGEM SOB ENCOMENDA
CoA	CENTRO DE ÁREA
CoM	CENTRO DOS MÁXIMOS
ETO	“ENGINEERING TO ORDER” ENGENHARIA SOB ENCOMENDA
MoM	MÉTODO DA MÉDIA DOS MÁXIMOS
MTO	“MAKE TO ORDER” FABRICAÇÃO SOB ENCOMENDA
MTS	“MAKE TO STOCK” FABRICAÇÃO PARA ESTOQUE
PCP	PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO
PMP	PLANO MESTRE DE PRODUÇÃO

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

Dentro de uma empresa não se definir um meio de se gerenciar o sistema de produção, faz com que o desenvolvimento de inúmeras tarefas ocorram de maneira complicada desacelerando o processo, os peritos na área seguem muitas vezes por processar um final contínuo de muitas variantes contrárias, dentre elas, a implementação de tempos determinados, recepção de compradores prioritários, conservação dos acervos reduzidos, supervisão do estacional reiterado de atuantes do ciclo produtivo.

Nessa configuração, determinar uma programação na produção age como uma empreitada estrategista, uma vez que os planejadores precisam avaliar inúmeras variáveis que podem vir a comprometer o processo tanto na parte de suprimento quanto na própria produção.

Com tudo os requisitos dados ao trabalho em uma apurada operação são comumente postos por uma coletividade predeterminada de regras, nas quais a casos de um certo grau de complexidade (SLACK *et al.*, 2018).

Fundamentado nesse sistema base é proposto desenvolver um modelo de inferência fuzzy, como um novo meio de enfoque para agir de forma a sequenciar a produção em uma fábrica de embalagens plásticas. Isto é, adotar uma condição que está atrelada à margem de subsídios de todo acervo deste arranjo, variando o procedimento existente de se produzir e o tornando mais simples de gerir.

A que se refere, o sequenciamento e dado quando as decisões que envolvem determinadas atividades precisam ser tomadas sobre a ordem em que as tarefas deverão ser executadas, independentemente de ser carregamento finito ou infinito (PENOF *et al.*, 2017).

Lógica difusa ou nebulosa ou como inicialmente falada fuzzy, é uma técnica que agrega o campo da inteligência artificial, empregando pensamentos qualitativos para classificação de variáveis e informações aproximadas, inacabadas ou incertas para tomar decisões.

A composição do modelo é obtida por uma base de preceitos linguísticos, demarcação dos perímetros máximos e mínimos dos conjuntos fuzzy, acepção das interfaces de inputs e outputs e o mecanismo criado de inferência.

Ensinaamentos de conjuntos fuzzy vem sendo estudados de maneira extensiva no decorrer de 53 anos, e vem sendo aplicada com grande recorrência para explicar o saber ambíguo e solucionar erros em vários campos em que o modelo adotado é complexo, impreciso e as vezes apresenta onerosidade, a modelagem do meio impreciso de raciocinar, promove a aplicação do conhecimento heurístico de quem opera e viabiliza a criação de novas soluções.

Observasse que é um princípio lógico que busca auxiliar na formalização da aproximação do raciocínio, reproduzindo através de técnicas a capacidade humana de lidar com o entendimento impreciso (ZADEH, 1988).

O raciocínio difuso, ou a chamada aproximação de raciocínio, refere-se a técnica de inferência como um resumido conjunto de regras e fatos conhecidos. Onde essas regras compõem uma caracterização do conhecimento do sistema fuzzy e são empregadas para apresentar a interdependência do modelo na entrada e saída.

As demonstrações ambíguas ocasionam imprecisão nos dados sobre determinada situação.

Nós seres humanos conseguimos raciocinar com estas circunstâncias, utilizando as experiências vividas no dia-a-dia do nosso senso comum e do ponto de vista. Agora resolver problemas com graus de complexidade altos para um sistema computadorizado é muito mais problemático, já que são mais expostos a riscos de falhas (SANTOS, 2003).

## 1.1 - MOTIVAÇÃO

O valor deste trabalho fundamenta-se que a indústria é uma área de desenvolvimento contínuo, e com essa recorrência ocasiona várias mudanças nas quais vários processos de produção estão envolvidos, eles constantemente causam problemas de engenharia novos e muito complexos.

Atualmente, a alta concorrência no mercado vai em todas as direções, e a indústria também é um campo que enfrenta essa realidade, o que torna imprescindível encontrar soluções competitivas e econômicas para os mesmos problemas de complexidade alta.

Esse fato exerce considerável influência sobre a indústria, o que exige uma alta taxa de resposta que satisfaça os problemas associados e que os condicione a baixos custos de produção, com alta rapidez e sem barreiras no momento de adequações necessárias, em outras palavras possibilita mudanças sem perder a eficiência da produção.

Por tanto uma das maneiras de atingir esse objetivo na indústria e no estudo que se segue, é a automação de controle de processos, que nesse trabalho será evidenciado com a adequação de turnos de trabalhos que serão determinados com o apoio da Logica fuzzy, que irá assessorar nas medidas de apoio a tomada de decisões do sistema de gerenciamento de produção, adequando-se aos pedidos dos clientes.

Outra motivação que é atrelada ao que foi falado anteriormente, é reduzir os estoques de matéria prima que era elevado desnecessariamente, o que reduzira também custos inúteis que a fábrica havia sofrendo.

## 1.2 - OBJETIVOS

### 1.2.1 - Objetivo geral

Implementar um modelo de inferência fuzzy, para tomada de decisões na produção de embalagens plásticas.

### 1.2.2 - Objetivos específicos

- Mapear o processo de embalagens plásticas;
- Definir as variáveis linguísticas;
- Descrever o modelo de produção;
- Definir uma nova abordagem no ciclo da produção mediante as características dos pedidos;
- Melhorar o gerenciamento de turnos, visando reduzir custos desnecessários;
- Definir o modelo fuzzy;
- Testar o modelo fuzzy.

## 1.3 - CONTRIBUIÇÕES DA DISSERTAÇÃO

A contribuição é atestada por otimizar a capacidade instalada da empresa, otimizando maquinas, equipamentos, aquisição de matéria-prima e de mão de obra qualificada, todos relacionados aos benefícios concorrentes que o emprego da lógica

fuzzy como suporte nas medidas de decisões propicia aos empreendimentos onde é feita sua utilização.

A busca por progresso contínuo por diminuição de desperdícios e acréscimo de valor agregado, permite manufatura de produtos com um nível superior, com baixo custo e concedidos em conformidade com a exigência de solicitação do cliente, devido a concessão de seus procedimentos.

A importância desse estudo é evidenciada pelos resultados que comprovam que o uso da lógica fuzzy como suporte também traz rendimentos para produção, instituindo presumível sua utilização para qualquer produto que empregue esse tipo de modelo. Outro destaque é o caso de que posteriormente ao acabamento desse estudo, a fábrica abriu a mesma técnica para os processos de outras linhas.

#### 1.4 - ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

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

O capítulo 2 apresenta uma revisão da literatura sobre a lógica fuzzy.

No Capítulo 3 apresenta-se o referencial teórico contendo conceitos, teorias e modelos relacionados com o gerenciamento e produção.

O capítulo 4 apresenta o estudo de caso desenvolvido com base nos dados estudados da fábrica.

O capítulo 5 apresenta a análise e resultado obtido no estudo de caso realizado.

O capítulo 6 apresenta as considerações finais propostas para trabalhos futuros e finalmente são apresentadas as referências.

## CAPÍTULO 2

### REVISÃO DA LITERATURA

#### 2.1 - RACIOCÍNIO FUZZY

Lógica nebulosa é baseada nos conjuntos fuzzy, publicada pela primeira vez em 1965 onde ganhou este nome por Lofti Asker Zadeh (NOGUEIRA E NASCIMENTO, 2017), professor em Berkeley, Universidade da Califórnia, usando o tratamento das informações duvidosas, como dados imprecisos, ambiguidade, incerteza que são atribuições da forma de pensar, implementando dessa forma os conceitos vagos que já havia tido seus primeiros passos com o polonês Jan Lukasiewicz (1878-1956).

Em 1974, o Prof. Ebrahim Mamdani aplicando o raciocínio fuzzy conseguiu controlar uma máquina a vapor com diferentes controladores que utilizavam esse método difuso, o que foi um marco importante para mostrar a viabilidade da aplicação industrial da mesma, com o passar dos anos ela foi sendo difundida mais e mais devido a sua grande aceitação em conjunto com o controle de processos industriais.

Quando se fala em medidas de decisões, um computador que não pode imitar o pensamento humano em suas bases de regras é incapaz de solucionar erros ou determinados problemas com maior grau de complexidade, o que leva a necessidade de um modelo matemático completo e consistente a essa teoria (CHAVEZ *et al.*, 2018).

Dependendo do cenário a ser empregado, a palavra fuzzy no inglês, tem como sentido geral explicar o incerto ou o duvidoso, já trazendo para a área da engenharia é mais conhecida ou facilmente traduzida no português como nebulosa e difusa onde é reconhecida como mais uma ferramenta na resolução dos problemas (DANG, 2014).

Como a lógica fuzzy momentaneamente é aplicada em sistemas de modelagem que exibem um índice de complexidade alto, o pensamento humano é simulado e replicado através das variáveis linguísticas podendo utilizar as técnicas comparativas, qualitativas ou quantitativas dentre outras nas medidas para cada decisão a ser feita. (MUÑOS e MIRANDA, 2016).

A Lógica difusa difere das existentes pois o seu foco é o fenômeno da improbabilidade. A teoria dos conjuntos baseada na lógica binária onde 0 significa falso e 1 significa verdadeiro está entre as mais conhecidas, pois é o sistema que os

computadores e outros equipamentos operam na hora de realizar cálculos durante o processamento de dados.

De modo resumido ou uma coisa é certa ou é errada, a expressão meio termo não existe nesse tipo de sistematização, deixando algumas lacunas em casos que é necessária uma melhor análise, que leve em consideração todas as vertentes de maneira inteligente.

Neste caso a conceituação fuzzy opera de maneira que pode ser percebido como uma circunstância em que não é admissível contestar com facilidade "sim" ou "não".

Onde ainda conhecendo os subsídios necessários sobre a conjuntura, articular alguma coisa dentre "sim" e "não", como "talvez" ou "quase", torna-se substancialmente mais apropriado.

Na Figura 2.1 é ilustrado uma breve comparação entre a lógica clássica e a fuzzy de modo que percebesse que ela vai além do critério preto e branco mostrando o meio termo de tons cinzas.

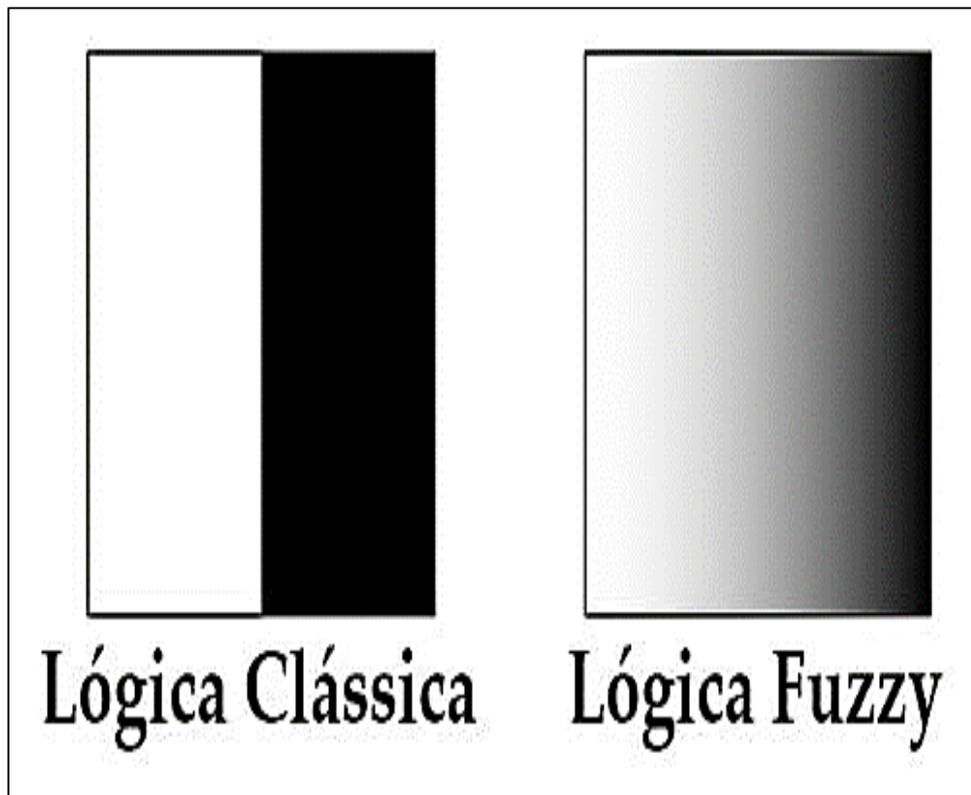


Figura 2.1 - Comparativo entre a Lógica Clássica e a Logica Fuzzy.  
Fonte: KOHAGURA (2007).

Em fuzzy se trabalha com variáveis linguísticas e não numéricas como a anterior, isso significa dizer que as variáveis numéricas têm que ser transformadas através do desenvolvedor ou programa em variáveis linguísticas e fazer os cálculos a partir disso.

Na Figura 2.2 é apresentado a Implementação de etapas na Lógica Fuzzy (JUNGES, 2006).

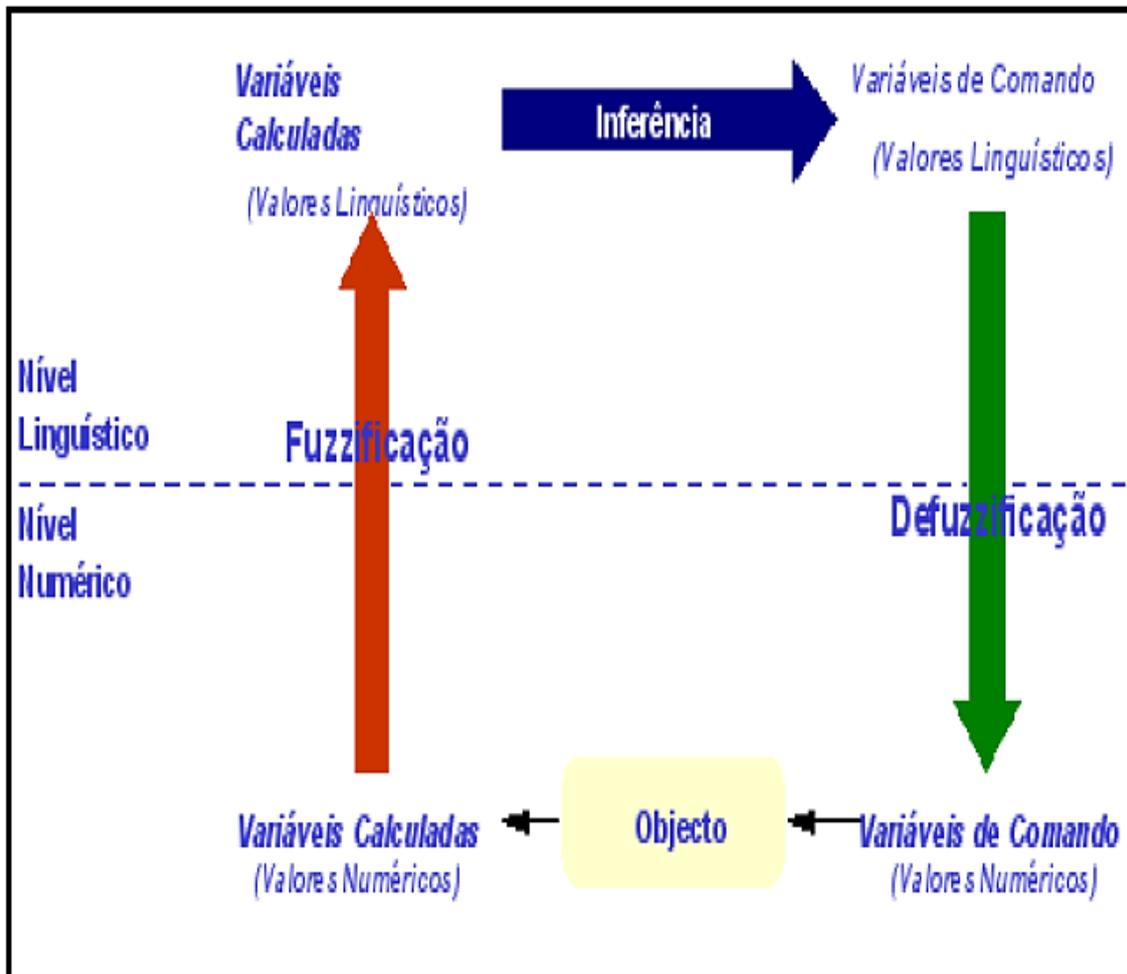


Figura 2.2 - Implementação de etapas na lógica Fuzzy.  
Fonte: JUNGES (2006).

A lógica fuzzy permite aos computadores compreender de maneira ordenada as variáveis difusas do entendimento humano, transformando-as em valores que podem ser lidos mais facilmente pelas máquinas, devido a sua grande habilidade com as expressões verbais (DAMBROSIO, 2017).

## 2.2 – CONJUNTOS FUZZY

Devido a necessidade de novos caminhos para resolver problemas mais elaborados que a lógica tradicional se deparava, os conjuntos difusos ou nebulosos como são chamados é de certa forma um prolongamento da teoria dos conjuntos clássicos.

Por esse motivo, as principais relações e operações entre os conjuntos difusos são determinados na Tabela 2.1 onde A e B representam conjuntos fuzzy sobre um conjunto base X, e A(x) e B(x) caracterizam os graus de pertinência de x nos conjuntos fuzzy A e B dessa ordem.

Tabela 2.1 - Relações e operações entre os conjuntos fuzzy.

Nº	Operação	Representação	Natureza
1	Complemento	$\neg A(x) = 1 - A(x)$	Operação
2	Diferença	$(A \neq B)$ se $A(x) \neq B(x)$ para pelo menos um elemento de $x \in X$	Relação
3	Igualdade	$(A = B)$ se $A(x) = B(x)$ para todo $x \in X$	Relação
4	Inclusão	$(A \subseteq B)$ se $A(x) \leq B(x)$ para todo $x \in X$	Relação
5	Intersecção	$A \cap B = A(x) \cap B(x) = \min [A(x), B(x)]$	Operação
6	União	$A \cup B = A(x) \cup B(x) = \max [A(x), B(x)]$	Operação

Fonte: RODRIGO REGIS. (2010).

### 2.3 – FUNÇÕES DE PERTINÊNCIA

Com base em ZIMMERMAN (2011), cada conjunto fuzzy é apontado por uma função de pertinência, que por sua vez decide o quanto um determinado elemento pertence ao conjunto, comumente são representados por  $\mu(x)$ .

Existem inúmeros tipos de funções de pertinência, conforme sua aplicação ou modo representativo de um determinado contexto.

A Função de pertinência deverá ser normal e convexa para representar um conjunto de números fuzzy.

Assim que a função de pertinência permite classificar um determinado elemento em pertencer inteiramente ao conjunto, é denominada como normal. Já o conjunto fuzzy convexo é ocasionado quando sua função de pertinência não tem mais o aumento e diminuição dos valores subsequentes do universo oferecido (TSOUKALAS, 1997).

A Figura 2.3 apresenta a condição da função de pertinência.

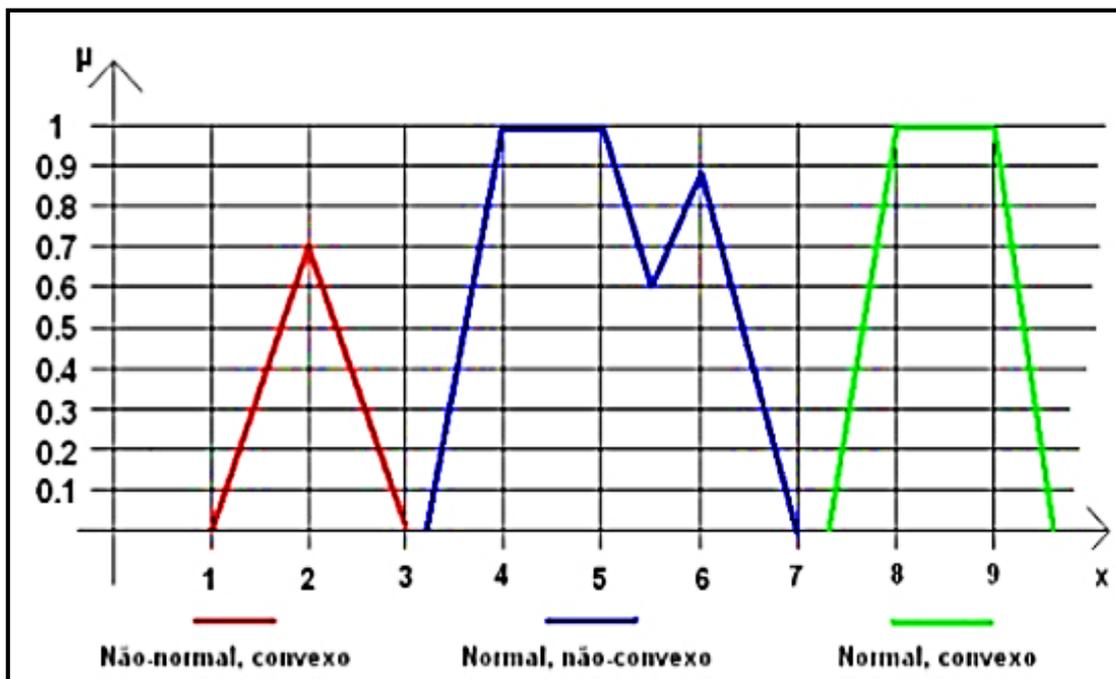


Figura 2.3 - Condição da função de pertinência  
 Fonte: KOHAGURA (2007).

MARTIN (2014), menciona que curvas de possibilidade da teoria clássica da lógica fuzzy são desempenhadas pelas funções de pertinência, que também são responsáveis por definir o alcance dos conjuntos fuzzy utilizados para representar conhecimentos vagos, comumente encontrados no nosso mundo. Onde, a função de pertinência pode ser empregada por qualquer função com domínio U e imagem [0, 1], e que a geração do gráfico por esta função dispõe no eixo das abscissas as grandezas sob avaliação de temperatura, pressão, preço etc, e no eixo das ordenadas o coeficiente de conformidade dentre um valor privado e o conceito característico sob modelagem.

SIMÕES e SHAW (2007), comentam que as funções de pertinência fuzzy simulam as características essenciais de todas as atuações conceituais e técnicas de sistemas fuzzy. Onde, uma função numérica gráfica ou tabulada corresponde a mesma função de pertinência que atribui valores de atribuição fuzzy para as importâncias discretas de uma variável, em seu universo discurso.

As principais funções de pertinência são:

- a) Triangular (Figura 2.4): sejam os parâmetros  $a$ ,  $b$  e  $c$ ;

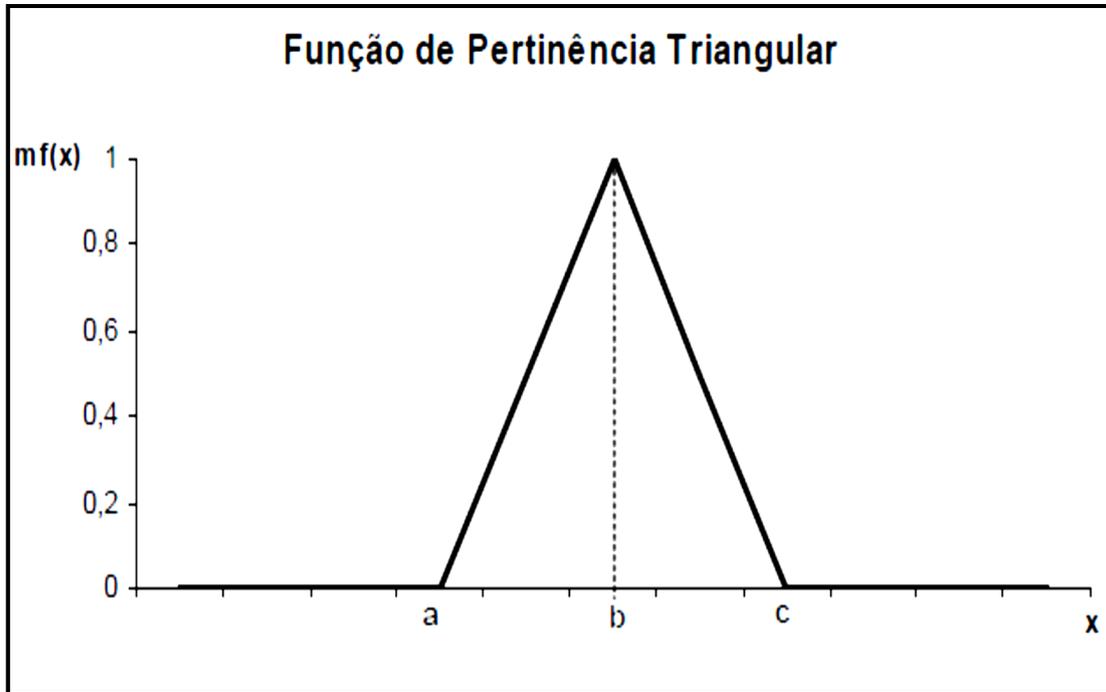


Figura 2.4 - Função de pertinência triangular  
Fonte: QUEIROZ (2011).

- b) Trapezoidal (Figura 2.5): sejam os parâmetros  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , e  $d$ ;

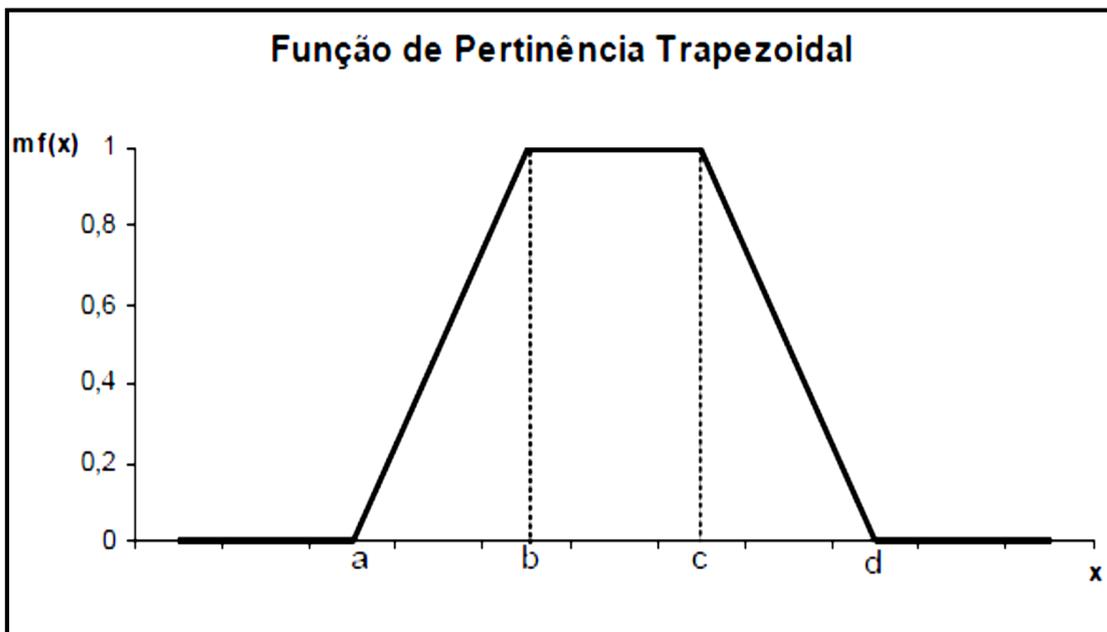


Figura 2.5 - Função de pertinência trapezoidal  
Fonte: QUEIROZ (2011).

c) Gaussiana (Figura 2.6): sejam os parâmetros  $a$  e  $c$ .

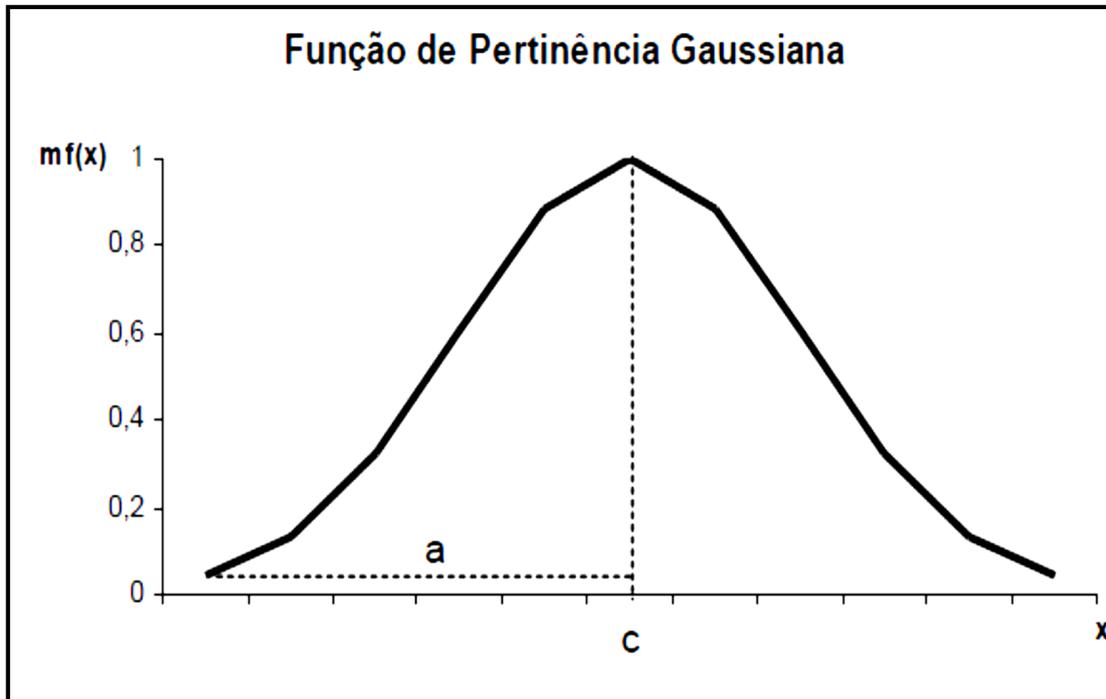


Figura 2.6 - Função de pertinência Gaussiana  
Fonte: QUEIROZ (2011).

## 2.4 - SISTEMAS FUZZY

Conhecidos por ser um sistema especialista difuso, o sistema fuzzy é um mecanismo fundamentado em regras, conhecimentos associativos e um sistema de dedução de relações difusas (HAJI e ASSADI, 2009).

Um processador de entrada que é responsável pela fuzzificação dos dados de entrada, um sistema de regras, uma máquina de inferência e um processador de saída que aprovisiona um vetor de saída, são elementos de sistemas baseados em regras fuzzy (KLIR e YUAN, 1995).

## 2.5 - FUZZIFICAÇÃO

A fuzzificação propriamente dita é baseada na conversão de determinado dado numérico para um conjunto fuzzy que o corresponda.

Normalmente, através de medidas e parâmetros é estudado a situação do processo, essas medidas criam uma base de dados analógica que serão acessíveis para o controle.

Para WEBER e KLEIN (2003), adotando-se que o controlador fuzzy por sua vez é realimentado pela saída analógica do processo controlado, onde a conversão analógica para digital deve ser executada introduzida pela estabilidade dos dados de entrada, mostrando que os dois conjuntamente apresentam características de exatidão e resolução. Devido a normalização ser um fator necessário e ocasionado determinadas técnicas de defuzzificação para amenizar a perda de precisão que ocorre na fuzzificação.

Podendo seguir três estratégias essenciais, devido a possível introdução de erros sistemáticos nos dados de entrada que geralmente esses procedimentos criam.

Na primeira os dados de entrada são transformados em uma função singular fuzzy em um determinado universo de discurso, onde não haverá nenhum processo de fuzzificação (WEBER e KLEIN, 2003).

Segundamente, os dados de entrada são convertidos em um vetor fuzzy, embasado na ciência especialista das características dos instrumentos de medida de conversão analógica digital e normalização. Onde toda imprecisão provocada pela medida e transformação e acrescida no vector fuzzy decorrente.

Em terceiro qualquer que seja os dados de entrada, são aleatoriamente disseminados podendo ser convertidos em um vetor fuzzy com propriedades arbitrárias. Este por vez é dificilmente empregado em hardware.

A conversão de valores reais de entrada em conjuntos fuzzy, de modo que sejam tratados pela máquina de inferência, é o fundamental emprego do fuzzificador (OSORIO *et al.*, 2015).

## 2.6 - BASE DE REGRAS

Para ALMEIDA e EVSUKOFF (2003), a maneira mais utilizada em guardar dados em uma determinada base difusa, é através da representação das regras de produção fuzzy que comumente são compostas por duas partes fundamentais através do SE<situação>ENTÃO<ação>, onde SE determina o processo de ação que dependente do cumprimento parcial do conjunto de condições, e ENTÃO é responsável por acionar uma regra.

A base de regras tem um papel racional na informação que constrói a base de conhecimento do sistema fuzzy. Em geral, pode-se afirmar que, quanto mais precisos os dados, menos difuso será as relações fuzzy (DRIANKOV *et al.*, 2015).

## 2.7 - MÁQUINA DE INFERÊNCIA

Funções matemáticas são escolhidas para definir o relacionamento difuso que gera o modelo de base de regras. Assim, as máquinas de inferência fuzzy são fundamentais para o evento dos sistemas nebulosos, porque resultam em saídas com base nas entradas difusas e nas relações definidas pelas regras básicas.

De modo geral, a máquina de inferência é responsável por executar determinadamente o processamento difuso baseado em seus conceitos padrões, onde é realizado a tradução matemática de cada proposição fuzzy através das técnicas de raciocínio aproximado, ou preferencialmente conhecidas como operações de conjuntos nebulosos (BARROS e BASSANEZI, 2010).

Quando falamos em método de inferência fuzzy, somente dois são basicamente citados na literatura vigente o de Mamdani e de Kang- Takagi-Sugeno. Onde suas diferenças são decorrentes do tipo de variável de resposta e do processo de fuzzificação, mais entre eles existem alguns outros.

### 2.7.1 - Método de Mamdani

Fornece um método de inferência, que é utilizado padronizada mente para aplicar conceitos lógicos difusos ao processamento de conhecimento, por muito tempo. As regras de produção na forma de Mamdani são difusas, tanto em suas situações como em ações (ENGEL, 2017).

Em concepção teórica, MAMDANI e ASSILIAN (1975), propõem uma relação binária difusa  $M$  entre as entradas  $x$  e as saídas  $u$ , que tem a função de pertinência descrita subsequente, onde para cada regra de base fuzzy usamos um operante matemático mínimo para o conectivo lógico “e” e o operador máximo para o conectivo lógico “ou”. As sentenças “se...então...” são simulados por uma aplicação mínima, que em muitas ocasiões e designada implicação de Mamdani, incorretamente.

Segundo SIZILIO (2012), o método de raciocínio de Mamdani é embasado nos operantes MAX- MIN, conforme Figura 2.7 abaixo:

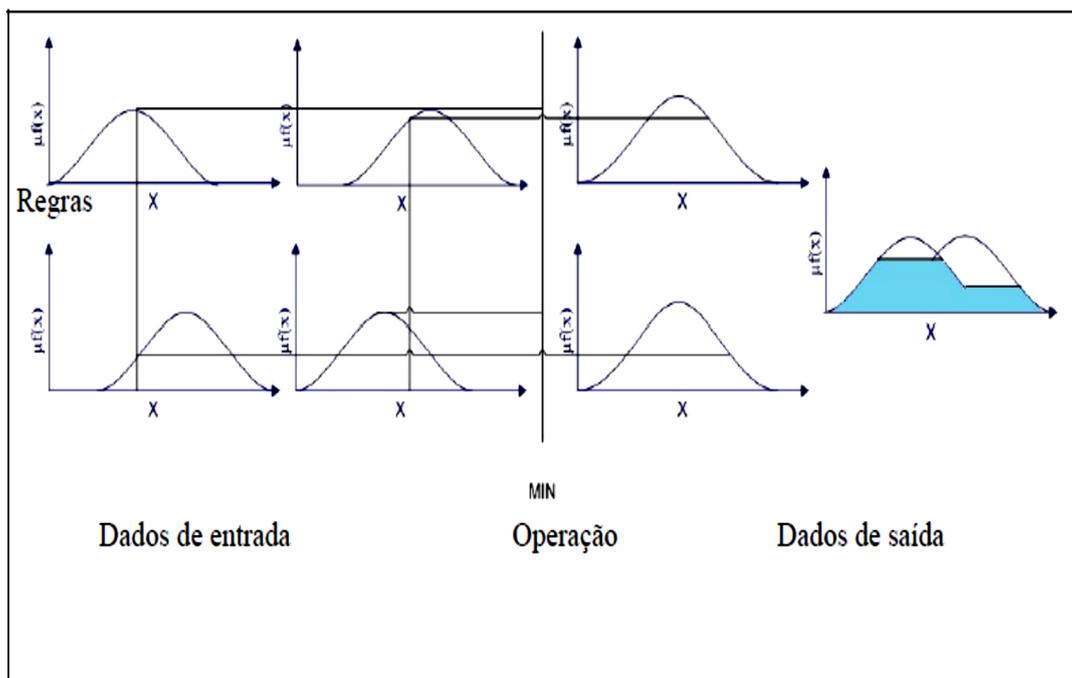


Figura 2.7 - Estratégia de Mamdani.  
 Fonte: WEBER e KLEIN (2003).

### 2.7.2 - Método de Larsen

WEBER e KLEIN (2003), trazem que o método de raciocínio fuzzy de Larsen está embasado em operantes de PRODUTO, conforme mostrado na Figura 2.8 abaixo:

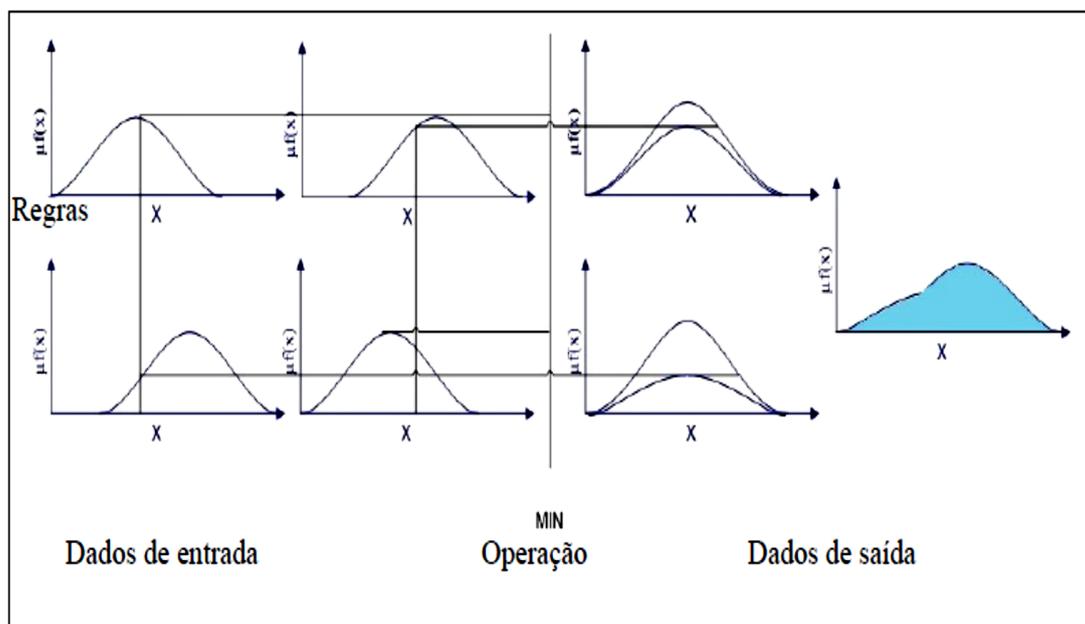


Figura 2.8 - Estratégia de Larsen.  
 Fonte: WEBER E KLEIN (2003).

### 2.7.3 - Método de Tsukamoto

Neste método de raciocínio fuzzy, WEBER e KLEIN (2003), esclarecem que é uma maneira simplificada do método de Mamdani, ainda que todas as funções de pertinência não apresentem variações conforme ilustrada na Figura 2.9 abaixo:

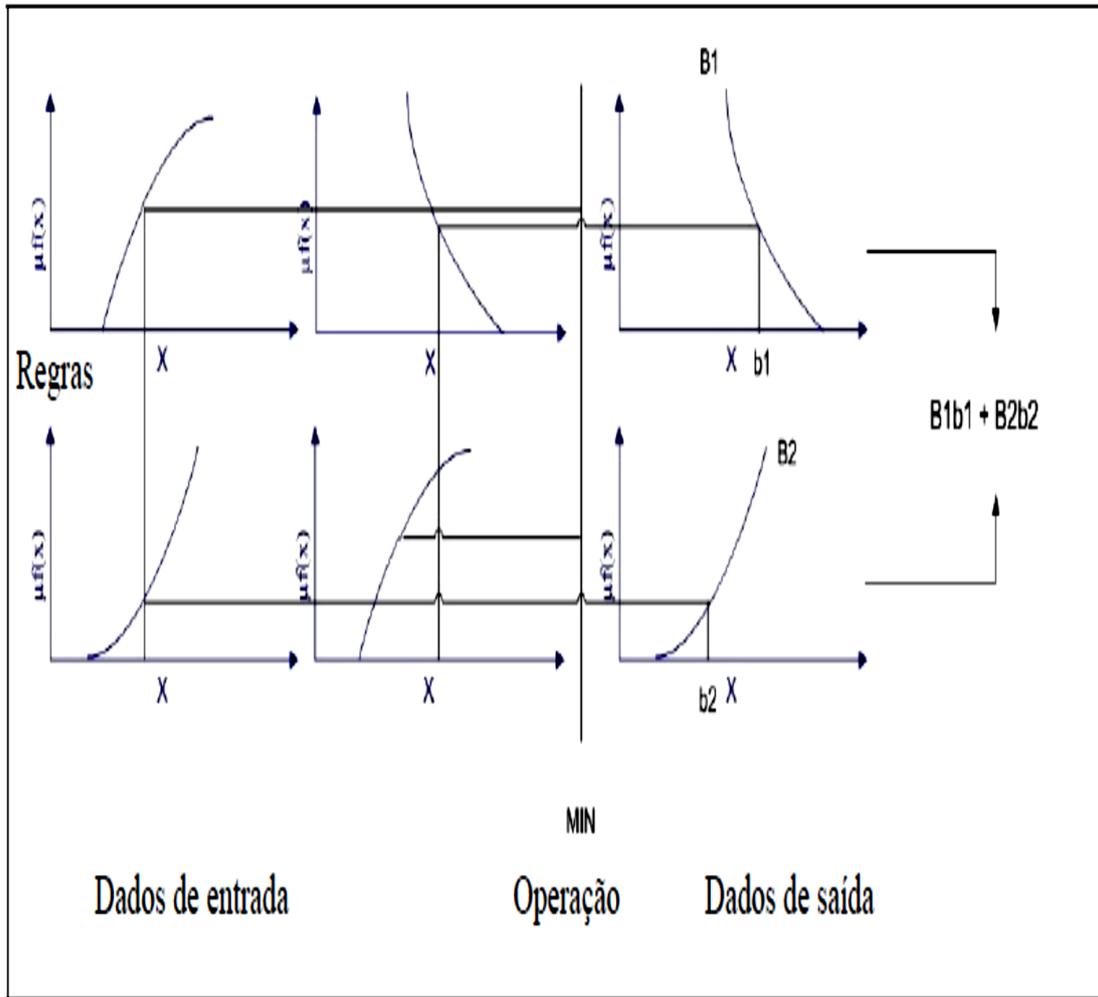


Figura 2.9 - Estratégia de Tsukamoto.  
Fonte: WEBER E KLEIN (2003).

### 2.7.4 - Método de Takagi e Sugeno

Segundo LEITE (2011), na revisão literária, o acontecimento que surge com mais assiduidade, dado que a sua eficácia e utilidade, é aquele em que os consequentes de cada regra são funções lineares. Este caso é conhecido como Takagi–Sugeno (TS).

WEBER e KLEIN (2003), alegam que o método de raciocínio fuzzy de Takagi e Sugeno está fundamentado em uma circunscrição de modelo distinta, onde as variáveis de controle são caracterizadas pelas funções das variáveis de condição do processo, conforme mostrado na Figura 2.10 abaixo:

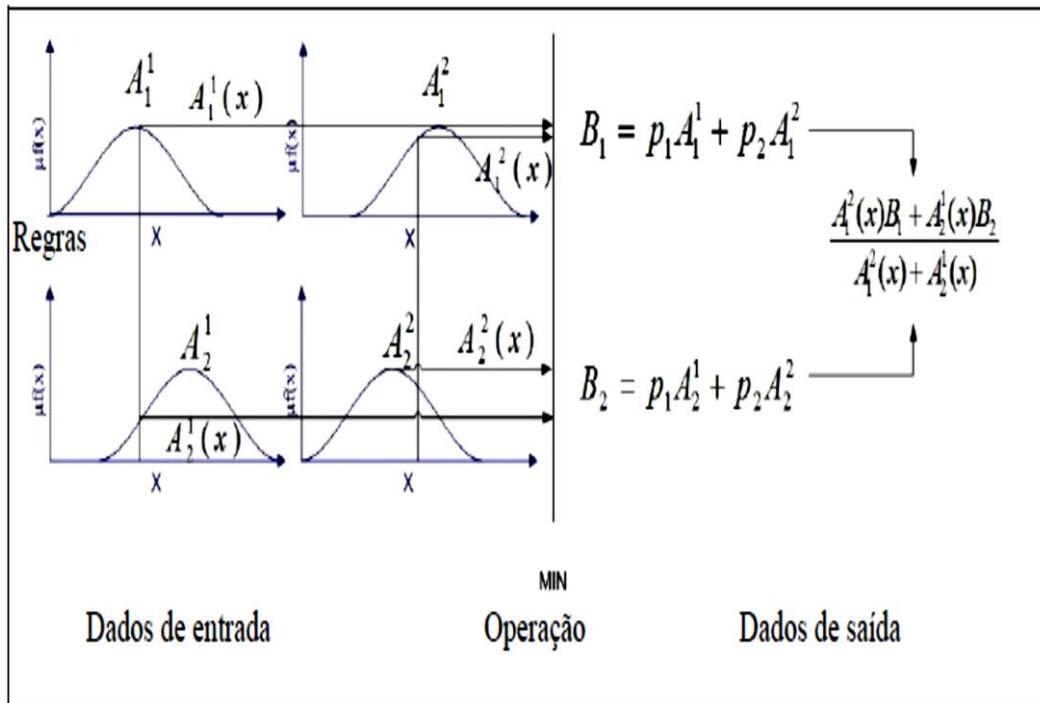


Figura 2.10 - Estratégia de Takagi e Sugeno.  
 Fonte: WEBER E KLEIN (2003).

## 2.8 - DEFUZZIFICAÇÃO

Na defuzzificação a estima das variáveis linguísticas de saída induzida pelas regras difusas são interpretadas como valores discretos objetivando obtenção de um valor numérico discreto único, que melhor simule os valores fuzzy inferidos da variável linguística de saída, de modo resumido, é uma transformação inversa, responsável por traduzir a saída do domínio fuzzy para o domínio discreto. Onde de modo geral tem a função de converter um conjunto nebuloso de saída de um sistema, em um valor clássico adequado. Sendo de grande valor esse processo para decifrar o significado das ações difusas utilizando funções de pertinência e ao mesmo tempo resolver conflitos entre ações de concorrência (DEHGHANI *et al.*, 2016).

As metodologias populares para defuzzificação são do método do centro da gravidade, centro de área (CoA); o método dos centros máximos (CoM) e o método da média dos máximos (MoM).

## CAPÍTULO 3

### GERENCIAMENTO E PRODUÇÃO

#### 3.1 - PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

O Planejamento e Controle da Produção, do inglês Production Planning and Control, comumente chamado pela sigla PCP, incide em um processo aplicado no gerenciamento dos exercícios de produção, sendo um componente essencial na composição administrativa de um sistema de manufatura, como um elemento definitivo da integração da manufatura.

O PCP é um elemento-chave na estratégia da empresa para suprir às necessidades dos consumidores com qualidade e confiabilidade (PAN *et al.*, 2014).

Ao combinar os dados do sistema de gerenciamento de recursos de produção da empresa que funciona com as funções de planejamento, programação e controle, além de definir as quantidades que serão usadas para produzir, juntamente com o esboço da fábrica para utilizar de maneira eficiente o fluxo de processos de entrada, e reconhecendo cada processo de produção e determinação de mão de obra, seja homem ou máquina para o processamento de matérias-primas, um mapa de produção será criado, chamado PMP - Plano Mestre de Produção.

Atualmente, existem agências votadas no PCP, dedicadas à maior atividade operacional na produção diária. A Figura 3.1 esquematiza o PCP.

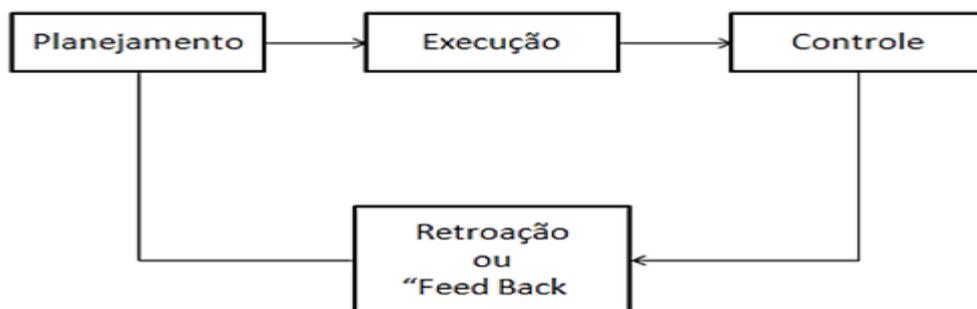


Figura 3.1 - Representação Esquemática do Planejamento e Controle da Produção.  
Fonte: QUITÉRIO (2010).

GAITHER e FRAZIER (2005), usam o termo "gerenciamento de produção e operações" quando relacionado a isso, e suportam o sistema de gerenciamento de

produção da organização, que converte insumos em produtos e serviços corporativos. Nessa visão, os autores especificam que o sistema de produção é um componente do conjunto de entradas, dados e recursos no subsistema de conversão e saídas dos resultantes.

A Figura 3.2 mostra as atividades desenvolvidas pelo PCP mais facilmente encontradas e executadas hierarquicamente.

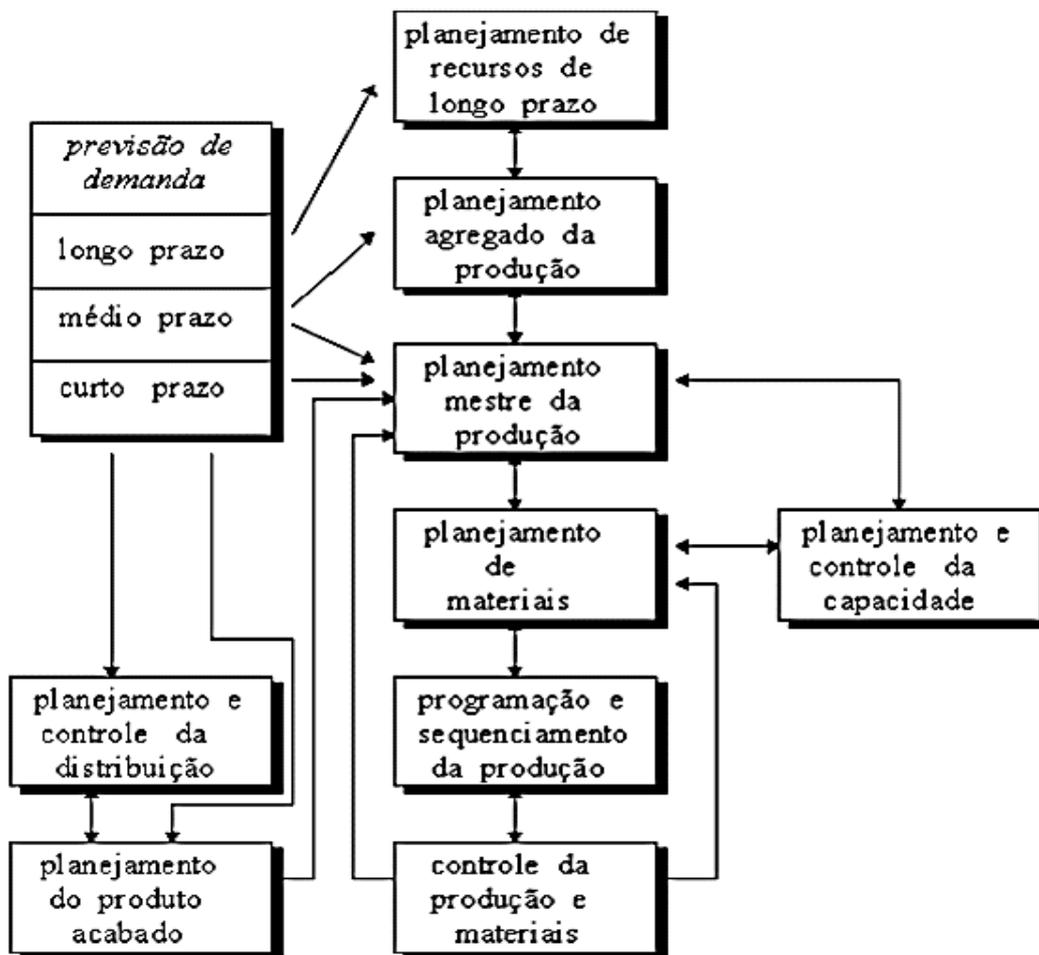


Figura 3.2 - Atividades desenvolvidas no PCP.  
 Fonte: SLACK *et al.* (2002).

Outro destaque do progresso do PCP é o profissionalismo da atividade, desde o nível funcional até outros níveis requeridos de gestão, como os níveis estratégicos, onde sua aplicabilidade decide a quantidade de matérias-primas, maquinário e pessoal no nível de vendas, onde a preparação da produção é importante na previsão da demanda e da oferta, e no nível financeiro, programando as despesas visando a ampliar os negócios.

Segundo OLIVEIRA *et al.* (2015), uma melhor decisão que traga benefícios na qualidade, por mas que ocasione um aumento nos custos ainda se faz admissível.

Aqueles que não planejam, programam e controlam o que produzem, podem ter problemas para atingir os índices de produtividade e as classificações de qualidade exigidas pelo mercado, assim estando condenados a conseqüente extinção.

A fim de que isso não aconteça, o empreendedor precisa procurar administrar sua empresa de forma mais prática, criativa e eficiente. Definindo uma configuração que garanta que a empresa esteja atingindo metas de produtividade e qualidade.

Segundo LINKE *et al.* (2013), "a gestão da produção envolve a maneira pela qual uma organização produz bens e serviços". Segundo esses autores, qualquer operação produz bens e serviços ou uma mistura de ambos, e comete isso por um processo de conversão, entendendo-se por transformação o uso de recursos para mudar o estado ou condição de algo de modo a gerar bens ou serviços a ser consumido.

O atestado de notáveis resultados está vinculado ao eficaz planejamento, programação e o bom domínio da produção.

Dessa forma, será permissível agir corretamente ao se deparar com falhas de produção, ou atuar em metas que rastreiam um melhoramento no produto para ser bem tolerado, reduzindo assim os custos operacionais devido a essa prática.

Objetivando gerenciar os meios planejados, o PCP vem para dar suporte à gerência na tomada de decisão.

Segundo SLACK *et al.* (2018), há um conjunto de objetivos de desempenho que avaliará a contribuição da produção para a construção de uma vantagem baseada em produção e, conseqüentemente, sua eficácia, essas metas de desempenho são:

- Qualidade: fazer certo as coisas, proporcionando melhores produtos e serviços ao consumidor.
- Rapidez: minimizar o tempo de atendimento de pedidos.
- Confiabilidade: fazer as coisas em tempo, mantendo os compromissos de entrega assumidos.
- Flexibilidade: mudar rapidamente as atividades de produção, para enfrentar circunstâncias inesperadas.
- Custo: fazer as coisas o mais barato possível.

Os cinco objetivos de desempenho oferecidos incluem medidas pequenas ou parciais que permitem a verificação, e portanto rastrear a eficiência da produção e buscar possíveis melhorias (SLACK *et al.*, 2018).

Conforme a Tabela 3.1, são mostradas as medidas parciais dos objetivos de desempenho da produção.

Tabela 3.1 - Medidas parciais dos objetivos de desempenho da produção.

<b>Objetivo de desempenho</b>	<b>Medidas parciais típicas</b>
Qualidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nível de defeitos por unidade</li> <li>- Nível de reclamação do consumidor</li> <li>- Nível de refugo</li> <li>- Alegações de garantia</li> <li>- Tempo médio entre falhas</li> <li>- Score de satisfação do consumidor</li> </ul>
Velocidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tempo de cotação do consumidor</li> <li>- Lead time de pedido</li> <li>- Frequência de entregas</li> <li>- Tempo de atravessamento real versus teórico</li> <li>- Tempo de ciclo</li> </ul>
Confiabilidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porcentagem de pedidos atendidos com atraso</li> <li>- Atraso médio de pedidos</li> <li>- Proporção de produtos em estoque</li> <li>- Desvio médio de promessa de chegada</li> <li>- Aderência à programação</li> </ul>
Flexibilidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tempo necessário para desenvolver novos produtos/serviços</li> <li>- Faixa de produtos ou serviços</li> <li>- Tempo de produtos ou serviços</li> <li>- Tempo de set up</li> <li>- Tamanho médio do lote</li> <li>- Tempo para aumentar a taxa de atividade</li> <li>- Capacidade média</li> <li>- Capacidade máxima</li> <li>- Tempo para mudar programações</li> </ul>
Custo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tempo mínimo e médio de entrega</li> <li>- Variação contra orçamento</li> <li>- Utilização de recursos</li> <li>- Produtividade da mão-de-obra</li> <li>- Valor agregado</li> <li>- Eficiência</li> <li>- Custo por hora de operação</li> </ul>

Fonte: SLACK *et al.* (2018).

### 3.2 - ATIVIDADES DE GERENCIAMENTO DA PRODUÇÃO

A gerência da produção é dividida em atividades que desempenham um papel no gerenciamento e coordenação dos sistemas de produção.

Observando uma conformidade em relação a lista de atividades, que são: Projetos de produtos e serviços; Projeto da rede de operações produtivas; Planejamento do layout e fluxo produtivo; Administração da cadeia de suprimentos; Planejamento e controle da qualidade; Planejamento e controle da produção (SLACK *et al.*, 2018; GAITHER e FRAZIER, 2005).

VARGAS (2018), enfatiza que a atividade de Projetos de produtos e serviços, é incumbido pela definição dos predicados traçados de determinado produto ou serviço da organização, período no qual são decididos e estudados os parâmetros pertencentes à qualidade, ao custo, ao formato de obtenção e a consideração dos requisitos do mercado consumidor.

O Projeto da rede de operações produtivas, fica vinculado ao parecer do sistema de produção dentro da rede produtiva que este sistema pertence, compreendendo a rede como um conjugado de empresas que compõem um estipulado setor de negócios, maioritariamente clientes e fornecedores. Permitindo a rede por sua vez na deliberação da locação do sistema de produção, da configuração de comunicação e do grau de uniformidade com os outros participantes (MORABITO *et al.* 2018).

O Planejamento de layout e fluxo produtivo, segundo GAITHER e FRAZIER (2005), envolve esquematizar a localização de todas as máquinas, conveniências, postos de trabalho, áreas de recepção ao comprador, campos de armazenagem de materiais entre outros, de tal modo como projetar o fluxo de materiais e pessoas nas instalações do sistema produtivo.

A administração da cadeia de suprimentos, diz respeito à atividade encarregada por gerenciar o andamento de materiais e dados além dos alcances da organização, cuidando da gestão de compras e fornecimentos de materiais, a gestão da repartição física e a logística implicada (MOREIRA, 2017).

Segundo CAMARGO (2016), o planejamento e controle da qualidade, tem a função de monitorar e adotar as providencias corretivas para que sejam acatadas as especificações relacionadas aos produtos e serviços da organização, assegurando desta

forma a satisfação dos clientes, e logo, a conservação da reputação e competitividade da organização.

Planejamento e Controle da Produção, consiste em atividades que definem um plano funcional para a gestão da produção, com foco no gerenciamento das atividades da operação de produção para atender às necessidades dos consumidores operando de maneira contínua (LINKE *et. al.*, 2013).

Finalmente, deve-se enfatizar que tais atividades precisam ser integradas em um nível apropriado, pois seus resultados e objetivos são interdependentes e trabalham em prol de um trabalho efetivo e produtivo.

### 3.3 - PLANO MESTRE DA PRODUÇÃO (MPS)

O planejamento por meio de agregação necessita ser desassociado para algumas linhas individuais, este procedimento é chamado de planejamento mestre de produção. Do inglês Master Production Schedule, o MPS sigla comumente utilizada, tem por finalidade distribuir os planos produtivos estratégicos de médio prazo conduzindo as atividades operacionais (TUBINO, 2017).

De modo geral é um documento com uma listagem de absolutamente tudo o que será produzido, e quando será produzido cada um desses produtos. Sendo utilizado pela equipe responsável pelo Planejamento e Controle de Produção (PCP), para facilitar o seguimento do processo de produção. A Figura 3.3 exibe as entradas que devem ser consideradas na geração do programa mestre de produção.



Figura 3.3 - Dados de entrada para o programa mestre de produção  
Fonte: SLACK *et al.* (2009, p.428).

O PMP dispõe nitidamente determinado, a quantidade e a ocasião em que os produtos precisarão ser produzidos, orientando toda a operação em adjacências do que é

montado, manufaturado e comprado. Sendo o alicerce do planejamento do emprego da mão-de-obra e equipamentos, definindo a quantidade de materiais e capital que serão usados.

A elaboração do MPS ocorre de maneira árdua, especialmente no momento em que se emprega o próprio centro de trabalho para vários produtos, o processo é dirigido por tentativas (MOREIRA, 2017).

O direcionamento do processo por experimentos torna complicado a sua confecção, cobrando por parte de quem elabora o planejamento mestre de produção, um grau de conhecimento mais apto.

Ainda que seja uma empreitada difícil, é um trabalho necessário, pois a harmonização certa entre a capacidade produtiva e demanda é possível de elevar os lucros da organização.

Trabalhando com o tempo sob duas dimensões onde uma é correspondida pela determinação da unidade de tempo para cada intervalo do plano, a outra é a designação da amplitude ou horizonte que o plano deve compreender em sua análise.

A consignação da variável tempo é necessária para que o MPS desempenhe com seu propósito, acarretando conflito direto na desagregação do planejamento agregado, na gestão de materiais e na programação da produção (TUBINO, 2017).

Manter uma empresa com os processos de trabalhos corretos e controlar as necessidades, é essencial para o bom funcionamento da organização.

Assim sendo o MPS trabalha para aumentar a capacidade de produção, o que permitirá produzir produtos de quantidades maiores com a mesma mão de obra, reduzindo os preços. Ele é de suma importância pois ele é capaz de converter muitos requisitos relacionados a produção, em algo fácil de entender e executar.

### 3.4 - PLANEJAMENTO, PROGRAMAÇÃO E CONTROLE DA PRODUÇÃO (PPCP)

O Planejamento, Programação e Controle da Produção (PPCP) é responsável por gerenciar a formação de decisões da produção, com o objetivo de planejar e controlar os recursos do processo de produtivo na organização.

É uma área de decisão da indústria, inventariada ao planejamento e controle dos recursos do processo produtivo, com a finalidade de gerar bens e serviços. É um sistema de mudança e informação, porque recebe informações sobre estoques existentes,

previsões de vendas, linhas de produtos, métodos de produtivos, capacidades de produção, entre outros cujos dados são convertidos em ordens de produção.

O PPCP é definido e interpretado melhor, quando analisado sob a perspectiva da gestão da indústria, de vendas e de produção. Porque não há acordo completo sobre o que venha a ser o PPCP ou sua função para executar. A especificidade deste fato está em seus objetivos de negócio: produção, tamanho da empresa, produto e estrutura de gestão. De forma sintética as três abordagens RUSSOMANO, (2000):

- Gerência Industrial: espera que o PCP mantenha pressão constante sobre a Produção, Compras e outros departamentos a fim de que sejam cumpridos os planos de produção preestabelecidos, atingindo, assim, o faturamento;
- Gerência Vendas: deseja que o PCP seja seu intérprete dentro da fábrica, procurando atender seus pedidos e aceitar as oscilações do mercado e consequentes mudanças de prioridade;
- Gerência Produção: deseja que o PCP emita, com grande antecedência, ordens de fabricação e montagem estáveis para lotes apreciáveis, viabilizando, assim, uma produtividade alta.

O PPCP é responsável pelo gerenciamento, planejamento e controle dos processos de materiais e produção da empresa, com o objetivo de fornecer produtos específicos fabricados por meios predefinidos para atender a planos de vendas confirmados, para permitir que as atividades sejam desenvolvidas para maximizar a eficiência dos recursos humanos, a indústria e o capital acessível.

Segundo CHIROLI (2014), sendo o PPCP um campo de definição da manufatura com a finalidade de originar bens e serviços, é responsável ainda por obter dados sobre acervos existentes, vendas antecipadas, série de produtos, maneira de produzir, habilidade produtiva, consolidando todos estes conhecimentos em diretrizes de produção e levando até o chão-de-fábrica.

O procedimento decisório da função do planejamento e controle é evidenciado de forma resumida na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Decisões no sistema do PPCP.

AS DECISÕES NO SISTEMA DE PPCP				
DECISÕES	CARACTERIZAÇÃO			
	Longo prazo	Médio prazo	Curto prazo	
Horizonte de planejamento		Quando ?	Quanto ?	
Perguntas	O quê ?	MTO (make to order)	ATO (assemble to order)	Com quê ?
Ambientes de manufatura	MTS (make to stock)	Planejamento e controle dos recursos internos	Planejamento e controle dos recursos	ETO (engineering to order)
Operação do sistema	Gerenciamento e controle da demanda			

Fonte: MARTINS e LAUGENI (2010).

MARTINS e LAUGENI (2010), embasam que os principais ambientes de manufatura podem ser classificados em: Ambiente MTS (make to stock): fabricação para estoque; Ambiente MTO (make to order): fabricação sob encomenda; Ambiente ATO (assemble to order): montagem sob encomenda; Ambiente ETO (engineering to order): engenharia sob encomenda.

A pesquisa atual está em sentido entre o ambiente MTO para produção baseada em pedidos e o ambiente MTS para produção para estoque, se não houver pedido.

## CAPÍTULO 4

### METODOLOGIA EXPERIMENTAL

#### 4.1 - SISTEMA DE MODELAGEM

A possibilitação da criação de regras automáticas para as variáveis de entrada, juntamente com a geração de prováveis combinações por meio das funções de pertinência e as variáveis, viabilizam a utilidade desse modelo.

Para desenvolver o modelo foi usado como ferramenta o Matlab através da Toolbox Fuzzy Logic, (2016a). Importante ressaltar que neste ambiente você não pode criar regras automaticamente, em contrapartida podemos com sua ajuda, legitimar os resultados oferecidos pelo modelo e verificar o desempenho.

Tendo em conta todos os fatores mencionados na revisão bibliográfica, são mapeados dentro da fábrica inúmeros dados, bem como outros com grau de relevância para se definir da melhor forma uma nova abordagem no ciclo de produção adequando aos pedidos dos clientes.

Coletando as informações dos peritos das áreas implícitas nesse processo foram estabelecidos determinados critérios onde cada um faz parte da análise combinatória de indicadores, que vão se desenvolvendo de maneira que se chegue nas providencias a serem tomadas pelos peritos dos determinados fins.

Fundamentado nessa linha de raciocínio, foram definidas quais variáveis farão parte da composição do modelo levando em consideração seu intervalo numérico e valor linguístico, deixando claro que existem outras variáveis que influenciam na produção, mas para o modelo apresentado foram escolhidas somente três devido ao seu grau de importância no processo, as variáveis restantes foram consideradas como atendidas.

Na Tabela 4.1, pode-se observar de onde será originada às funções de pertinência para o modelo que se segue.

Tabela 4.1 - Variáveis linguísticas de entrada e saída.

<i>Variáveis</i>	<i>Intervalo Numérico</i>	Valor Linguístico
<b>ENTRADAS:</b>		
Prazo de Entrega	[0 100]	(curto, médio, longo,)
Quantidade Requerida	[0 100]	(pequena, média, grande)
Processo de Produção	[0 100]	(baixo, médio, alto)
<b>SAÍDA:</b>		
Quantidade de Turnos Necessários	[0 100]	(1 Turno, 2 Turnos, 3 Turnos)

Na Figura 4.1 é implementado um sistema de auxílio de turnos necessários na área de Interface Gráfica do usuário.

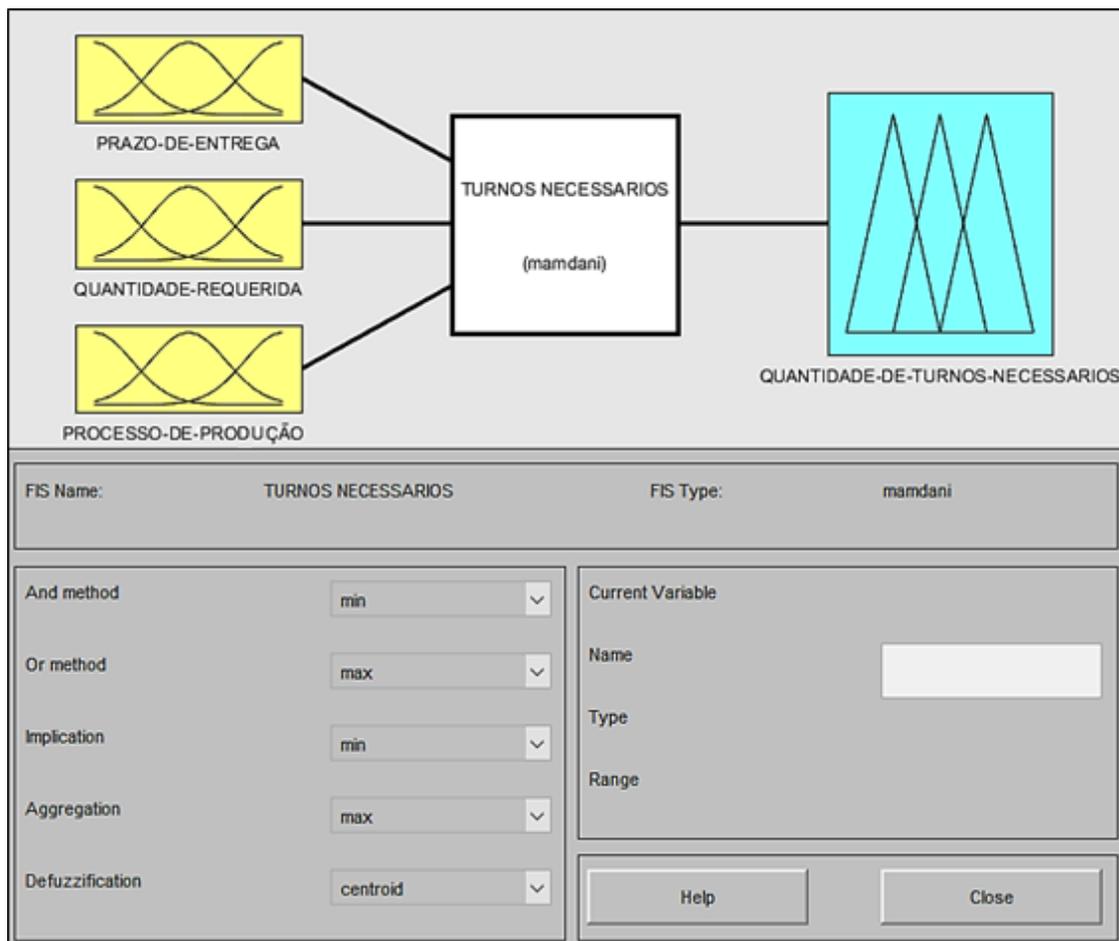


Figura 4.1- Turnos necessários.

#### 4.1.1 - Variáveis de Entrada x Saída

Quanto à descrição das variáveis, elas representam o conhecimento do especialista na inferência fuzzy, sendo denominados como variáveis de entrada e saída do sistema, correspondidos em termos linguísticos que representam modo de imprecisão. Dessa forma, as variáveis do sistema proposto são:

**Prazo de Entrega** – Esta variável linguística respeita o tempo de entrega do produto acabado, acordado entre a empresa e determinado cliente.

Essa estimativa do tempo de entrega é continuamente atualizada pelos profissionais da área do comercial e planejamento de produção, medida considerada condizente, pois se faz necessário na hora da negociação para saber se o que está sendo proposto vai de fato ter condições de ser feito em tempo hábil.

Seus valores linguísticos são:

- **Curto** - Corresponde ao prazo de 1 a 30 dias;
- **Medio** - Corresponde ao prazo de 35 a 65 dias;
- **Longo** - Corresponde ao prazo de 70 a 100 dias.

A fuzzificação dessa variável é trapezoidal nas extremidades e triangular na parte central do gráfico conforme Figura 4.2.

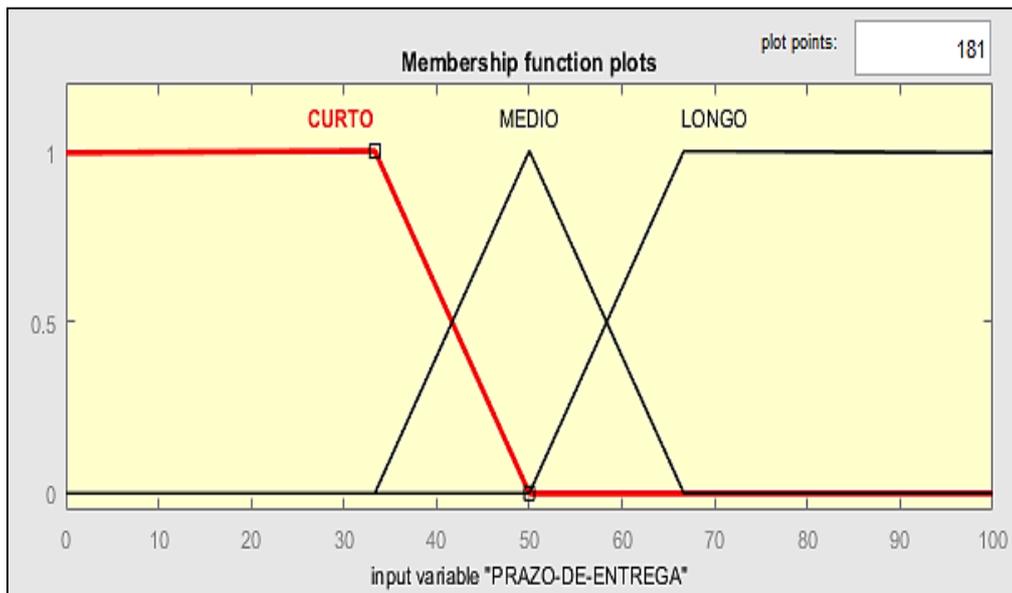


Figura 4.2 - Prazo de entrega

**Quantidade Requerida** - De maneira breve, nada mais é que a quantidade que o cliente solicitou de demasiado produto, essa variável é responsável por direcionar o

processo, afim de que seja determinado o que será necessário de insumos a fábrica ter, para poder atender ao pedido dos clientes.

Seus valores linguísticos são:

- **Pequena** - Corresponde a quantidade de 1 a 300 unidades;
- **Media** - Corresponde a quantidade de 350 a 650 unidades;
- **Grande** - Corresponde a quantidade de 700 a 1000 unidades.

A relevância dessa variável também é considerada alta no auxílio dos turnos, com a fuzificação também segundo os parâmetros da primeira variável descrita conforme Figura 4.3.

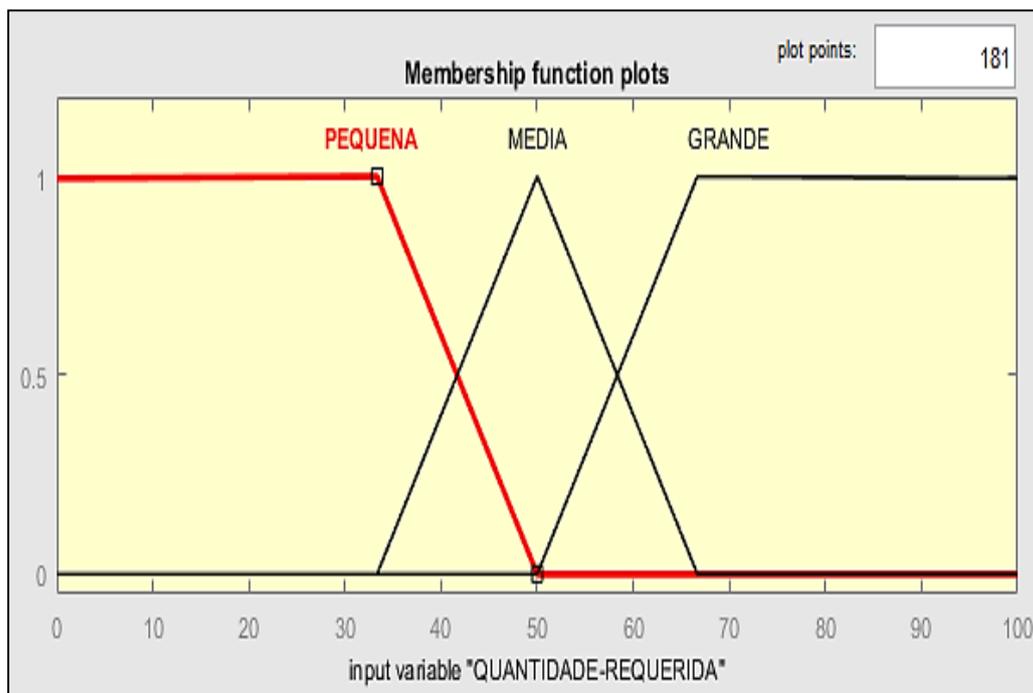


Figura 4.3 – Quantidade requerida

**Processo de Produção** - é uma variável linguística que no modelo desenvolvido, é correspondente ao período para execução de determinado produto, ou seja, é o tempo que demora para se fabricar uma determinada peça.

Esse tempo de processamento do produto, será sempre mapeado em conjunto com os conhecedores dos processos e os dados que serão obtidos para definir este parâmetro devem seguir como base o modelo da Tabela 4.2, que define as etapas do processo de produção com o seu determinado percentual de inferência no processo, que em outras palavras origina a margem que cada etapa agrega de mão de obra no serviço que se segue.

Tabela 4.2 - Percentuais de inferência das etapas de produção

Etapas do Processo	% Percentual de inferência
Adição de Matéria Prima	20%
Extrusão	20%
Tratamento	10%
Enrolamento 01	15%
Corte e Solda	10%
Enrolamento 02	15%
Impressão	10%
Total Ciclo	<b>100%</b>

Seus valores linguísticos são:

- **Baixo** - Corresponde ao tempo de 1 a 720 horas;
- **Médio** - Corresponde ao tempo de 840 a 1560 horas;
- **Alto** - Corresponde ao tempo de 1680 a 2400 horas.

Na Figura 4.4, é mostrada a função de pertinência trapezoidal, representando o processo de produção.

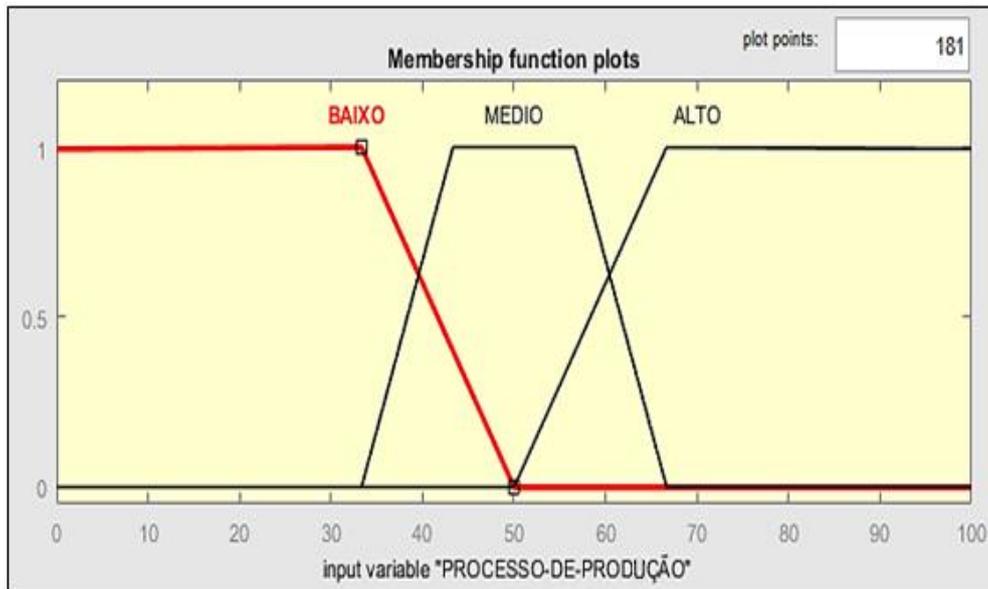


Figura 4.4 - Processo de produção

d) **Quantidade de Turnos Necessários** - Essa variável linguística de saída do modelo proposto, se responsabilizara por definir a quantidade de mão de obra, ou seja, baseado nesta saída será gerado um sequenciamento na fabricação que ocasionara com a

implantação de até um ou mais turnos sempre utilizando a produção máxima. Neste novo cenário teremos um novo conceito de sequenciamento.

O objetivo desta saída é que seja estabelecida de maneira dinâmica, um modelo que possa avisar as prioridades ordenadas de novos turnos que serão necessários para não comprometer o prazo de entrega.

A Figura 4.5, representa a função de pertinência trapezoidal, representando a quantidade de turnos que serão necessários.

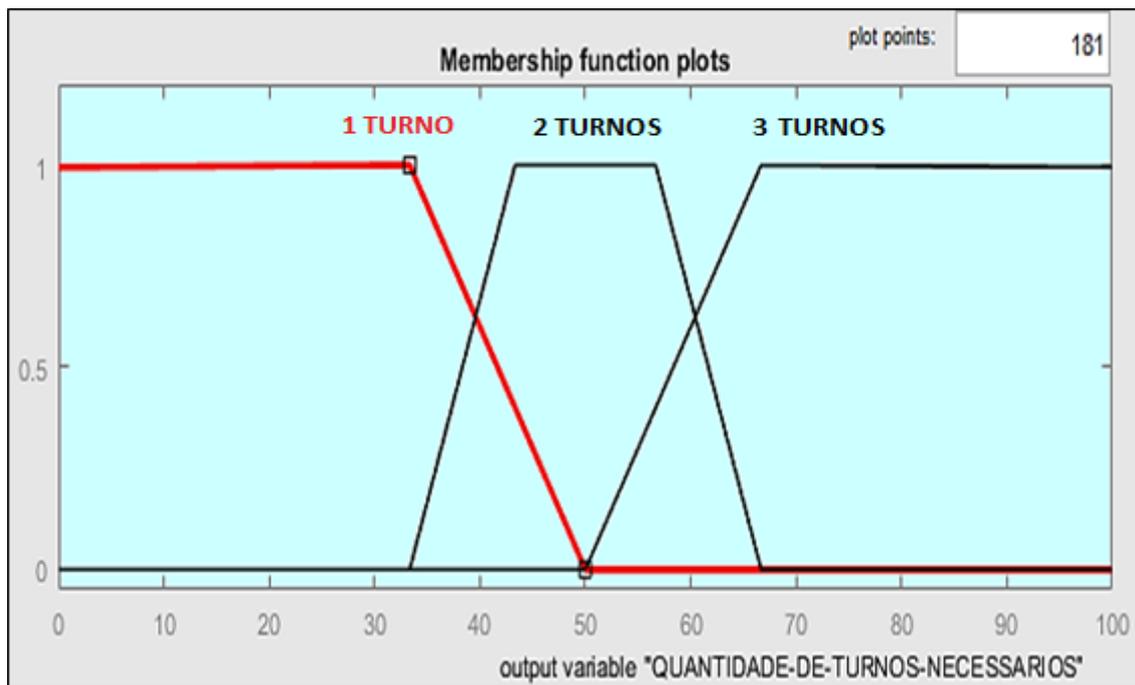


Figura 4.5 - Quantidade de turno necessários

## 4.2 - BASE DE REGRAS

Para se construir a base de conhecimento do modelo e suas regras de inferência, muitas análises foram necessárias com os peritos da organização. Desse modo, se pode adicionar informações ao sistema para que ele possa responder a todas as situações possíveis.

Foi adotado no sistema a máquina de inferência utilizando o método de Mamdani e a operação lógica "and" (intersecção).

Na etapa do defuzzificador, foi empregado o método centro de área ou centroide, que é o mais usado, e é baseado no cálculo do centro de gravidade de função de associação, responsável por calcular a área da curva da variável linguística de saída,

determinada pela máquina de inferência, e encontrar o indicador condizente que reparte esta área ao meio.

Depois é definido as 3 variáveis de entrada do modelo sugerido conforme Tabela 4.3, onde a primeira variável de entrada **Prazo de Entrega** tem 3 pertinências, a segunda variável **Quantidade Requerida** contém também 3 pertinências, e a terceira variável **Processo de Produção**, possui 3 pertinências, gerando conseqüentemente a formulação matemática  $3^3 = 27$ , conforme Tabela 4.4.

Tabela 4.3 – Variáveis de entrada.

Variáveis Linguísticas	Universo de discurso	Conjuntos fuzzy
<b>Entradas:</b>		
Prazo de Entrega	[0 100]	(curto, médio, longo,)
Quantidade Requerida	[0 100]	(pequena, média, grande)
Processo de Produção	[0 100]	(baixo, médio, alto)

Tabela 4.4 – Análise Combinatória.

<b>Prazo de Entrega</b>	curto	curto	curto	médio	médio	médio	longo	longo	longo
<b>Quantidade requerida</b>	pequena								
<b>Processo de Produção</b>	baixo	médio	alto	baixo	médio	alto	baixo	médio	alto
<b>Turnos necessários</b>	<b>1º</b>	<b>1º</b>	<b>2º</b>	<b>1º</b>	<b>1º</b>	<b>2º</b>	<b>1º</b>	<b>1º</b>	<b>1º</b>
<b>9 combinações</b>									
<b>Prazo de Entrega</b>	curto	curto	curto	médio	médio	médio	longo	longo	longo
<b>Quantidade requerida</b>	media								
<b>Processo de Produção</b>	baixo	médio	alto	baixo	médio	alto	baixo	médio	alto
<b>Turnos necessários</b>	<b>1º</b>	<b>2º</b>	<b>3º</b>	<b>1º</b>	<b>2º</b>	<b>3º</b>	<b>1º</b>	<b>1º</b>	<b>2º</b>
<b>9 combinações</b>									
<b>Prazo de Entrega</b>	curto	curto	curto	medio	medio	medio	longo	longo	longo
<b>Quantidade requerida</b>	grande								
<b>Processo de Produção</b>	baixo	medio	alto	baixo	medio	alto	baixo	medio	alto
<b>Turnos necessários</b>	<b>2º</b>	<b>3º</b>	<b>3º</b>	<b>2º</b>	<b>3º</b>	<b>3º</b>	<b>1º</b>	<b>1º</b>	<b>2º</b>
<b>9 combinações</b>									
<b><math>3^3 = 27</math></b>									

A demonstração da principal Base de Regras de Inferência das variáveis linguísticas resultou em 27 combinações conforme abordadas anteriormente, onde parte dela pode ser observada na Figura 4.6.

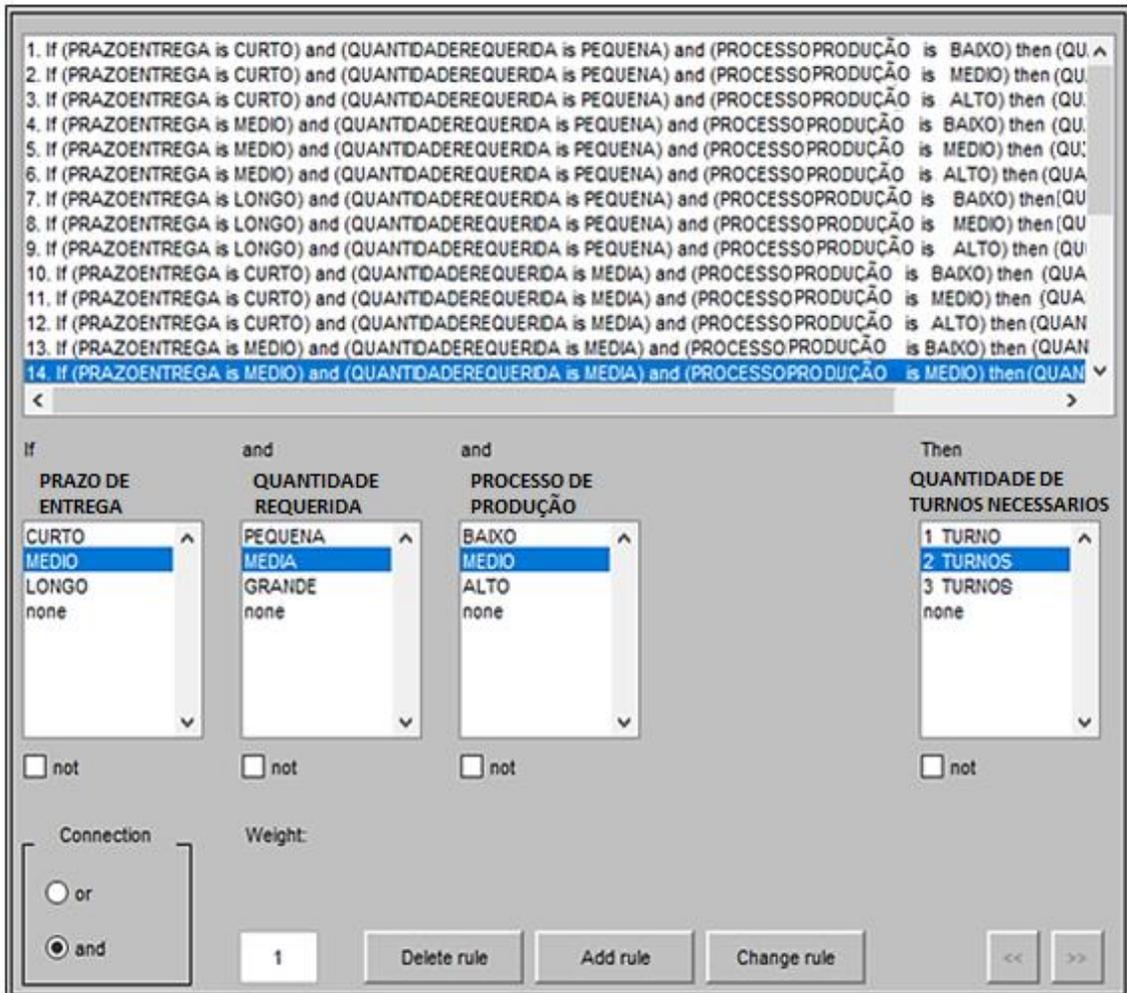


Figura 4.6 – Regras de inferência de variáveis linguísticas.

Logo abaixo estão descritas as regras de bases empregadas pelo autor:

1. Se (prazo de entrega ser curto) e (quantidade requerida ser pequena) e (processo de produção ser baixo) então (quantidade de turnos será 1turno) peso (1)
2. Se (prazo de entrega ser curto) e (quantidade requerida ser pequena) e (processo de produção ser médio) então (quantidade de turnos será 1turno) peso (1)
3. Se (prazo de entrega ser curto) e (quantidade requerida ser pequena) e (processo de produção ser alto) então (quantidade de turnos será 2turnos) peso (1)

4. Se (prazo de entrega ser medio) e (quantidade requerida ser pequena) e (processo de produção ser baixo) então (quantidade de turnos será 1turno) peso (1)
5. Se (prazo de entrega ser medio) e (quantidade requerida ser pequena) e (processo de produção ser medio) então (quantidade de turnos será 1turno) peso (1)
6. Se (prazo de entrega ser medio) e (quantidaderequerida ser pequena) e (processo de produção ser alto) então (quantidade de turnos será 2turnos) peso (1)
7. Se (prazo de entrega ser longo) e (quantidade requerida ser pequena) e (processo de produção ser baixo) então (quantidade de turnos será 1turno) peso (1)
8. Se (prazo de entrega ser longo) e (quantidade requerida ser pequena) e (processo de produção ser medio) então (quantidade de turnos será 1turno) peso (1)
9. Se (prazo de entrega ser longo) e (quantidade requerida ser pequena) e (processo de produção ser alto) então (quantidade de turnos será 1turno) peso (1)
10. Se (prazo de entrega ser curto) e (quantidade requerida ser media) e (processo de produção ser baixo) então (quantidade de turnos será 1turno) peso (1)
11. Se (prazo de entrega ser curto) e (quantidade requerida ser media) e (processo de produção ser medio) então (quantidade de turnos será 2turnos) peso (1)
12. Se (prazo de entrega ser curto) e (quantidade requerida ser media) e (processo de produção ser alto) então (quantidade de turnos será 3turnos) peso (1)
13. Se (prazo de entrega ser medio) e (quantidade requerida ser media) e (processo de produção ser baixo) então (quantidade de turnos será 1turno) peso (1)
14. Se (prazo de entrega ser medio) e (quantidade requerida ser media) e (processo de produção ser medio) então (quantidade de turnos será 2turnos) peso (1)
15. Se (prazo de entrega ser medio) e (quantidade requerida ser media) e (processo de produção ser alto) então (quantidade de turnos será 3turnos) peso (1)
16. Se (prazo de entrega ser longo) e (quantidade requerida ser media) e (processo de produção ser baixo) então (quantidade de turnos será 1turno) peso (1)
17. Se (prazo de entrega ser longo) e (quantidade requerida ser media) e (processo de produção ser medio) então (quantidade de turnos será 1turno) peso (1)
18. Se (prazo de entrega ser longo) e (quantidade requerida ser media) e (processo de produção ser alto) então (quantidade de turnos será 2turnos) peso (1)
19. Se (prazo de entrega ser curto) e (quantidade requerida ser grande) e (processo de produção ser baixo) então (quantidade de turnos será 2turnos) peso (1)

20. Se (prazo de entrega ser curto) e (quantidade requerida ser grande) e (processo de produção ser medio) então (quantidade de turnos será 3turnos) peso (1)

21. Se (prazo de entrega ser curto) e (quantidade requerida ser grande) e (processo de produção ser alto) então (quantidade de turnos será 3turnos) peso (1)

22. Se (prazo de entrega ser medio) e (quantidade requerida ser grande) e (processo de produção ser baixo) então (quantidade de turnos será 2turnos) peso (1)

23. Se (prazo de entrega ser medio) e (quantidade requerida ser grande) e (processo de produção ser medio) então (quantidade de turnos será 3turnos) peso (1)

24. Se (prazo de entrega ser medio) e (quantidade requerida ser grande) e (processo de produção ser alto) então (quantidade de turnos será 3turnos) peso (1)

25. Se (prazo de entrega ser longo) e (quantidade requerida ser grande) e (processo de produção ser baixo) então (quantidade de turnos será 1turno) peso (1)

26. Se (prazo de entrega ser longo) e (quantidade requerida ser grande) e (processo de produção ser medio) então (quantidade de turnos será 1turno) peso (1)

27. Se (prazo de entrega ser longo) e (quantidade requerida ser grande) e (processo de produção ser alto) então (quantidade de turnos será 2turnos) peso (1)

## CAPÍTULO 5

### ANÁLISE DE RESULTADOS

O visualizador de regras consente que seja interpretado todos os processos de inferência difusa simultaneamente, além disso mostra como a aderência a algumas funções afeta o resultado geral, mostrando como cada regra e seus resultados funcionam.

Os parâmetros de entrada são derivados de uma análise comum dos pesquisadores e especialistas da organização para testar o modelo de decisão. Os valores são avaliados com base nas ações esperadas no ambiente de produção, incluindo dados anteriores dos processos.

Conhecido o prazo de entrega a quantidade requerida e o processo de produção, determinaremos a quantidade de mão de obra a ser aplicada no processo.

- Variáveis independentes: prazo de entrega e quantidade requerida e processo de produção.
- Variável dependente: Quantidade de turnos necessários.

No modelo fornecido foi criado 27 ordens de produção para computar a tomada de decisão e auxiliar no sequenciamento das atividades. Após a fuzzificação dos dados, o resultado final é apresentado na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 - Ordem de produção.

Ordem de produção	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	7 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>	9 <sup>a</sup>
	Ordem								
Prazo de Entrega	1	1	1	2	2	2	3	3	3
Quantidade requerida	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Processo de produção	1	2	3	1	2	3	1	2	3
<b>Decisão de turnos necessários</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
Ordem de produção	10 <sup>a</sup>	11 <sup>a</sup>	12 <sup>a</sup>	13 <sup>a</sup>	14 <sup>a</sup>	15 <sup>a</sup>	16 <sup>a</sup>	17 <sup>a</sup>	18 <sup>a</sup>
	Ordem								
Prazo de Entrega	1	1	1	2	2	2	3	3	3
Quantidade requerida	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Processo de produção	1	2	3	1	2	3	1	2	3
<b>Decisão de turnos necessários</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Ordem de produção	19 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	21 <sup>a</sup>	22 <sup>a</sup>	23 <sup>a</sup>	24 <sup>a</sup>	25 <sup>a</sup>	26 <sup>a</sup>	27 <sup>a</sup>
	Ordem								
Prazo de Entrega	1	1	1	2	2	2	3	3	3
Quantidade requerida	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Processo de produção	1	2	3	1	2	3	1	2	3
<b>Decisão de turnos necessários</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>

Abaixo é apresentado os parâmetros do modelo:

```
[System]
Name='TURNOS_NECESSARIOS01'
Type='mamdani'
Version=2.0
NumInputs=3
NumOutputs=1
NumRules=27
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='centroid'

[Input1]
Name='PRAZO-DE-ENTREGA'
Range=[0 100]
NumMFs=3
MF1='CURTO': 'trapmf', [-6667 33.33 33.33 50]
MF2='MEDIO': 'trimf', [33.33 50 66.67]
MF3='LONGO': 'trapmf', [50 66.67 66.67 6667]

[Input2]
Name='QUANTIDADE-REQUERIDA'
Range=[0 100]
NumMFs=3
MF1='PEQUENA': 'trapmf', [-6667 33.33 33.33 50]
MF2='MEDIA': 'trimf', [33.33 50 66.67]
MF3='GRANDE': 'trapmf', [50 66.67 66.67 6667]

[Input3]
Name='PROCESSO-DE-PRODUÇÃO'
Range=[0 100]
NumMFs=3
MF1='BAIXO': 'trapmf', [-6667 33.33 33.33 50]
MF2='MEDIO': 'trapmf', [33.33 43.33 56.67 66.67]
MF3='ALTO': 'trapmf', [50 66.67 66.67 6667]

[Output1]
Name='QUANTIDADE-DE-TURNOS-NECESSARIOS'
Range=[0 100]
NumMFs=3
MF1='1Â TURNO': 'trapmf', [-6667 33.33 33.33 50]
MF2='2Â TURNOS': 'trapmf', [33.33 43.33 56.67 66.67]
MF3='3Â TURNOS': 'trapmf', [50 66.67 66.67 6667]

[Rules]
1 1 1, 1 (1) : 1
1 1 2, 1 (1) : 1
```

```

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

```

A Figura 5.1 apresenta graficamente o visualizador de superfície dos resultados do modelo usando o Matlab.

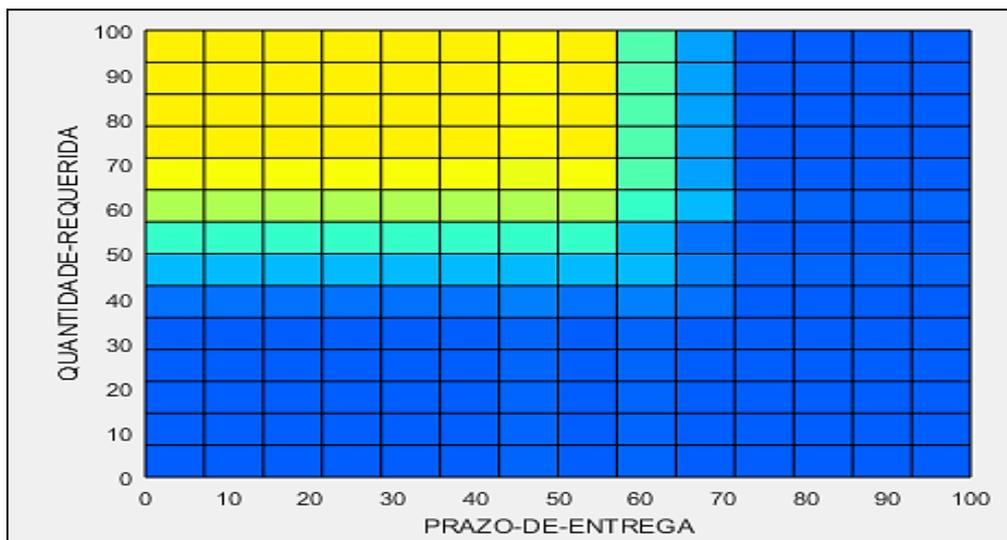


Figura 5.1 - Visualizador de superfície plana.

Na Figura 5.2 é possível ver graficamente mudando as angulações o visualizador de superfície dos resultados com aspecto tridimensional.

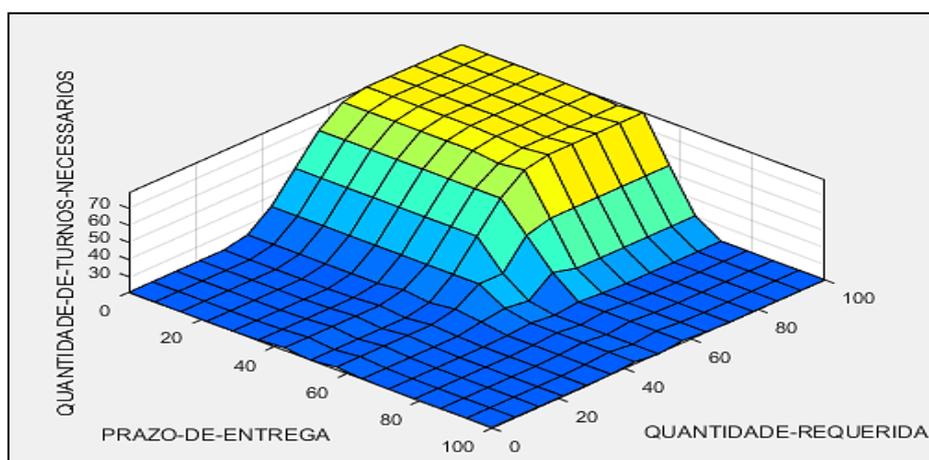


Figura 5.2 - Visualizador de superfície tridimensional.

Os dados dispostos no visualizador de regras facilitam a interpretação do processo de inferência fuzzy, onde também é possível demonstrar funções que refletem no resultado global do sistema. Ao se variar os valores de entrada é possível avaliar as saídas do sistema proposto, obtendo um valor que permite uma correta análise da eficiência do método adotado para auxiliar nas decisões. Na Figura 5.3 é mostrado os resultados que se referem a ordem de produção, onde é visualizado o modelo de decisão usando o Matlab, que representa a saída.

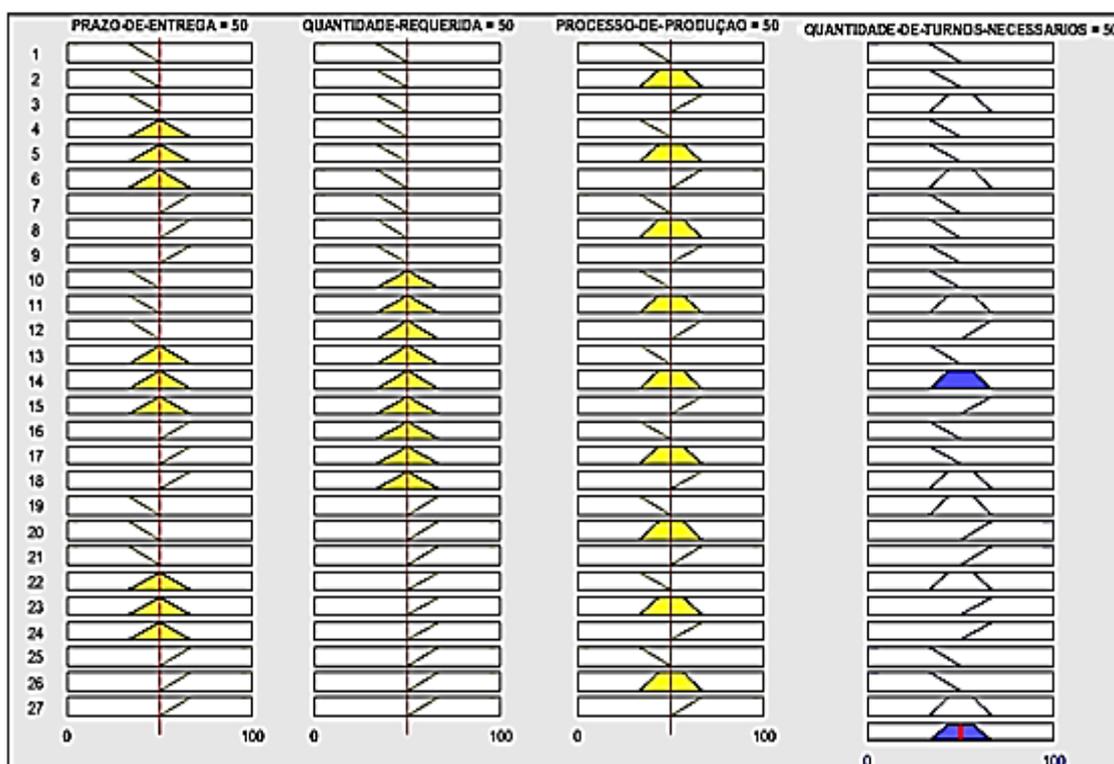


Figura 5.3 - Visualizador de regras quantidade de turnos.

Ao se adotar valores hipotéticos aos valores de entrada, considerando-os em percentuais, em que o valor adotado para a variável de entrada prazo de entrega represente 50%, para quantidade requerida 50% e para processo de produção 50%, resultando em uma previsão de turnos correspondente a 50%, ou seja, será necessário dois turnos de trabalhos utilizando todas as linhas, considerando sua produção máxima para realizar a tarefa subsequente, de modo que o terceiro turno continuará trabalhando adiantando a produção de outros pedidos.

Na Figura 5.4 podemos observar a saída selecionada.

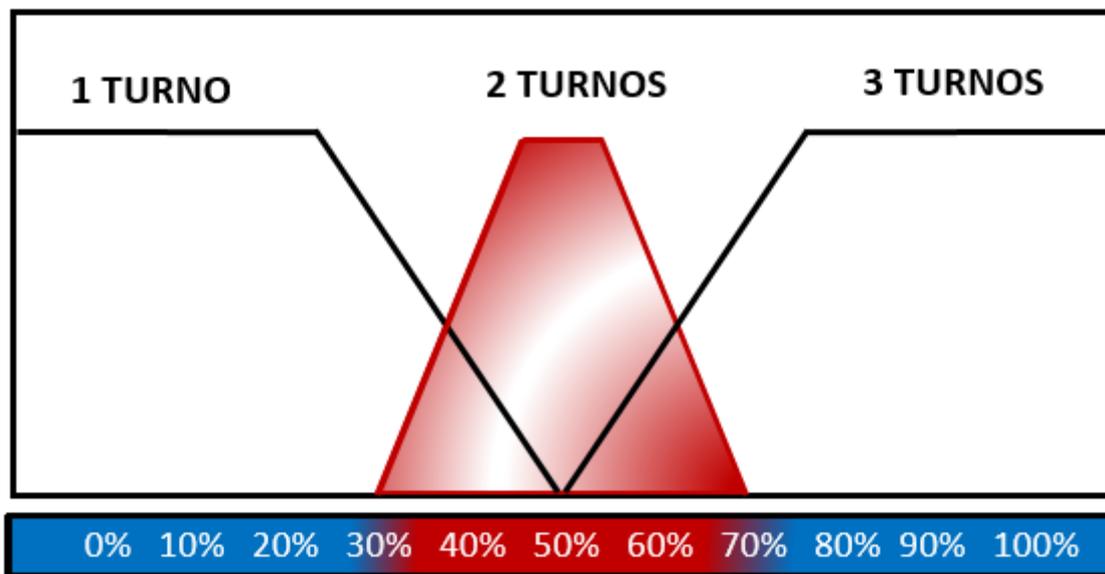


Figura 5.4 - Saída de turnos selecionada.

## CAPÍTULO 6

### CONCLUSÕES E SUGESTÕES

#### 6.1 - CONCLUSÕES

Pela observação dos aspectos analisados concluiu-se que ao se mapear o processo de embalagens plásticas foi possível descrever o modelo de produção e definir as variáveis linguísticas de maneira mais fácil, o que ocasionou uma melhor condução no desenvolvimento do modelo de apoio proposto pois engloba os processos como um todo, o que ajudou a segmentar as operações realizadas na produção das embalagens plásticas. Em vista dos argumentos citados definir uma nova abordagem no ciclo da produção mediante as características dos pedidos ajudou os peritos a familiarização e integração do sistema. Concluímos que a utilização da lógica fuzzy como apoio na tomada de decisões sem dúvida está sendo um diferencial dentro da produção de embalagens plásticas, uma vez que arranjou com que seja plausível indicar um procedimento específico dentro da empresa, como ocorrido no sequenciamento das atividades. O retorno que se obteve pelo sistema procedeu de maneira aceitável, demonstrando, a curto modo que a tomada de decisão fundamentada em imprecisões e indeterminações é capaz de ser amparada pela lógica fuzzy. Entretanto, é necessário destacar a consideração do entendimento do perito para a modelagem do sistema, adicionando estimas e disseminando o ensinamento aplicado na manipulação dos dados, e especialmente, na elaboração da base de regras.

Em relação a implementação de inferência, no suporte nas medidas de decisões do sistema de gerenciamento de produção de determinada fábrica de embalagens plásticas, adequando-se ao pedido dos clientes, com a finalidade de aprimorar o sequenciamento da produção, procurando consecutivamente conciliar de maneira eficaz a quantidade de mão de obra ao pedido solicitado, independente do cenário requerido pelo cliente. Em situações de cenários que mudam rapidamente, onde as empresas estão submetidas, subentendesse que dentro dos empreendimentos os sistemas automatizados podem elaborar uma nova dinâmica, construindo rotinas concisas, não permanecendo condicionado a decisões de pessoas, pois nas tomadas de decisões sempre existirá diferenças.

Desse modo, é provável examinar que, na sua maior parte, as deliberações carecem ser adotadas de maneira rápida e adequada, pois a atuação das organizações está

amarrada a qualidade de seu gerenciamento. Do mesmo modo, as tomadas de decisões procedem da capacidade dos peritos em propor a opção que mais perfeito atenda às obrigações organizacionais, em responsabilidade das situações temporais para assegurar os resultados pretendidos.

## 6.2 – SUGESTÕES

Nesse tópico são expostos as sugestões para a continuação do trabalho, conforme a seguir:

- Considerando a ampla viabilidade de sistemas no auxílio a tomada de decisão, mostrar-se como desafio o desenvolvimento de outros sistemas conexos ao sequenciamento de produção, pesquisando exteriores com propriedades distintas como as proporcionadas nesse estudo, arranjando comparativos sobre os resultados adquiridos e as informações reais;
- Esta metodologia pode ser melhorada e adaptada para outras empresas ou sistemas produtivos;
- Empregar a lógica fuzzy em outras Áreas da Administração da Produção.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, P. E. M. & EVSUKOFF, A. G. Sistemas Fuzzy. In: REZENDE, Solange Oliveira. (Org.). **Sistemas Inteligentes: fundamentos e aplicações**. São Paulo: Manole, 2003, p. 169-202.

BARROS, L. C.; BASSANEZI, R. C. **Tópicos de lógica fuzzy e biomatemática**. Campinas: Comissão de publicações IMEC/UNICAMP. Coleção IMEC. Textos didáticos. v. 5, 2010.

CAMARGO, Wellington. **Controle de qualidade total**. 2016. Disponível em: <[http://proedu.rnp.br/bitstream/handle/123456789/444/Controle\\_de\\_Qualidade\\_Total.pdf?sequence=1](http://proedu.rnp.br/bitstream/handle/123456789/444/Controle_de_Qualidade_Total.pdf?sequence=1)> Acessado em: 13/12/2018.

CHAVES, M. L., *et al.* (2018). **Intelligent Decision System Based on Fuzzy Logic Expert System to Improve Plastic Injection Molding Process**. International Joint Conference SOCO'17-CISIS'17-ICEUTE'17 León, Spain, September 6–8, 2017, 58 Proceeding. H. Pérez García *et al.* Cham, Springer International Publishing: 57-67.

CHIROLI, D. M.G. **Logística de produção e serviços**. Reimpressão revista e atualizada. Editora Unicesumar. Maringá, 2014.

DAMBROSIO, L. (2017). **"Data based Fuzzy Logic Control Tenchnique Appied to a Wind System."** Energy Procedia.

DANG, X.-P. (2014). **"General frameworks for optimization of plastic injection molding process parameters."** Simulation Modelling Practice and Theory 41(Supplement C): 15-27.

DEHGHANI, M., *et al.* (2016). **"Fast fault detection and classification based on a combination of wavelet singular entropy theory and fuzzy logic in distribution lines in the presence of distributed generations."** Elsevier Ltd. .

DRIANKOV, D., *et al.* (2015). **"An Introduction to Fuzzy Control."** Springer, Cham.  
EWENDER, J.eF. WELLE (2008). "Determination of the Migration of Acetaldehyde from PET Bottles into Noncarbonated and Carbonated Mineral Water." Fraunhofer Institute for Process Engineering and Packaging (IVV), Giggenhauser Straße 35, 85354 Freising, Germany.

ENGEL, P. M. **Redes Neurais e Sistemas Fuzzy**. Aula - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2017.

GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da Produção e operações**. 8. ed. Editora Pioneira, São Paulo, 2005.

HAJI, A. & ASSADI, M. Fuzzy expert systems ad challenge of new product pricing. **Computers & Industrial Engineering**, v.56, p. 616-630, 2009.

JUNGES, L. **Introdução a Lógica Fuzzy**. Artigo apresentado a Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

KOHAGURA, T. **Lógica fuzzy e suas aplicações**. Departamento de Computação. Universidade Estadual de Londrina - Londrina, 2007.

KLIR, G. J. & YUAN, B. **Fuzzy sets and Fuzzy logic: theory and applications**. Upper Saddle River (NJ): Prentice Hall, 1995.

LEITE, C. R. M. **Arquitetura inteligente fuzzy para monitoramento de sinais vitais de pacientes: um estudo de caso em UTI**. jun. 2011. Disponível em: <<https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/15155>> Acessado em: 13/12/2018.

LEONE, G. S. G. Curso de contabilidade de custos. São Paulo: Atlas, 1997. LIN-XIN, W. **A Course in Fuzzy Systems and Control**. Prentice-Hall, 1997.

LINKE, P. P.; CHAVES, C.J.A.; ESPINHA, P.G.; TSUKUDA, F.; NARCISO, V.L.S. **A importância do planejamento e controle de produção para as indústrias de confecções da cidade de Maringá-PR: A perspectiva dos gestores de produção**. Revista Gestão Industrial, Ponta Grossa, v. 9, n. 2, 2013.

MAMDANI, E.H & ASSILIAN, S. An experiment in Linguistic synthesis with a Fuzzy Logic Controller. **IEEE trans. Internet J. Man-Machine Studies**, v. 7, n. 1, p. 1-13, 1975.

MARTINS, M. A. **Desenvolvimento de funções de lógica difusa para PLC**. Dissertação de Mestrado - Instituto Superior de Engenharia do Porto. Porto. 2014.

MARTINS, P. G. & LAUGENI, F. P. **Administração da Produção**. 2. ed. Editora Saraiva, São Paulo, 2010.

MORABITO, Reinaldo *et al.* **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações.** Elsevier Brasil, 2018.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da produção e operações.** Editora Saraiva, 2017.

MUÑOS, M.e E. MIRANDA (2016). "A Fuzzy System for Estimating Premium Cost of Option Exchange Using Mamdani Inference." IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ).

NOGUEIRA, E. L., & NASCIMENTO, M. H. R. (2017). **Inventory control applying sales demand prevision based on fuzzy inference system.** Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications (JETIA), Vol: 03.

OLIVEIRA, Rosimeire Freires Pereira; LEITE, Jandecy Cabral; SOUZA, José Antonio da Silva, OLIVEIRA, Sidney dos Santos. **Utilização do Método 10 M's como Auxílio na Elaboração das Análises dos Pontos Críticos nos Processos Industriais.** Revista Sodebras, v. 10, n°. 115, p. 78-84, 2015

OSORIO, G. J., *et al.* (2015). "Short-term wind power forecasting using adaptive neurofuzzy inference system combined with evolutionary particle swarm optimization, wavelet transform and mutual information." Elsevier Ltd.

PAN, T., ZHANG, Z.H., CAO, H. **Collaborative production planning with production time windows and order splitting in make-to-order manufacturing,** Computers & Industrial Engineering, v.67, n.1, p.1-9, 2014.

PENOF, DAVID GARCIA; DE MELO, EDSON CORREIA; LUDOVICO, NELSON. **Gestão da produção e logística-Série Gestão Empresarial.** Editora Saraiva, 2017.

QUITÉRIO, Fernando Nakamura Dias. **Uma Análise de Técnicas do Planejamento e Controle da Produção e da Filosofia Lean.** Universidade de São Paulo. São Carlo, novembro de 2010.

REGIS, R. **Teoria dos Conjuntos Fuzzy.** Rodrigoregis.blogspot.com. 15/11/2010. Disponível em:  
< <http://rodrigoregis.blogspot.com/search/label/teoria%20dos%20conjuntos%20fuzzy>>  
Acessado em: 13/12/2018.

RUSSOMANO, V. H. **Planejamento e Controle da Produção**. 6. ed. Editora Thomson Pioneira, São Paulo, 2000.

SANTOS, G. J. C. **Lógica fuzzy**. Universidade Estadual de Santa Cruz. Departamento de ciências exatas, Bahia, 2003.

SIMÕES, M. G. & SHAW, L. S. **Controle e modelagem fuzzy**. 2. ed. Editora Blucher, 2007.

SIZILIO, G. R. M. A. **Método Fuzzy para auxílio ao diagnóstico de câncer de mama em ambiente inteligente de telediagnóstico colaborativo para apoio à tomada de decisão**. maio 2012. Disponível em: <<https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/15180>>. Acessado em: 13/12/2018.

SLACK, Nigel; JOHNSTON, Robert; BRANDON-JONES, Alistair. (2018). **Administração da produção**. 8º edição. São Paulo: Atlas, 2018.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Planejamento e Controle da Produção: Teoria e Prática**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

TSOUKALA, Lefteri H.; UHRIG, Robert E. **Fuzzy and Neural Approaches in Engineering**. Nova Iorque, NY, EUA: Wiley Interscience, 1997.

VARGAS, Ricardo Viana. **Gerenciamento de Projetos 9a edição: estabelecendo diferenciais competitivos**. Brasport, 2018.

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

ZADEH, L. A. Fuzzy Logic. **IEEE Computer Mag.**, p. 83-93, abr. 1988.

ZIMMERMANN, H. J. **Fuzzy set theory and its applications**. Springer Science & Business Media, 2011.