

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE  
PRODUÇÃO

Wagner Pietrobelli Bueno

**O USO DA ABORDAGEM *FUZZY-AHP* E *FUZZY SETS*  
PARA FACILITAR A UTILIZAÇÃO DA FILOSOFIA *LEAN*  
*MANUFACTURING* EM INDÚSTRIAS**

Santa Maria, RS  
2017

Wagner Pietrobelli Bueno

O USO DA ABORDAGEM *FUZZY-AHP* E *FUZZY SETS* PARA  
FACILITAR A UTILIZAÇÃO DA FILOSOFIA *LEAN MANUFACTURING*  
EM INDÚSTRIAS

Dissertação de MESTRADO apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Área de Concentração em Gestão Integrada, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **MESTRE em Engenharia de Produção.**

ORIENTADORA: Prof.<sup>a</sup> Leoni Pentiado Godoy

COORIENTADORA: Prof.<sup>a</sup> Nara Medianeira Stefano

Santa Maria, RS  
2017

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Pietrobelli Bueno, Wagner

O uso da abordagem Fuzzy-Ahp e Fuzzy Sets para facilitar a utilização da filosofia Lean Manufacturing em indústrias / Wagner Pietrobelli Bueno.- 2017.

98 p. ; 30 cm

Orientador: Leoni Pentiado Godoy

Coorientador: Nara Medianeira Stefano

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, RS, 2017

1. Conjuntos Fuzzy 2. FAHP 3. Lean Manufacturing 4. Produção 5. Tomada de Decisão I. Pentiado Godoy, Leoni II. Medianeira Stefano, Nara III. Título.

Wagner Pietrobelli Bueno

**O USO DA ABORDAGEM *FUZZY-AHP* E *FUZZY SETS* PARA  
FACILITAR A UTILIZAÇÃO DA FILOSOFIA *LEAN MANUFACTURING*  
EM INDÚSTRIAS**

Dissertação de MESTRADO apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Área de Concentração em Gestão Integrada, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **MESTRE em Engenharia de Produção.**

**Aprovado em 23 de fevereiro de 2017:**

---

**Leoni Pentiado Godoy, Dra. (UFSM)**  
(Presidenta/Orientadora)

---

**Nara Medianeira Stefano, Dra. (UNIFEBS)**  
(Coorientadora)

---

**Angela Pellegrin Ansuj, Dra. (UFSM)**

---

**Mario Luiz Santos Evangelista, Dr. (UFSM)**

Santa Maria, RS  
2017

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho a minha mãe Dirce Beatriz Pietrobelli a minha irmã Valéria Pietrobelli e in memoriam ao meu pai João Luis de Avila Bueno.*

## AGRADECIMENTOS

*Agradeço a Deus e a Nossa Senhora Aparecida, em fé, no qual não me deixou desistir dos objetivos. Agradeço a minha mãe amada Dirce Beatriz Pietrobelli pelo apoio incondicional, uma simples faxineira, que me deu tudo o que sempre precisei para estudar. Minha irmã, sempre ao meu lado e me dizendo que a vitória e a derrota é só uma questão de opinião, e que eu jamais deveria se entregar e seguir o meu caminho, fazer o que era para ser feito e ponto, custe o que custar. Mãe e “mana” este trabalho e de vocês.*

*Agradecimento em especial a minha orientadora professora Dra. Leoni Pentiado Godoy pela oportunidade, pelo carinho em me receber na sua casa, no seu grupo de estudo. A minha coorientadora Dra. Nara Medianeira Stefano pelos conselhos de como elaborar um trabalho científico com qualidade.*

*Agradecimento aos meus colegas e amigos, pelos conhecimentos adquiridos, pela parceria de quando mais eu precisava de ajuda me acolheram a um abraço amigo em momentos difíceis, assim como, compartilhamento na maioria das vezes de alegrias, na qual, repercutidas historicamente pela cidade de Santa Maria. Vanessa De Conto, Matheus Moro, Sandrine (tuty), Aline Martins, Murilo Sagrilo, Cyro Neto, Bruno Miranda, Marcos Romitti, Giacomo Müller, Marcia e Fernando (secretaria PPGEP-UFSM). Obrigado a todos vocês, que também fazem parte desta conquista.*

*“Corte sua própria lenha, assim ela lhe  
esquentará duas vezes”.*

*(Henry Ford)*

## RESUMO

### O USO DA ABORDAGEM *FUZZY-AHP* E *FUZZY SETS* PARA FACILITAR A UTILIZAÇÃO DA FILOSOFIA *LEAN MANUFACTURING* EM INDÚSTRIAS

AUTOR: Wagner Pietrobelli Bueno

ORIENTADORA: Leoni Pentiado Godoy

COORIENTADORA: Nara Medianeira Stefano

A importância da tomada de decisão está relacionada constantemente a todos os seres humanos que desejam solucionar ou fazer melhorias em determinado ambiente ou situação. Com este viés, a ilustração intuitiva para os processos enxutos em produção, o eixo decisório não é diferente e sim complexo. Oriundo de uma gama de informações de mercado global, gestores mantêm-se em situações muitas vezes difíceis de resolver. Ao desejar aplicar a metodologia *Lean Manufacturing* em processos fabris, algumas decisões precisam ser consideradas mais importantes que outras pela equipe devido à flexibilidade de incertezas sobre possíveis cenários que podem ocorrer na produção. Para tanto, o escopo principal desse trabalho contribuiu para adequações de incertezas no módulo dimensional de fabricação, para conjunção da metodologia *Lean Manufacturing*. Nesse sentido, o objetivo centralizou as atenções para estruturar hierarquicamente uma abordagem inteligente que facilite os processos para aplicabilidade enxuta *Lean* no setor manufatureiro. Assim, a proposta transcorreu com o auxílio analítico das ferramentas matemáticas *Fuzzy - Analytic Hierarchy Process* (FAHP) e como análise de simulação em cenários *Fuzzy Sets* (Conjuntos Fuzzy). Para o desenvolvimento da pesquisa foi realizado uma análise multicriterial FAHP e sistema computacional para *Fuzzy Sets*. Como entrada de dados utilizou-se das matrizes paritárias e individuais entre três gestores e nove supervisores especialistas em produção utilizando a técnica de grupo focal. As respostas foram coletadas por meio da aplicação categórica, no qual o papel de moderador foi realizado pelo próprio pesquisador, com seis constructos e 33 subconstructos em três empresas de ramos diferentes, mas do setor manufatureiro com produção sob pedido. Essas empresas localizam-se em Nova Esperança do Sul-RS; Santa Maria-RS; Nova Hartz-RS. Dessa forma, como metodologia de pesquisa a abordagem utilizada foi de multicaso considerando-a de formato qualitativa e quantitativa. Como respostas reais sobre as operações das indústrias no âmbito atual, a análise FAHP apresentou uma proposta com grau de confiabilidade de 50% para aplicações enxutas conforme os respondentes. Ao projetar simulações de cenários na produção, a estimativa de confiabilidade foi de 70.29%. Sendo assim, a proposta de hierarquização a ser desenvolvida nas indústrias para implementações de sistemas enxutos poderão ocorrer por meio da abordagem simulada dos conjuntos *fuzzy*. Compreende-se que o sucesso da aplicação enxuta dependerá de variáveis como, tempo, infraestrutura e cultura de cada



indústria.

**Palavras-chave:** Conjuntos *Fuzzy*. FAHP. *Lean Manufacturing*. Produção. Tomada de Decisão.

## ABSTRACT

### THE USE OF THE FUZZY-AHP AND FUZZY SETS APPROACH TO FACILITATE THE USE OF LEAN MANUFACTURING PHILOSOPHY IN INDUSTRIES

AUTHOR: Wagner Pietrobelli Bueno  
ADVISOR: Leoni Pentiado Godoy  
CO-ADVISOR: Nara Medianeira Stefano

The importance of decision-making is All human beings who wish to solve or make improvements in a particular environment or situation. With this bias, the intuitive illustration for lean production processes, the Is not different but complex. Out of a range of global market information, Managers keep themselves in often difficult situations to solve them. When you wish Apply the Lean Manufacturing methodology in manufacturing processes, some decisions need to be considered More important than others by the team due to the flexibility of uncertainties about possible scenarios that May occur in production. Therefore, the main scope of this work contributes to Uncertainties in the manufacturing dimensional module, for conjunction of the methodology Lean Manufacturing. In this sense, the objective has centered the attentions to structure hierarchically An intelligent approach that facilitates lean lean application processes in the manufacturing sector. Like this, The proposal was analyzed using the mathematical tools Fuzzy - Analytic Hierarchy Process (FAHP) and Such as simulation analysis in Fuzzy Sets scenarios. For the development of the research, A multicriterial FAHP analysis and computational system for Fuzzy Sets. As data entry was used of the individual parity matrices of three managers And nine production supervisors using the focal group technique. The responses were collected through the Application in which the role of moderator was carried out by the researcher himself, with six constructs and 33 subconstructs In three companies from different branches, but from the manufacturing sector with production on demand. These companies are located in Nova Esperança do Sul-RS; Santa Maria-RS; Nova Hartz-RS. In this way, as a research methodology, the approach used was that of Qualitative and quantitative format. As actual answers on the operations of the industries in the current scope, the analysis FAHP presented a proposal with a reliability of 50 % for lean applications according to the respondents. When designing simulations Of scenarios in production, the reliability estimate was 70.29 %. Thus, the proposed hierarchy to be developed In industries for lean system implementations may occur through the simulated approach of fuzzy sets. It is understood that The success of lean implementation will depend on variables such as time, infrastructure and culture of each industry.

**Keywords:** Fuzzy Sets. FAHP. Lean Manufacturing. Production. Decision Making.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Etapas entre fluxo tradicional e fluxo sincronizado .....	22
Figura 2.2 – Edifício <i>Lean Thinking</i> .....	24
Figura 2.3 – Pensamento enxuto e seus desperdícios .....	25
Figura 2.4 – Administração de produção e processos .....	27
Figura 2.5 – Diagrama de Fases .....	28
Figura 2.6 – Conceito <i>Booleano</i> (a) <i>Fuzzy Sets</i> (b) .....	32
Figura 2.7 – Defuzzificação .....	33
Figura 2.8 – Sistema neural <i>Fuzzy</i> .....	34
Figura 2.9 – Modelo hierárquico <i>Analytic Hierarchy Process</i> .....	36
Figura 2.10 – Estrutura para escolha de critérios .....	38
Figura 2.11 – Triangular <i>fuzzy</i> .....	42
Figura 2.12 – Trapezoidal <i>fuzzy</i> .....	43
Figura 3.1 – Fases do processo metodológico .....	45
Figura 3.2 – Diferentes tipos de projetos para estudo de caso .....	48
Figura 3.3 – Processos da dissertação .....	51
Figura 4.1 – Método de Distâncias Euclidianas para os 9 supervisores .....	69
Figura 4.2 – Histórico de saída do sistema <i>Infuzzy</i> .....	71
Figura 4.3 – Defuzzificação da variável saídas .....	71
Figura 4.4 – Estrutura hierárquica FAHP para valores agregados <i>Fuzzy Sets</i> .....	76
Figura 4.5 – Análise de sensibilidade para FAHP e <i>Fuzzy Sets</i> .....	77
Figura 4.6 – Gestão e Custos .....	78
Figura 4.7 – Priorização sobre os constructos de gestão e custos .....	79
Figura 4.8 – Inspeção e Processo .....	79
Figura 4.9 – Priorização sobre os constructos de Inspeção e Processos .....	80
Figura 4.10 – Capacidade e Estocagem .....	80
Figura 4.11 – Priorização dos constructos estocagem e capacidade .....	81

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 – Relação bibliométrica <i>Fuzzy-Ahp</i> .....	17
Tabela 1.2 – Relação bibliométrica <i>Lean Manufacturing</i> .....	18
Tabela 1.3 – Relação bibliométrica <i>Production Management</i> .....	18
Tabela 1.4 – Relação bibliométrica <i>Decision Making</i> .....	19
Tabela 2.1 – Escala Saaty de importância .....	38
Tabela 2.2 – Índice randômico .....	39
Tabela 2.3 – Escala linguística <i>fuzzy</i> trapezoidal .....	40
Tabela 2.4 – Escala linguística <i>fuzzy</i> triangular .....	41
Tabela 4.1 – Estatística de confiabilidade .....	54
Tabela 4.2 – Razão de consistência e lambda sobre as matrizes constructos .....	54
Tabela 4.3 – Matrizes constructos triangular .....	55
Tabela 4.4 – Média das matrizes constructos .....	56
Tabela 4.5 – Média matriz subconstructo processo .....	61
Tabela 4.6 – Média matriz subconstructo inspeção .....	61
Tabela 4.7 – Média matriz subconstructo estocagem .....	62
Tabela 4.8 – Média matriz subconstructo capacidade .....	63
Tabela 4.9 – Média matriz subconstructo custos .....	64
Tabela 4.10 – Média matriz subconstructo gestão .....	65
Tabela 4.11 – Estrutura de capacidade dos constructos FAHP .....	68
Tabela 4.12 – Avaliação da gestão do projeto para aplicação enxuta .....	72
Tabela 4.13 – Estrutura de capacidade dos constructos <i>Fuzzy Sets</i> .....	74

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1 – Relação de artigos sobre abordagens ao tema da dissertação .....	20
Quadro 2.1 – Objetivos dos processos .....	29
Quadro 3.1 – Relação de artigos como instrumento de coleta de dados .....	52
Quadro 4.1 – Contextualização do desempenho <i>Fuzzy</i> .....	66
Quadro 4.2 – Variáveis de entrada .....	70
Quadro 4.3 – Contextualização do desempenho <i>Fuzzy Sets</i> Simulado .....	73

## LISTA DE SÍMBOLOS

$vi$	Auto vetor
$\bar{f}$	Função modular
$\mu$	Grau de pertinência
$\cap$	Intersecção entre dois conjuntos
$\lambda$	Lambda
$\notin$	Não pertence a um conjunto
$k$	Número de questões item
$\odot$	Operador
$\oplus$	Operador somatório
$\otimes$	Operador multiplicação
$\in$	Pertence a um conjunto
$\prod$	Produtório
$\sum$	Somatório
$d'$	Somatório dos mínimos
$\cup$	União
$S_i^2$	Variância do item
$S_t^2$	Variância dos valores totais observados
$\varpi$	Varpi
$\omega'$	Vetor total somatório

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
1.1	APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA .....	15
1.2	OBJETIVOS .....	16
1.2.1	<b>Objetivo geral</b> .....	16
1.2.2	<b>Objetivos específicos</b> .....	16
1.3	PRESSUPOSTOS .....	16
1.4	JUSTIFICATIVA E IMPORTÂNCIA .....	17
1.5	ESTRUTURA DA PESQUISA .....	21
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL</b> .....	<b>22</b>
2.1	<i>LEAN MANUFACTURING</i> .....	22
2.1.1	<b>Princípios enxutos</b> .....	23
2.1.2	<b>Metodologia dos desperdícios <i>Lean Manufacturing</i> na produção</b>	24
2.1.3	<b>Administração da produção em processos</b> .....	26
2.2	GESTÃO DA QUALIDADE .....	27
2.3	PROCESSOS DE TOMADA DE DECISÃO NAS ORGANIZAÇÕES ....	29
2.3.1	<b>Riscos na tomada de decisão em processos produtivos</b> .....	30
2.4	CONCEITO AO MÉTODO CONJUNTO <i>FUZZY</i> .....	31
2.5	CONCEITO AO MÉTODO <i>ANALYTIC HIERARCHY PROCESS</i> (AHP)	35
2.5.1	<b>Elaboração do <i>Analytic Hierarchy Process</i></b> .....	36
2.6	EXTENSÃO CHANG <i>FUZZY-ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (FUZZY- AHP)</i> .....	37
<b>3</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	<b>45</b>
3.1	FASES DO PROCESSO METODOLÓGICO .....	45
3.2	DELINEAMENTO DA PESQUISA .....	46
3.3	ABORDAGEM COMBINADA .....	46
3.4	MÉTODOS DE MULTICASO NA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO ....	47
3.5	TÉCNICA E DELIMITAÇÃO DO TEMA EM QUESTÃO .....	49
3.6	ANÁLISE TÉCNICA DE GRUPO FOCAL .....	49
3.7	VISÃO GERAL DA PROPOSTA DE DISSERTAÇÃO .....	50
3.8	INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS .....	52
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>53</b>
4.1	CARACTERÍSTICA DAS EMPRESAS ESTUDADAS .....	53
4.2	ESTATÍSTICA DE CONFIABILIDADE .....	53
4.3	DEFINIÇÃO DAS MATRIZES CONSTRUCTOS .....	54
4.3.1	<b>Definição das matrizes subconstructos</b> .....	60
4.4	MEDIÇÃO E DESEMPENHO <i>FUZZY-AHP</i> .....	65
4.5	MÓDULO COMPUTACIONAL <i>FUZZY SETS</i> .....	70
4.5.1	<b>Medição de desempenho <i>Fuzzy Sets</i></b> .....	72
4.5.2	<b>Hierarquização <i>Fuzzy Sets</i> e <i>Fuzzy-Ahp</i></b> .....	75
4.5.3	<b>Defuzzificação simulada em superfície 3D</b> .....	77
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>82</b>
5.1	LIMITAÇÕES DA PESQUISA .....	83
5.2	PROPOSTA DE CONTINUIDADE .....	83
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>85</b>
	<b>APÊNDICE A – INSTRUMENTO DE PESQUISA</b> .....	<b>92</b>

APÊNDICE B – BASE DE REGRAS UTILIZADA NA SIMULAÇÃO FUZZY DOS CONSTRUTOS GESTORES .....	98
--	----



## 1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas o sistema manufatureiro passou de ser um método único de transformação de produtos, como mão-de-obra na grande maioria dos processos fabris, para um conjunto multicriterial de fatores tecnológicos sustentáveis, associados a processos decisórios eficientes na gestão da produção.

Em consideração, esses apontamentos são relevantes para uma gestão competente, no qual, Shingo (1996) complementa que os gestores devem concentrar os esforços organizacionais por meio da maximização dos processos estratégicos como diferenciação na tentativa de tornar-se forte competitivamente no mercado.

Com a evolução constante da industrialização, os processos designados para manufatura da matéria-prima estão de forma mais complexas devido o alto padrão desejado pelo cliente quanto a qualidade, prazo de entrega entre outros fatores. Desse modo, as necessidades incessante de continuar a aplicar melhorias nos processos técnicos e tecnológicos é uma competência reportada ao nível gerencial da empresa. É com este viés que organizações precisam estar atentas quanto aos fatores relacionados a mudanças eficientes.

Com o pensamento de melhoria enxuta no setor industrial, organizações buscam aplicar a produção enxuta de forma global ou por etapas sobre a filosofia *Lean Manufacturing*. A principal função dessa filosofia está atrelada ao funcionamento de mecanismos que reduzam falhas na produção. Em contexto, a produção enxuta tornou-se uma metodologia que gera vantagens, tanto na qualidade sistemática produtiva, quanto a condições mais apuradas para análises e gerenciamentos.

Devido as dificuldades em desenvolver abordagens técnicas com aplicação em estudos de incertezas como na gestão em produção, que a *Fuzzy-Analytic Hierarchical Process* (FAHP) possui habilidades para identificar e sedimentar informações para os agentes tomadores de decisão em gestão.

Assim, um sistema inteligente e ideal que permite inovar os princípios operacionais das organizações, executando-os por meio de controles semânticos (SOMSUK; LAOSIRIHONGTHONG, 2014). Desse modo, o uso da análise FAHP torna-se uma técnica convergente ao sistema de produção por meio da modelagem matemática, ao ser envolvida em sistemas de processos de fabricação pelo *Lean Manufacturing*.

Com o interesse crescente por abordagens de método não- probabilístico devido a escassez e complexidade em conseguir dados, foi utilizada conjuntos *fuzzy* para simular possíveis cenários que possam ocorrer no setor manufatureiro. Essa ferramenta mensura situações nebulosas advindas de informações não determinísticas (SOMSUK; LAOSIRIHONGTHONG, 2014; LOW; GAO; TIONG, 2015).

No entanto, este trabalho utilizou-se da combinação paritária analítica entre *Fuzzy-Ahp* e *Fuzzy Sets* para auxiliar o dimensionamento sobre os parâmetros em tomada de

decisão para gestão enxuta *Lean*, nas indústrias manufatureiras conforme apresentado no item 1.1.

Desse modo a pesquisa foi conduzida por uma abordagem multicaso com três empresas localizadas nas cidades; Nova Esperança do Sul-RS; Santa Maria-RS; Nova Hartz-RS. As análises sobre os dados coletados para pesquisa seguiram-se por meio da utilização de Softwares livres: *Assistat*, para realizar os cálculos de *Analytic Hierarchy Process*; *Scilab* para *Fuzzy-Ahp*; *InFuzzy* para realizar as simulações; *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) para realizar *Alfa de Cronbach* e o *Statistica* para distâncias Euclidianas.

## 1.1 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA

Na prática, a engenharia de produção está integrada a sistemas administrativos, pois envolve gestão, controle, monitoramento e estratégias, em que ambas as áreas, administração ou engenharia de produção se apoiam através de ações racionais, motivadas pela construção de melhorias.

A gestão, tecnicamente é um fator chave para empresas que queiram se tornar mais competitivas, no que tange o desenvolvimento de padrões em processos capazes de gerar qualidade ao serviço ou produto, respectivamente prestado ou transformado.

Nesse sentido, compreende-se a complexidade do ambiente produtivo em: fatores econômicos, cultura dos colaboradores e tecnologia, que surgem como limitações e sugestões de decisão no setor manufatureiro. Com este viés, na obtenção por uma gestão robusta, que a problemática de pesquisa consiste em fundamentar uma estrutura hierárquica com abordagens enxutas por meio dos paradigmas do sistema *Lean Manufacturing*.

O *Fuzzy-Ahp* e *Fuzzy Sets* são ferramentas lógicas multicriteriais que avaliam de forma concisa a real situação de adaptações de sistemas operacionais para o setor de transformação, assim como, realizando cenários oriundos de informações gerenciais providas por especialistas da área.

Mediante a importância do tema que foi estudado na pesquisa a proposta central dessa dissertação é relatada como: Qual são os parâmetros que melhor definem a hierarquização como grau de importância gerencial em processos decisórios para ampliações da filosofia *Lean* nas indústrias manufatureiras sob pedido.

## 1.2 OBJETIVOS

Diante do problema exposto, caracterizam-se os seguintes objetivos que irão apontar o foco da pesquisa, conforme a a bordagem do questionário aplicado.

### 1.2.1 Objetivo geral

Demonstrar a importância dos processos decisórios para ampliação de *Lean Manufacturing* em indústrias do setor manufatureiro.

### 1.2.2 Objetivos específicos

Na busca por maximizar a tomada de decisão eficaz, o objetivo principal é obtido por meio da interface dos seguintes objetivos específicos.

- a) utilizar a ferramenta FAHP para dimensionar os processos fabris como tomada de decisão;
- b) destacar a importância dos processos para aplicações em manufatura enxuta;
- c) identificar o grau de pertinência para tomada de decisão a nível gerencial por meio da utilização dos conjuntos *fuzzy*;
- d) mostrar os parâmetros para aplicação da abordagem sistêmica enxuta *Lean* no setor manufatureiro.

## 1.3 PRESSUPOSTOS

Compreende-se que, o sistema de produção envolve todos os setores gerenciais e precisa ser considerado como fator de melhorias contínuas. Essas necessidades pela excelência no desempenho corporativo faz com que os administradores busquem dispositivos que possam encadear processos padrões, de modo que se tenha qualidade, custos baixos e prazos estabelecidos na oferta do produto.

Obteve-se como sentido desse trabalho fundamentar os benefícios de uma gestão estruturada, que possa enriquecer os sistemas de processos produtivos, motivados por uma administração com cunho forte para tomada de decisão.

Como pressuposto, a obtenção da empresa em trabalhar com produção enxuta oportuniza a integração dos setores de chão de fábrica com a busca pelo aperfeiçoamento nos processos com qualidade, impulsionando a consistência no contexto competitivo, a oportunizar a organização em um eixo estratégico mais forte, através de adaptações diferenciadas e constantes.

#### 1.4 JUSTIFICATIVA E IMPORTÂNCIA

A essência em estudar ferramentas como o propósito de potencializar a implantação da filosofia *Lean* se conceitua pela busca em eliminar falhas na gestão produtiva, na qual, as decisões tomadas possam agregar valor aos processos e cliente (FLYNN; SCHROEDER; SAKAKIBARA, 1994). Justifica-se essa pesquisa pela importância que o setor manufatureiro abrange em diversos setores organizacionais.

Considera-se assim, o setor manufatureiro como uma filosofia de operações e técnicas capaz de gerar inovações (GURUMURTHY; KODALI, 2007). Com um objetivo essencial em atender as necessidades dos clientes ao realizar uma gestão eficiente com capacidade de obter dimensões conclusivas para que se possam tomar decisões seguras.

Nesse pensamento, o posicionamento de efeitos apontados no item 1.1 que interferem no gerenciamento da manufatura é alinhado por meio do pensamento enxuto, na finalidade em realizar aperfeiçoamentos de tempo, materiais, informações e espaços físicos.

Para conhecimentos sobre o tema estudado, foram realizados sob análise bibliométrica por meio de cinco bancos de dados que compõem o portal coordenação de aperfeiçoamento de pessoal em nível superior (CAPES): *Emerald Insight*, *Web Of Science*, *Scopus*, *Scince of Direct* e *Engineering Village*. Para realização da pesquisa, utilizou-se a correlação entre as palavras “*Lean Manufacturing*”, “*Fuzzy-Ahp*”, “*Quality Management*”, “*Production Management*” e “*Decision Making*”, consideradas no idioma inglês relevante para tomada de decisão em processos organizacionais, no qual foram verificados para um período de 2005 a fevereiro 2016 através da palavra “*Abstract*”.

Tabela 1.1 – Relação bibliométrica *Fuzzy-Ahp*

Bases de coleta de dados	<i>Production management</i>	<i>Decision making</i>	<i>Quality management</i>	<i>Lean Manufacturing</i>
<i>Emerald Insight</i>	0	0	0	0
<i>Scopus</i>	0	0	0	0
<i>IEEE Xplore</i>	0	0	0	0
<i>Web Of Direct</i>	1	29	0	3
<i>Engineering Village</i>	0	0	0	0
Total	1	29	0	3

Fonte: Autor.

Conforme a Tabela 1.1 percebe-se que as duas palavras-chave *Fuzzy-Ahp* com tomada de decisão, supostamente, foram encontrados diversos artigos na base de dados *Web Of Direct*, com 29 trabalhos. As demais palavras mantiveram-se com pouco ou nenhum artigo encontrado.

Tabela 1.2 – Relação bibliométrica *Lean Manufacturing*

Bases de coleta de dados	<i>Production management</i>	<i>Decision making</i>	<i>Quality management</i>	<i>Fuzzy-Ahp</i>
<i>Emerald Insight</i>	5	14	31	0
<i>Scopus</i>	8	29	32	0
<i>IEEE Xplore</i>	45	18	31	0
<i>Web Of Direct</i>	30	20	26	0
<i>Engineering Village</i>	4	14	15	0
Total	92	95	135	0

Fonte: Autor.

Na Tabela 1.2 a palavra-chave *Lean Manufacturing* manteve-se bastante forte com “*Production Management*” no qual obteve-se um total de 92 artigos encontrados, onde em todas as bases de busca foram relatados trabalhados, seguido por “*Decision Making*” com 95 trabalhos e “*Quality Management*” com 135 artigos.

Tabela 1.3 – Relação bibliométrica *Production Management*

Bases de coleta de dados	<i>Lean manufacturing</i>	<i>Decision making</i>	<i>Quality management</i>	<i>Fuzzy-Ahp</i>
<i>Emerald Insight</i>	5	16	32	0
<i>Scopus</i>	8	43	7	0
<i>IEEE Xplore</i>	45	372	626	0
<i>Web Of Direct</i>	30	668	1820	1
<i>Engineering Village</i>	4	27	7	1
Total	92	1126	2485	1

Fonte: Autor.

Para a Tabela 1.3, onde foram pertinentes “*Production Management*” como centro da pesquisa, a associação foi de encontro com os temas “*Decision Making*” e “*Quality Management*”.

Tabela 1.4 – Relação bibliométrica *Decision Making*

Bases de coleta de dados	<i>Production management</i>	<i>Lean manufacturing</i>	Quality management	<i>Fuzzy-Ahp</i>
<i>Emerald Insight</i>	16	14	208	0
<i>Scopus</i>	43	29	238	0
<i>IEEE Xplore</i>	372	18	865	0
<i>Web Of Direct</i>	668	20	1247	29
<i>Engineering Village</i>	27	14	87	0
Total	1126	95	2645	29

Fonte: Autor.

Ao utilizar “*Decision Making*” como centro da pesquisa, a Tabela 1.4 apresenta que houve ligação com todas as palavras-chave citadas no estudo, as mais importantes foram “*Quality Management*” com 2645 artigos seguidos de “*Production Management*” com 1126, “*Lean Manufacturing*” com 95 e “*Fuzzy-Ahp*” com 29. Neste enfoque, tomada de decisão é um tema bastante significativo para diversas áreas de trabalho.

Quadro 1.1 – Relação de artigos sobre abordagens ao tema da dissertação

<b>Título dos trabalhos relacionados à pesquisa</b>	<b>Autores</b>	<b>Ano</b>
An integrated fuzzy multicritéria group decision making approach for ERP system selection.	Burak, E.	2016
The integrated fuzzy ahp and goal programing model based on LCA results for industrial waste management by using the nearest weighted approximation of FN: aluminum industry in Arak, Iran.	Zare, R. et al.	2016
Global decision-making in multi-agent decision-making system with dynamically generated disjoint clusters.	Przybyla-Kasperek, M.; Wakulicz-Deja, A.	2016
A hybrid MCDM model for new product development: applied on the Taiwanese LiFePO4 industry.	Chen, W. C.; Wang, L. Y.; Lin, M. C.	2015
Hybrid fuzzy methodology for the evaluation of criteria and sub-criteria of product-service system (PSS).	Stefano, N. M. et al.	2015
A fuzzy ahp to prioritize enabling factors for strategic management of university business incubators: resource-based view.	Somsuk, N.; Laosirihongthong, T.	2014
Application of fuzzy ahp for ranking critical success factors for the successful implementation of lean production technique.	Aikhuele, D. O.; Souleman, F. S.; Azizi, A.	2014
Selection and ranking of occupational safety indicators based on fuzzy ahp: a case study in road construction companies.	Janackvic, G. L.; Savic, S. M.; Stankovic, M. S.	2013
Prequalification of Egyptian construction contractors using fuzzy-ahp models.	Hosny, O.; Nassar, K. Esmail, Y.	2013
Selection of plant location in the natural stone industry using the fuzzy multiple attribute decision making method.	Yavuz, M.	2008
Performance value analysis for the justification of lean manufacturing systems.	Gurumurthy, A.; Kodali, R.	2007
Applications of the extent analysis method on fuzzy ahp.	Chang, D. Y.	1996

Fonte: Autor.

Em síntese buscou-se artigos que serviram como fatores motivacionais para a realização da dissertação, em que alguns contribuíram de forma mais sucinta para pesquisa, destacados no Quadro 1.1. Com isso, segue alguns trabalhos como modelos:

a) periódico *Technological Forecasting e Social Change* intitulado (*A Fuzzy-Ahp to prioritize enabling factors for strategic management of university business incubators: Resource-based view*) dos autores Somsuk e Laosirihongthong (2014);

b) periódico *European Journal of Operational Research* intitulado (*Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP*) do autor Chang (1996);

c) periódico *Australian Journal of Basic And Applied Sciences* intitulado (*Application os fuzzy Ahp for ranking critical success factors for the successful implementation of Lean production technique*) dos autores AIKHUELE, SOULEMAN e AZIZI (2014);

d) periódico *Information and control* intitulado (*Fuzzy Sets*) composto pelo autor Zadeh (1965).

Esses artigos foram utilizados como referência para realizar as bases de cálculos e teorias correspondentes ao tema a ser dissertado.

## 1.5 ESTRUTURA DA PESQUISA

A proposta de pesquisa se dá conforme os acordos do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Todavia o estudo será composto por cinco capítulos. O capítulo 1 é composto da contextualização, apresentação do problema de pesquisa, objetivo geral, objetivo específico, pressupostos e justificativa.

No capítulo 2 apresenta-se a base teórica que é importante para pesquisa científica, pois a mesma passa um embasamento de experiências que podem ser estruturados como auxílio ao estudo. O capítulo 3 tem como finalidade apresentar as metodologias que foram utilizadas para que a pesquisa possa obter desenvolvimento. Para o capítulo 4 é apresentado os resultados e discussões encontrados na pesquisa e no capítulo 5 as conclusões, limitações e sugestões quanto ao tema estudado.



## 2 REFERENCIAL

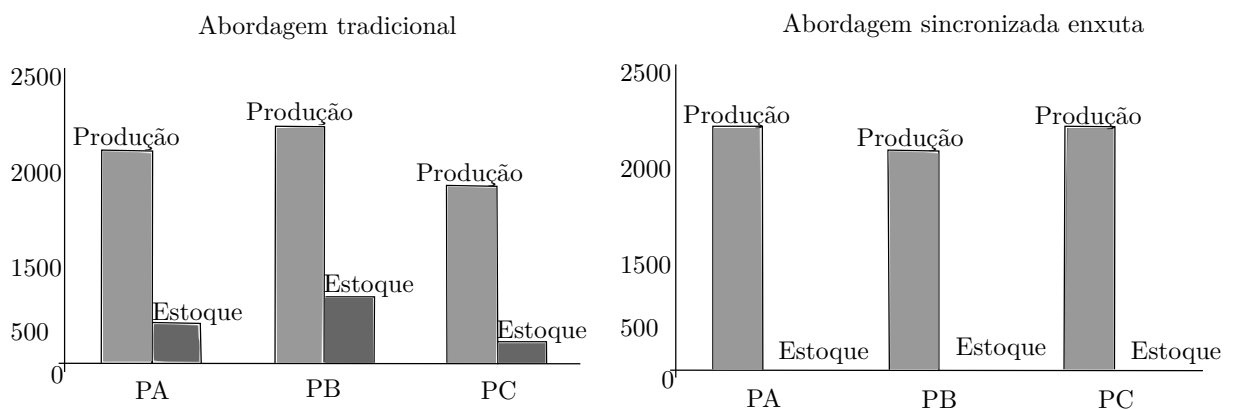
Neste capítulo serão realizadas argumentações com o propósito de apresentar teorias sobre *Lean Manufacturing* e suas premissas, dimensões da qualidade, ampliando-se para administração e gestão da produção e processos. Desse modo, para discussões teórico-conceitual de tomada de decisão organizacional e, para conhecimentos matemáticos *Fuzzy-Ahp* e conjuntos *fuzzy*.

### 2.1 LEAN MANUFACTURING

Discorrer sobre *Lean Manufacturing* é retornar nos anos de 1950, onde a oferta e demanda na produção de veículo passava por impasses. Os processos eram considerados ultrapassados devidos o alto custo para se produzir. Com essa ideia, grandes pensadores, empresários, engenheiros e administradores começaram a intensificar a sistemática produtiva a ponto de otimizar tempos e movimentos de seus colaboradores.

Esse foi um momento importante para a produção que envolve as organizações para os momentos atuais, chamado produção enxuta, como apresenta a Figura 2.1 como referencia trs produtos diferentes para PA, PB, PC, as abordagens tradicionais e enxutas (LINDENAU-STOCKFISCH; SEARLE; MÖCKEL, 2016).

Figura 2.1 – Etapas entre fluxo tradicional e fluxo sincronizado



Fonte: Adaptado de Dennis (2008).

Para Dennis (2008) o método enxuto para produção é um sistema baseado no cliente, envolvimento da equipe, padronização e estabilidade nos processos, onde a interconexão está em otimizar os desperdícios gerados por excessos nos processos produtivos.

Com isso, a eficiência do setor produtivo no geral envolve atividades como, atividade de agregação de valor; atividades auxiliares; atividades desnecessárias; entrega de produtos; envolvimento do trabalhador; melhoria contínua; tempos de preparo reduzido; interrupção do processo em momentos que se tenha algo errado; prevenção de erros e, manutenção produtiva total.

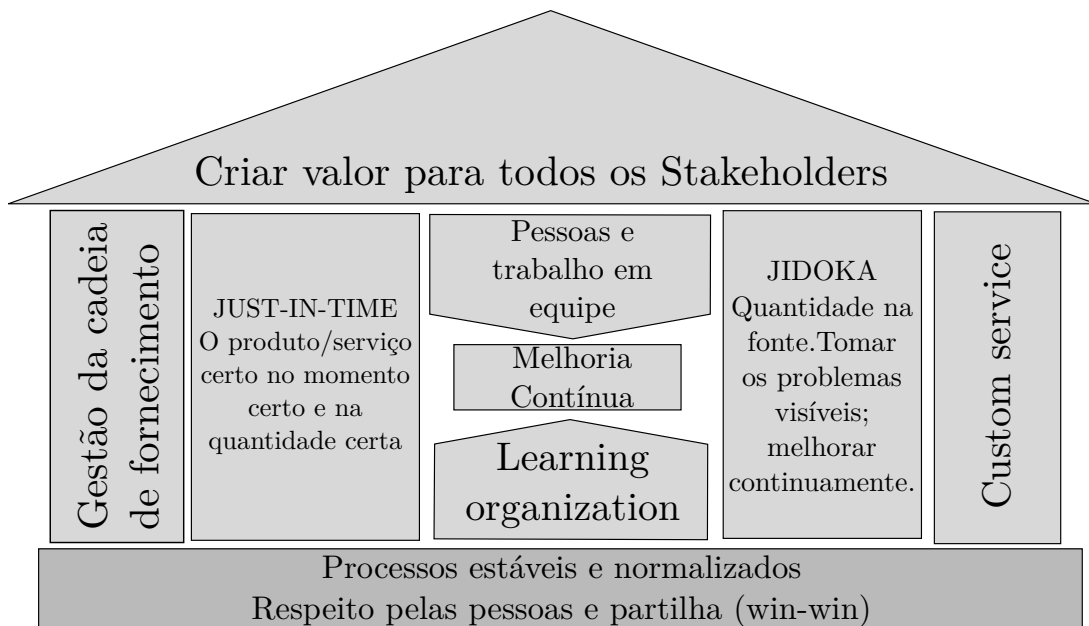
Neste processo, sua sistemática é manter a estabilidade na produção, a ponto de manter a fábrica sempre focalizada em suas metas, na capacidade produtiva, na qualidade nos processos e produtos ofertados, a nível de qualificar seus colaboradores, e inovar por meio de aquisições tecnológicas para poder se manter de forma mais competitiva (WOMACK; JONES, 2004).

Para tanto, o sucesso organizacional e competitivo é compreensível em relação de produção enxuta desempenhada pela manufatura. Em que a consequência de ações e atividades contribua na qualidade do produto, qualidade na entrega e satisfação de cliente e gestores, corroborando com os processos decisórios.

### **2.1.1 Princípios enxutos**

O processamento enxuto é uma sistema de trabalho que busca inibir falhas, oferecendo feedback de imediato sobre os esforços, para transformar desperdícios em fluxo de valor. É um contraste de sintonia vertical e horizontal para uma organização, que por meio da reengenharia, formou uma nova forma de trabalho, ao invés de simplesmente atribuir produções em massa, construindo assim, padrões de qualidade, satisfação de cliente e empresa nada satisfatórios (WOMACK; JONES, 2004; MARODIN; SAURIN, 2015).

O que era no sistema Toyota de Produção a superioridade e importância da aplicação da qualidade nos produtos passaram a ser explorada pelos *stakeholders*, como objetivo em manter pessoas trabalhando fortemente como equipe em prol da melhoria contínua, como reflete as teorias da mentalidade enxuta ilustrada na Figura 2.2 (GREEF; FREITAS; ROMANEL, 2012; HUNG; HSIAO; WU, 2014).

Figura 2.2 – Edifício *Lean Thinking*

Fonte: Adaptado de Greef, Freitas e Romanel (2012).

No ambiente enxuto, a implementação deve ser observado como conjuntos de atividades que são desenvolvidas na entrega do produto. E nesse contexto o modelo abordado no edifício *Lean Thinking* reflete questões que envolvem trocas de ações, de base "Win-Win".

### 2.1.2 Metodologia dos desperdícios *Lean Manufacturing* na produção

Qualquer organização fabril está sujeita a obter falhas e desperdícios em seus processos produtivos. No mercado global há diversas empresas que buscam definições de agregação de valores, visando aperfeiçoar seus recursos suprindo as exigências de competitividade e produção.

Para isso, o Sistema Toyota de Produção (STP) insere suas técnicas nos ambientes industriais, obtendo como função primordial a integração de pessoas, máquinas e matéria-prima na busca da solução de problemas (THANKI; THAKKAR, 2014; PANWAR; JAIN; RATHORE, 2015).

Esses valores uma vez compreendidos pelo sistema de desperdícios terão como objetivo prover informações sobre as principais barreiras causadoras de problemas nos processos. É com esse sentido que o sistema enxuto quando envolve sua filosofia nos negócios, busca menor "Lead Time" custo mais baixo e qualidade alta (OHNO, 1997;

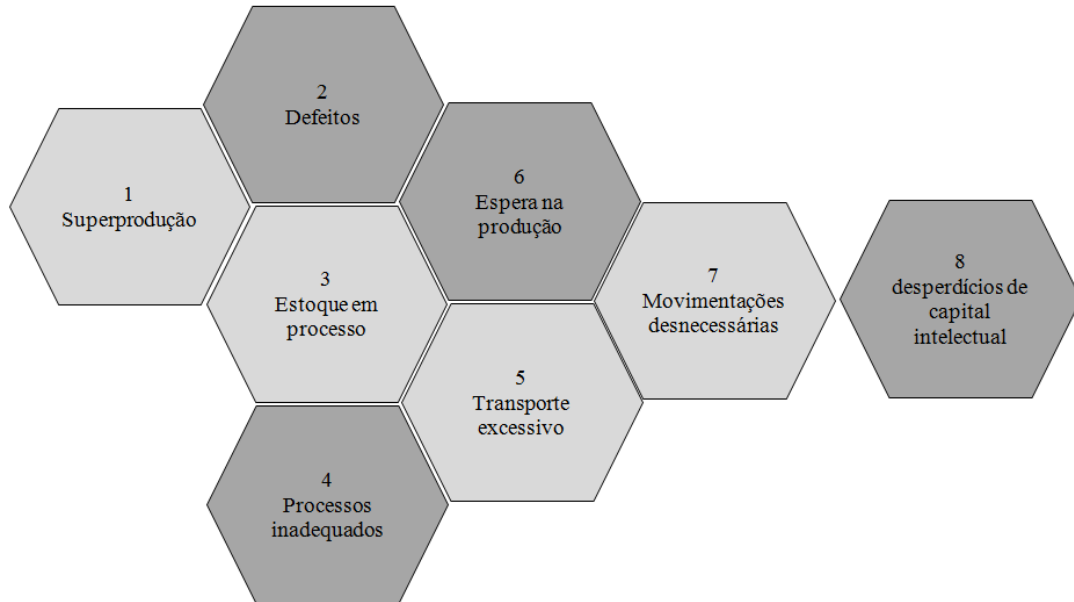
THANKI; THAKKAR, 2014).

Desse modo, a alternativa projetada pela mentalidade enxuta é redefinir os processos de trabalho nos departamentos organizacionais. Essa ação vai gerar de forma positiva a criação de valores necessários da empresa para cada função que intervém no desenvolvimento do produto, que são defeitos zero, estoques zero, movimentações zero, acidente zero, *Lead Time Zero*, quebra zero e tempos de preparação zero (WOMACK; JONES, 2004).

Partindo da percepção enxuta, em ambientes competitivos, onde se busca minimizar custos e maximizar lucros, parametrizar os processos produtivos é fundamental para se tornar competitivo no mercado, ajustando as definições que agregam valor no fluxo de produção em prol da melhoria contínua (OHNO, 1997; WOMACK; JONES, 2004).

Para tanto, o pensamento enxuto proposto pelo Shingo (1996) e Ohno (1997) consideram os oito desperdícios de apoio, simplificando sistematicamente a tomada de decisão. Nesse viés, esses desperdícios são percebidos não somente em abordagens produtivas, mas também em complemento ao setor administrativo da empresa. Assim, os oito processos de melhorias e identificação de falhas podem ser compreendidos na Figura 2.3.

Figura 2.3 – Pensamento enxuto e seus desperdícios



Fonte: Adaptado de Ohno (1997).

Distinguir os desperdícios é um momento de grande importância no ambiente produtivo. Desse modo, a constante busca pela eliminação de falhas e gargalos não pode parar. Deve-se então, o responsável pelo setor, rotacionar os oito conceitos de desperdícios na organização, e encontrar as causas primárias, atacando a fonte de problemas

(WOMACK; JONES, 2004). O excesso de produção é o desperdício mais grave operacionalmente (OHNO, 1997).

O *Lean Thinking* (pensamento enxuto) derivado do *Lean Manufacturing*, caracteriza distintos modelos de melhorias de produção e desperdícios a serem abordados continuamente. Sendo assim, é uma metodologia de simples compreensão, mas de difícil aplicação, pois se tem a necessidade de integrar e correlacionar diversos setores operacionais. No qual as informações coletadas para realização de melhoria devem ser percebidas à ponto de vista do sistema da gestão como um todo.

### 2.1.3 Administração da produção em processos

Para a ciência da administração da produção, pessoas são capazes de realçar a capacidade de tomar decisões de forma intuitiva, ou por meio de lógicas (MAXIMIANO, 2010; KRISTENSEN; ISRAELSEN, 2014) identificando fundamentos como:

- a) princípios organizados de conhecimento;
- b) uso de dados empíricos;
- c) análise sistemática de dados e;
- d) resultados que podem ser repetidos.

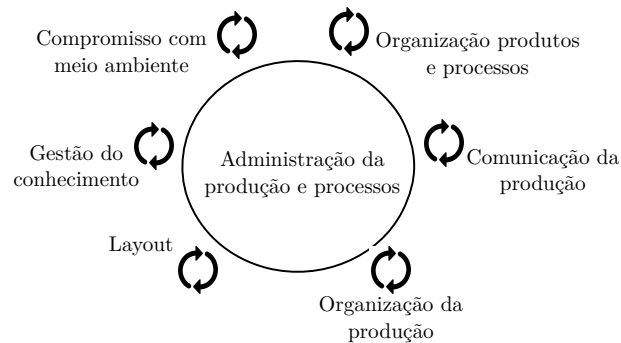
A administração da produção é a atividade pela qual realça os recursos disponíveis, fluído de sistemas, transformando-os de forma controlada e que possam agregar valores, conforme os objetivos propostos pelas empresas (JACOBS; CHASE, 2012).

Comentar sobre essa área é entender o contexto geral de todo processo produtivo, que envolve toda a cadeia, sendo formada pelo fornecedor da matéria-prima até o cliente final. Fazer administração envolvendo produção é um viés que integra bens e serviços por meio da comercialização de roupas, comida, veículos, edifícios, tecnologias e máquinas, por exemplo. Todos esses meios produtivos chegam até a sociedade devido a uma alta gerência de processos e operações organizadas pelo administrador produtivo (MAXIMIANO, 2010).

A Figura 2.4 explica como identificar a presença da administração de produção na organização, em processos evolutivos. Nesse sentido, gestão da produção é fazer com que se tenha planejamento e controle do sistema, avaliando atividades rentáveis para os processos, a fim de ordenar como devem ser feitos (GU, 2015).

Desse modo, os processos administrativos que são envolvidos na produção consistem em combinações geradas por meio de máquinas, ferramentas, força e trabalho manual (SPILLANE; KENNEY, 2012). Um processo é um conjunto de ações integradas para fins de um produto/serviço característicos compostos por sistemas de informação, integrando atividades que envolvem pessoas, procedimentos, recursos e tecnologia (SCHULTE et al., 2015; TORTORELLA et al., 2015).

Figura 2.4 – Administração de produção e processos



Fonte: Adaptado de Spillane e Kenney (2012).

Nesse sentido de unir as necessidades organizacionais, algumas premissas precisam ser postas em prática pela gestão, tais como:

- a) identificar os diversos processos empresariais;
- b) entender as interações da empresa;
- c) definir indicadores de desempenho dos processos;
- d) estabelecer padrões de medição de desempenho;
- e) controlar os processos;
- f) melhoria contínua.

A partir desses apontamentos expostos nos textos, consegue-se perceber a importância dos processos e a responsabilidade da administração em qualificá-los. Em que a ação nos processos está na sustentação de um bom planejamento estratégico produtivo, que consiste em transformar os ciclos da administração da produção.

## 2.2 GESTÃO DA QUALIDADE

O bom desempenho gerado pela qualidade em uma determinada operação não leva a organização apenas em satisfação de consumidores externos, mas também deixa a qualidade de vida das pessoas com um envolvimento interno satisfatório (ELASSY, 2015; WECKENMANN; AKKASOGLU; WERNER, 2015).

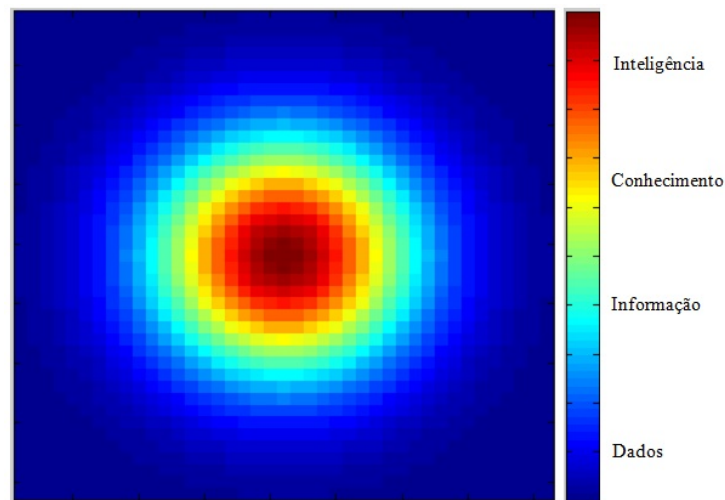
O conceito da qualidade consiste em dimensionar as características de uma empresa que lhe atribui a capacidade de satisfazer as necessidades específicas e subentendidas (ELASSY, 2015). A abordagem da gestão da qualidade a partir do cenário de evoluções se consolidou, como melhorias contínuas, abordagens científicas, visões de processos, liderança, comprometimento e envolvimento gerencial que criaram uma base para a estruturação de operações como um todo (VIEIRA FILHO, 2012; ELASSY, 2015).

Desse modo, a importância da qualidade tem um seguimento forte nos negócios, devido às exigências empregadas pela demanda, em que a prioridade não é em pagar um produto ou serviço de alto valor, ou baixo, mas sim de uma mercadoria com a empregabilidade de inúmeras técnicas a ponto de oferecer estes serviços de alto padrão satisfazendo o mercado que se esta em foco (XIAOFEN, 2013). Taguchi, Thomas e Hsiang (1990) aponta em como transformar, ou fazer melhorias na qualidade:

- a) pesquisando as necessidades de consumidores e suas expectativas;
- b) definindo padrões de qualidade;
- c) cumprir os padrões de qualidade;

A partir das melhorias empregadas ao produto é importante que a qualidade permaneça assegurada para que possa fazer essas transformações, sendo composta por sistemas de programas eficazes, métodos e diretrizes que possam estabelecer e manter um padrão específico de qualidade no produto ou serviço (JURAN, 1992; WECKENMANN; AKKASOGLU; WERNER, 2015).

Figura 2.5 – Diagrama de Fases



Fonte: Adaptado de Kahraman (2008).

Carpinetti (2012) aborda a qualidade como um termo subjetivo que significa diferentes produtos e serviços para, diferentes pessoas e situações, definindo-se assim, como, grau de excelência. Com esse pensamento, os elementos que contribui como fator chave do termo qualidade são abordados na Figura 2.5 com os sistemas (dados), controle de processos (informação), gerenciamentos (conhecimento) e pessoas (inteligência), que envolve a assimetria em se ter um bom serviço ou um bom produto.

Assim, gestão da qualidade é supervisionar e adequar produtos e serviços atendendo as necessidades percebidas pelo cliente. Expressando dimensões de conformidade de produtos, por meio de desperdícios controlando e coordenando a organização ao alcance de suas metas e objetivos.

### 2.3 PROCESSOS DE TOMADA DE DECISÃO NAS ORGANIZAÇÕES

Um processo pode ser considerado como um conjunto de informações coletadas e processadas, de modo que o gestor possa simular um ambiente e assim, criar alternativas do objetivo para o planejamento (SIMON, 1965; KARAASLAN, 2016). Os objetivos dos processos se situam de acordo com o Quadro 2.1.

Quadro 2.1 – Objetivos dos processos

<b>Os possíveis problemas operacionais em uma organização</b>
Para problemas técnicos, o que deve ser feito?
Para problemas cronológicos, em quanto tempo deve ser resolvido?
Para problemas financeiros, com que valores a organização pode contar economicamente?
Para problemas de recursos/serviço, com o que os gestores, podem contar no momento, e a longo prazo?
Para problemas metodológicos/processos, quais tomada de decisão a empresa deve atribuir?
Para quais finalidades busca-se resolver determinados problemas e, porque?

Fonte: Adaptado de Ensslin, Neto Montibellar e Noronha (2001).

Para normalização da qualidade em processos, depende muito da descrição que vai solucionar um problema, ou fazer um detalhamento para desenvolver, uma gestão de processos. No qual para sua execução é necessário que existam parâmetros que trabalhem como padrões de referências, avaliando o desempenho das decisões a serem tomadas (HWANG; SHEN, 2015). Para elaboração dos processos é necessária uma integração de diversos critérios, sendo estruturada por cinco estas etapas de acordo com Abdel-Maksoud et al. (2015) sendo:

- a) identificação do problema;
- b) diagnóstico;
- c) geração de alternativas;
- d) escolha de decisão;
- e) avaliação da decisão.

É possível fazer melhorias na qualidade de processos com decisão correta, sendo realizada através de elaborações de modo criterioso. A partir disso, a qualidade das informações coletadas, poderá contribuir para que a gestão corporativa seja enfatizada, através



das decisões tomadas em consequência dos processos decisórios (GRAY; NUNAMAKER, 1993; ROJAS-ZERPA; YUSTA, 2015).

Nesse sentido, o fluxo designado para o processo decisório ocorre num ambiente em diversas etapas, que são necessariamente pré-determinados de modo a um raciocínio lógico (SADR et al., 2015). Desse modo, o processo para se realizar uma tomada de decisão com racionalidade precisa ser identificado por fatores tais como:

- a) defina o problema (as variáveis mais importantes);
- g) estabeleça o critério de decisão (fundamente o objetivo);
- h) relacione os parâmetros aos critérios;
- i) gere alternativas;
- j) avalie as alternativas e escolha a melhor;
- k) programe a decisão e monitore os resultados.

Saber tomar a decisão correta é uma ação que não pode ser medida, mas pode ser mensurada de forma lógica distinguindo os impactos que podem ser afetados como sociais, econômicos e ambientais. São diversos critérios que envolve os processo decisórios e que precisam ser compreendidos pelo gestor levando em consideração a potencialidade da empresa ao fazer a escolha certa.

### **2.3.1 Riscos na tomada de decisão em processos produtivos**

Os riscos empresariais são voltados aos eventos ocorridos constantemente nas decisões que os gestores tomam diariamente. São processos de riscos incertos que agem constantemente sobre ns estratégias, provocando muitas vezes desastres financeiros (HYDE; DECROP, 2011).

Nos processos produtivos industriais os riscos podem ser percebidos no ambiente operacional, pois são nesse ambiente que são desenvolvidos os bens e serviços prestados. Também, é nesse ambiente que precisa ser verificado constantemente os processos decisórios compreendendo os critérios de risco na busca por inibir as falhas organizacionais (SOLTANI et al., 2015).

A gestão de riscos para processos esta baseada na integridade e eficiência competitiva da equipe, das pessoas que estão diretamente envolvidas na transformação de matéria-prima (PRZYBYŁA-KASPEREK; WAKULICZ-DEJA, 2016). Desse modo, para se evitar a obtenção de riscos, o gestor deve buscar pela eficiência organizacional conforme as premissas destacadas pelos autores Przybyła-Kasperek e Wakulicz-Deja (2016) em:

- a) processos específicos de designação de responsabilidade;
- b) comunicação frequente e contínua entre os funcionários envolvidos;
- c) nítida segregação de funções entre as unidades de operações;
- d) forte e dedicada função de gerenciamento de riscos;

- e) competente função de controle;
- f) estruturação do sistema de operações de produtos.

Há uma certa dificuldade ante os gestores quando trata-se do conhecimento de riscos que uma organização pode correr ao tomar certa decisão quanto ao mercado em que esta inserida. Questões complexas são estabelecidas quando o gestor se depara em identificar a potencialidade dos concorrentes, na agregação financeira, em tecnologias de alto potencial e, no investimento em qualificação de mão de obra. São cenários que irão favorecer ou não a escolha desejada pela empresa.

## 2.4 CONCEITO AO MÉTODO CONJUNTO *FUZZY*

O conjunto *fuzzy* surgiu para desencadear métodos que explicavam apenas situações que envolvessem a teoria de valores para termos linguísticos verdadeiro com número 1 e falso para 0, ou palavras como muito, pouco, grande, pequeno, aceitando apenas essas regras, ou a lógica convencional, de pertinência.

A teoria da lógica nebulosa passou a envolver valores de sistema complexos não lineares, refletindo o que as pessoas pensam por meio de uma regra que caminhou para que dados pudessem variar entre as extremidades 0 e 1. Tornando assim, uma lógica multivalorado conforme a Equação 2.1.

Na lógica nebulosa *fuzzy* o caso de expressão correto é proposto pela Equação 2.2, onde se considera um conjunto A, em um elemento com relação ao conjunto (KAHRAMAN, 2008; LI et al., 2015; MASSA et al., 2015).

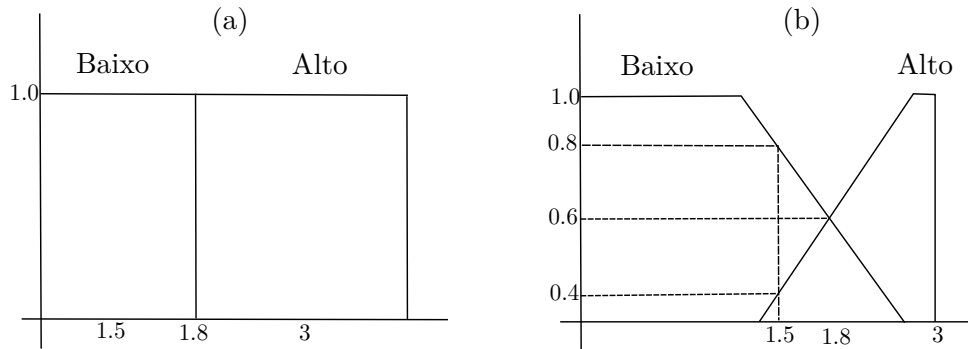
$$f(x) = \begin{cases} 1, \text{ se...e...somente...se, } x \in a \\ 0, \text{ se...e...somente...se, } x \notin a \end{cases} \quad (2.1)$$

$$u(x) = \begin{cases} 1, \text{ se...e...somente...se, } x \in a \\ 0, \text{ se...e...somente...se, } x \notin a \\ 0 \leq u(x) \leq 1, \text{ se...x...pertence...parcialmente...a} \end{cases} \quad (2.2)$$

Na lógica difusa os autores Kar e Pani (2014) e Dragovic et al. (2015) conceituam o *fuzzy* como uma ferramenta que trabalha com maior número de informações possíveis, de bivalência ou multi-valência, por meio de métodos de incertezas, sendo explicado por expressões de meio termo como, meio quente; mais ou menos frio; um pouco distante, entre outras. Em consistência disso, *fuzzy* é matematicamente um conjunto de princípios relacionados a um grau de pertinência. No qual os autores Dragovic et al. (2015) explicam sua aplicação para:

- a) análise de dados;
- b) construções de sistemas especialistas;
- c) controle e otimização;
- d) reconhecimento de padrões

Figura 2.6 – Conceito *Booleano* (a) *Fuzzy Sets* (b)



Fonte: Adaptado de Pedrycz e Gomide (2007).

Pedrycz e Gomide (2007) abordam a temática na Figura 2.6 onde identifica a diferença entre o sistema booleano. Independente dos três valores relacionados no desenho “a”, a conotação é figurada somente por baixo ou alto,  $[0,1]$ . Enquanto no desenho “b”, que propõe um método de racionalidade lógica, os três valores podem ser considerados baixos e altos ao mesmo tempo, pois, são avaliados determinando o conjunto agregado nas funções, onde, 1,5 podem ser altos para ambientes “ $x$ ” ou baixo para ambientes “ $y$ ”. A Equação 2.3 ilustra como é considerado um conjunto da lógica difusa, no qual  $a$  é o conjunto *fuzzy*,  $\mu_a(x)$  é a função de pertinência “ $x \in x$ ” universo ou universo de discurso.

$$a = \{(x, \mu_a(x)) \mid x \in x\} \quad (2.3)$$

Em operações básicas, para *fuzzy*  $a$  e  $b$  determinados como um conjunto de universos  $x$ , a união de  $a \cup b$  estará representando todos os elementos relacionados ao  $a$  e  $b$  ou ambos os conjuntos. Com esta definição a intersecção  $a \cap b$  representa todos os elementos de  $x$  para ambos os conjuntos.

Assim o complemento do conjunto “ $a$ ”, representado por  $\bar{a}$ , ficará definido como elementos do universo  $x$ , não pertencentes ao conjunto “ $a$ ”. o conjunto de  $a$  para o conjunto de  $b$  representado por  $a/b$  compreende como seleção de todos os elementos do universo  $\in$  “ $a$ ” e  $\notin$  “ $b$ ”.

Desse modo, a união dos conjuntos  $a$  e  $b$  sendo representada por  $a \oplus b$ , é composta por um conjunto pertencentes a  $a$  e não pertence a  $b$  ou de forma inversa. Na matemática os símbolos podem ser representados pelas Equações 2.4 à 2.8.

$$a \cup b = \{x | x \in a \dots \text{ou} \dots x \in b\} \quad (2.4)$$

$$a \cup b = \{x | x \in a \dots e \dots x \in b\} \quad (2.5)$$

$$\bar{a} = \{x | x \in a \dots e \dots x \in x\} \quad (2.6)$$

$$a | b = \{x | x \in a \dots e \dots x \notin b\} \quad (2.7)$$

$$a \oplus b = \{x | x \in a \dots e \dots x \notin \dots \text{ou} \dots \notin a \dots e \dots x \in a\} \quad (2.8)$$

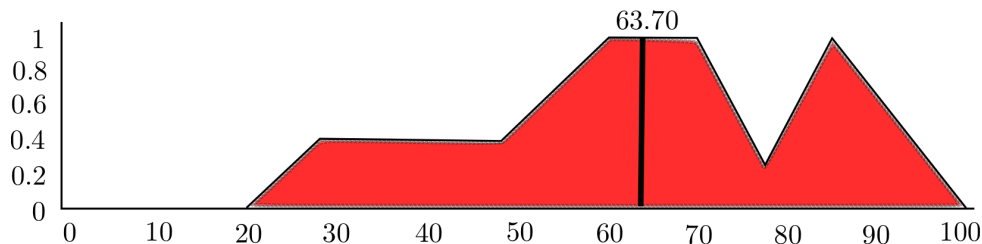
As Equações 2.9 e 2.10 correspondem a defuzzificação desses dados é o centro de gravidade. Pois o mesmo apresenta a média das áreas de todo conjunto de números reais corresponde à *fuzzy*.

$$G(B) = \frac{\sum_{n=0}^{i=0} ui \varphi B(ui)}{\sum_{n=0}^{i=0} \varphi B(ui)} \quad (2.9)$$

$$G(B) = \frac{\int \mathbb{R} u \varphi B(u) du}{\int \mathbb{R} \varphi B(u) du} \quad (2.10)$$

Para tanto as equações para esse domínio *fuzzy* são 2.9 e 2.10 que pode ser analisado na Figura 2.7.

Figura 2.7 – Defuzzificação



Fonte: Adaptado de Kahraman (2008).

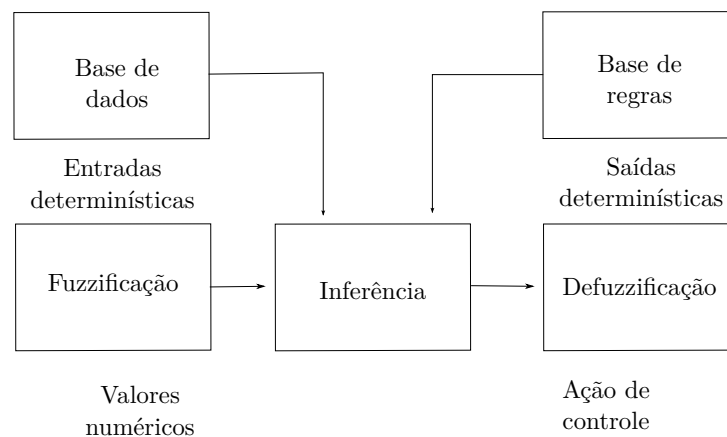
A confiabilidade do modelo matemático da lógica nebulosa é considerada com um método que pode controlar as decisões a serem tomadas, por sistemas de incertezas ou imperfeitos em condições convencionais capaz de gerenciar ou executar de forma eficaz. Sua aplicação em organizações transporá informações valiosas no qual muitas vezes são desconsideradas pela gerência (SIMÕES; SHAW, 2007; KAZEMI; HOMAYOUNI; JAHANGIRI,

2015; LI et al., 2015). Algumas vantagens dos procedimento desenvolvidos por *fuzzy* são:

- a) regras de fácil compreensão pela equipe envolvida;
- b) as regras podem ser testadas individualmente;
- c) as regras são baseadas em conhecimentos de especialistas em termos linguísticos;
- d) o processamento de informação é veloz;
- e) os controladores compostos pelas regras são confiáveis e robustos.

Com essa ferramenta utiliza-se o *fuzzy* “*set*” e o “*rules*” que, respectivamente significam conjunto e regras, onde tem como função compilar inúmeros processos e identificar qual é o melhor a ser escolhido para tomada de decisão, em função de medir as incertezas da capacitação humana (MCNEILL; THRO, 1994; KAZEMI; HOMAYOUNI; JAHANGIRI, 2015).

Figura 2.8 – Sistema neural *Fuzzy*



Fonte: Adaptado de Mcneill e Thro (1994).

Em explícito na Figura 2.8 de sistemas neurais, a modelagem matemática apresentada pela lógica de raciocínio *fuzzy*, pode ser considerada de extrema importância, quando a mesma for aplicada em conceitos que agregam a informações provindas de inovações com modelagens (MCNEILL; THRO, 1994; TALWAR, 2011; BARIN, 2012; KAZEMI; HOMAYOUNI; JAHANGIRI, 2015).

Com todas as incertezas nos cenários atuais, torna-se complicado realizar trabalhos científicos e não estudar fundamentos compostos da modelagem matemática nebulosa “*logic fuzzy*” para processos decisórios de qualquer ambiente, onde esse método contemple as imprecisões dos resultados.

## 2.5 CONCEITO AO MÉTODO *ANALYTIC HIERARCHY PROCESS* (AHP)

A *Analytic Hierarchy process* (AHP) é um método que foi criado para assegurar de caráter simples, as premissas sob a visão de multicritérios. Estruturando e atribuindo valores e selecionando as alternativas de maior importância. O procedimento *Ahp* foi desenvolvido pelo pesquisador Thomas L. Saaty, cidadão americano, que nos anos de 1970 definiu sua ideia de métodos hierárquicos, que para época não era muito utilizada, havendo poucas abordagens ao tema (SAATY; SHIH, 2009). Desse modo, Saaty transformou a *Ahp* em um método pioneiro, subjetivo, de caráter simples e intuitivo (SOLIMANPUR; MANSOURFAR; GHAYOUR, 2015).

Na contextualização do *Ahp* uma das causas que deixa a pesquisa um pouco contraditória e o efeito reverso quanto às ordens de prioridade, quando tomadas em uma pesquisa. No momento em que se retira uma variável na escala hierárquica os valores podem sofrer um efeito colateral em resposta a ordem dos vetores (SAATY; SHIH, 2009; SOLIMANPUR; MANSOURFAR; GHAYOUR, 2015). Para tanto, Saaty e Shih (2009) propõe que para as análises hierárquicas faz-se necessário estruturar alguns passos como:

- a) o objetivo global;
- b) identificar os horizontes de tempo que afetam a decisão;
- c) os critérios que devem satisfazer a execução dos subjetivos e do objetivo global;
- d) os subcritérios de cada critério;
- e) os atores envolvidos;

Com esta sequencia de cálculos, a próxima etapa serve para contextualizar a aplicação do sistema *Ahp* (SAATY; SHIH, 2009).

- a) estruturação do problema;
- b) comparação paritária dos julgamentos individuais dos atores envolvidos;
- c) analisar a consistência das decisões proferidas por cada ator envolvido;
- d) determinar a prioridade (pesos) dos critérios de julgamento para cada ator;
- e) calcular a prioridade dos critérios dos grupos, a partir das prioridades individuais;
- f) determinar a classificação das alternativas proferidas por cada ator;
- g) calcular a classificação do grupo de alternativas, a partir de avaliações individuais;
- h) calcular a classificação (ranking) das alternativas para tomar decisão.

O *Ahp* obedece a uma matriz recíproca a contextualização, feito por meio de julgamentos que devem ser calculados com a Equação 2.11. No qual se pretende estimar o autovetor.

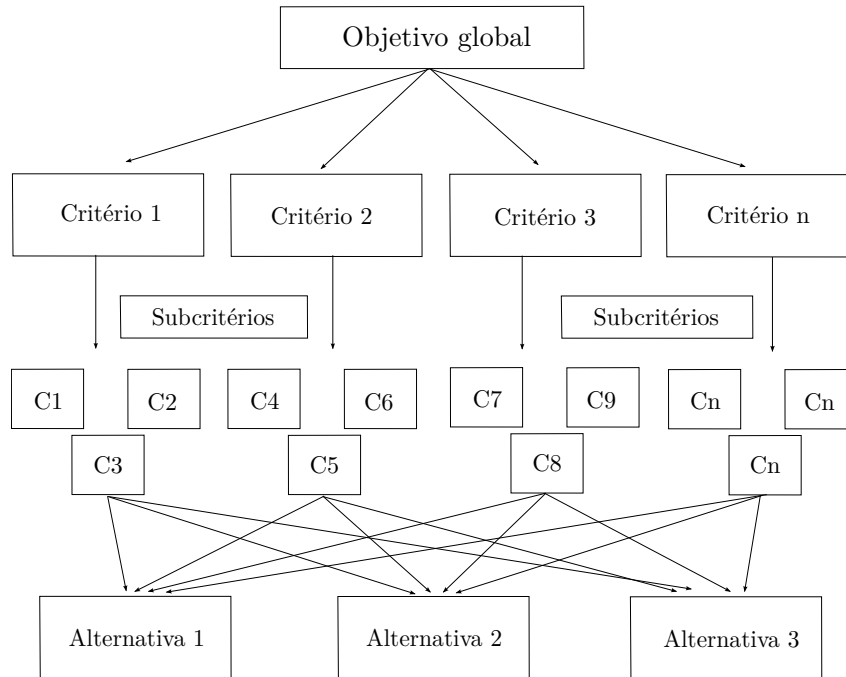
$$v_i = \prod_{j=1}^n a_{ij}^{1/n} \quad (2.11)$$

Quando há problemas de priorização sobre um conjunto de critérios, faz-se necessário a aplicação da análise hierárquica de processos que passará informações sobre um desempenho geral, definindo a hierarquização dos problemas, e as possíveis alternativas.

### 2.5.1 Elaboração do *Analytic Hierarchy Process*

Faz-se necessário para aplicação do *Ahp* descrever a modelagem necessária construir os níveis hierárquicos com critérios, subcritérios e alternativas, de acordo com a Figura 2.9 (CHOU; YU, 2013; AKBARIAN, 2015; MARANATE; PONGPULLPONSAK; RUTTANAUMPAWAN, 2015).

Figura 2.9 – Modelo hierárquico *Analytic Hierarchy Process*



Fonte: Adaptado de Saaty e Shih (2009).

Por meio da escala Saaty, o julgamento dos critérios deve ser estabelecido sempre usando em comparação os valores inteiros, e o de menor importância. Na teoria hierárquica, caso o elemento linha for mais importante que o elemento coluna, precisa inserir valores recíprocos na matriz de correspondência, buscando a consistência entre a atividade ou critérios estabelecidos (SAATY; SHIH, 2009).

$$\begin{pmatrix} & A & B & C & D \\ A & 1 & 5 & 6 & 7 \\ B & 1/5 & 1 & 4 & 6 \\ C & 1/6 & 1/4 & 1 & 4 \\ D & 1/7 & 1/6 & 1/4 & 1 \end{pmatrix}$$

Para a matriz em contexto, pode-se notar que a linha do critério "A", está sobressaindo-se a todas as colunas em comparação aos critérios "B", "C" e "D", pois todos os valores estão superiores a 1. Nesse caso pode-se ler o critério "A" da matriz como a sendo 5 vezes maior que "B" e 7 vezes mais dominante que "D". Saaty e Shih (2009) resumem que, para conseguir bons resultados aplicando o método *Ahp* precisa-se seguir alguns passos importantes como: Definir o problema e o que se procura saber; decompor o problema desestruturado em hierarquias sistemáticas; construir uma matriz de comparação paritária e, fazer os julgamentos para completar as matrizes.

## 2.6 EXTENSÃO CHANG *FUZZY-ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (FUZZY-AHP)*

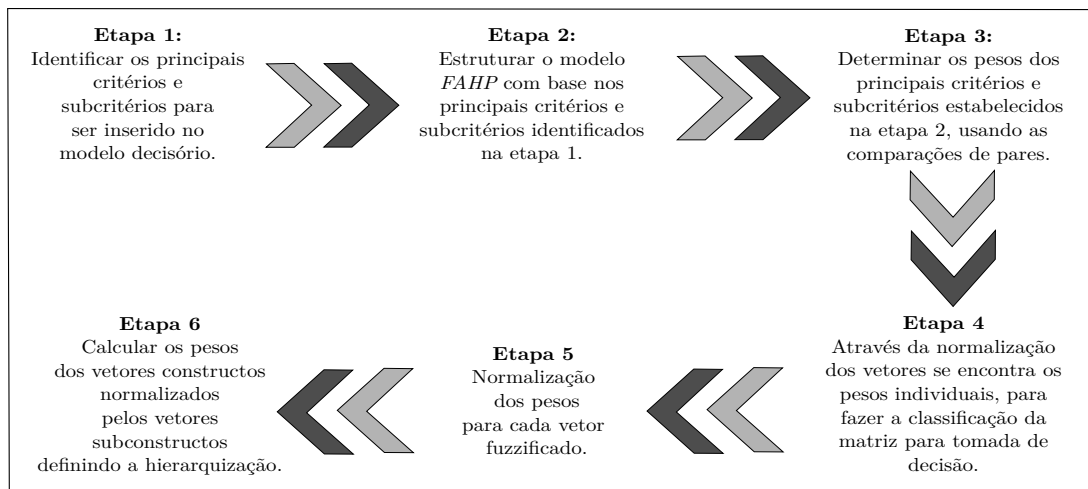
A elaboração e aplicação do método *Fuzzy-Ahp* é um instrumento que iniciou suas aplicações em 1983 pelos autores Van-Laarhoven e Pedrycz (1983), que fizeram relações difusas em grau de pertinências triangulares, tornando assim uma abordagem manipulada através da integração FAHP (ZARE et al., 2016).

Compreende-se a importância da teoria de conjuntos *fuzzy*, pois seus resultados completam as incertezas e imprecisões compostas em diversos critérios abordados em um problema, simplificando a abordagem. Mesmo assim, essa teoria obtém-se de algumas fraquezas quanto a priorização dos pesos para cada critério. Com isso, o método que pode influenciar nessa abordagem em identificar os pesos corretos desses critérios é o método *Ahp* (OUMA; OPUDO; NYAMBENYA, 2015).

Harmonizando as teorias *Fuzzy-Ahp* forma-se uma estrutura que propõe uma pré-qualificação e escolha de quais critérios será considerada de maior importância. Para isso, criou-se a necessidade em elaborar seis etapas que direcionam os cálculos para identificar os pesos dos critérios conforme demonstradas na Figura 2.10 (CHOU; YU, 2013).



Figura 2.10 – Estrutura para escolha de critérios



Fonte: Adaptado de Kahraman (2008).

Seguindo estas seis etapas é possível se chegar a uma padronização para processos decisórios, fornecendo soluções que reduzam as falhas na proposta de pesquisa, ante as incertezas e imprecisões não encontradas. Com essa estrutura FAHP as vantagens são maiores, decorrentes de aplicações feitas por *fuzzy* ou *Analytic Hierarchy Process* individualmente (RASHID; HUSNINE, 2014; WU et al., 2014; WANG, 2015; FALAT; MARCEK; DURISOVA, 2016; ZARE et al., 2016).

Tabela 2.1 – Escala Saaty de importância

Se $a_i$ em relação $a_j$ é:	Então $c_{ij}$ é:	Se $a_i$ em relação $a_j$ é:	Então $c_{ij}$ é:
Igual	1	Igual	1
Um pouco mais importante	3	Um pouco mais importante	1/3
Mais importante	5	Mais importante	1/5
Muito mais importante	7	Muito mais importante	1/7
Absolutamente mais importante	9	Absolutamente mais importante	1/9

Fonte: Saaty e Shih (2009).

O desenvolvimento do método de aplicação das quatro etapas segue o raciocínio de Chang (1996) que visa priorizar os fatores críticos decisórios. Iniciando os cálculos pelo autovetor. Nesse sentido, o autovetor é o valor que vai ser direcionado para normalização, no qual o somatório dos seus elementos seja igual à unidade. Com isso, calcula-se a

proporção de cada um desses elementos em relação a soma, conforme a Equação 2.12.

$$\bar{w}(Ci) = \sum_{j=1}^m \bar{w}_i(Ci) / m \quad (2.12)$$

As prioridades obtidas só terão significado se forem derivadas de matrizes de forma consistente. Com esse viés, após encontrar os pesos de cada prioridade, deve-se realizar testes sobre a consistência das respostas, verificando se essas respostas mantêm-se logicamente relacionadas. Para esse processo, multiplica-se as matrizes de preferência desses critérios estabelecidos com base na Equação 2.13 e, posteriormente, pela Equação 2.14. No qual, encontra-se o  $\lambda_{max}$  que será utilizado para finalizar o procedimento de normalização.

$$\bar{f}(aj) = \sum_{i=1}^m \bar{w}(Cj) \cdot vi(aj) \quad (2.13)$$

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m \frac{aw}{wi} \quad (2.14)$$

Na sequência dos processos, calcula-se o índice de consistência (IC) na Equação 2.13. Valor encontrado após o cálculo do  $\lambda_{max}$ . Mas para isso, faz-se necessário utilizar a escala de Saaty, conhecida como Índice Randômico da Tabela 2.2.

Desse modo, o pressuposto valor da razão de consistência (RC) pode ser expressado pela Equação 2.16.

$$IC = \left| \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \right| \quad (2.15)$$

$$RC = \left| \frac{CI}{RI} \right| \quad (2.16)$$

Utilizando a escala de Saaty, para o Índice Randômico para cálculo da Equação 2.15, aplica-se uma ponderação equivalente de 1 a 15. Neste caso, esta sendo apresentado apenas a ponderação entre 3 e 10. Justificando-se essa demonstração da escala devido que boa parte de estudos remetem-se à somente casos com matrizes entre 3 e 10. Havendo exceções para matrizes com 11,12 ou 15.

Tabela 2.2 – Índice randômico

Nº	3	4	5	6	7	8	9	10
IR	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,49	1,51

Fonte: Saaty e Shih (2009).

Entretanto, este método não é tão eficiente quando o problema envolve um grau maior de incerteza. Frente a essa dificuldade, foi desenvolvido o conjunto dos números *fuzzy* para auxiliar no processo de decisão em problemas mais complexos. De acordo com a literatura, percebe-se que a abordagem *fuzzy* é utilizada para compensar a imprecisão do *Ahp* convencional com relação ao seu grau de importância no julgamento dos tomadores de decisão (STEFANO et al., 2015).

Para modelar este tipo de incerteza (da preferência humana), os conjuntos *fuzzy* podem ser incorporados na comparação categórica do *Ahp*. Portanto, a abordagem *Fuzzy-Ahp* permite uma descrição mais precisa e robusta do processo decisório (STEFANO et al., 2015; WANG, 2015).

Zadeh (1965) introduziu a teoria dos conjuntos *fuzzy*, para racionalizar a incerteza associada com a imprecisão, de forma análoga ao pensamento humano. Assim, o *Ahp* passou a ter uma extensão *fuzzy*, sendo desenvolvido para resolver problemas de imprecisão hierárquica (STEFANO et al., 2015; WANG, 2015).

Nesse sentido, após a comparação par a par dos critérios e subcritérios por meio dos valores "*crisp*" do método *Ahp* original é determinada uma escala com números *fuzzy* para conversão. utilizando-se das escalas triangular e trapezoidal *fuzzy* respectivamente nas Tabelas 2.3 e 2.4 de (MOU, 2004; SOMSUK; LAOSIRIHONGTHONG, 2014; DO; CHEN; HSIEH, 2015).

Tabela 2.3 – Escala linguística *fuzzy* trapezoidal

Escala fuzzy trapezoidal	Recíproca inversa	Definição
(1;1;1)	(1;1;1)	Igual importância
(2;5/2;7/2;4)	(1/2;1/2.5;1/3.5;1/4)	Igualmente importante
(4;9/2;11/2;6)	(1/4;1/4.5;1/5.5;1/6)	Fracamente importante
(6;13/2;15/2;8)	(1/6;1/6.5;1/7.5;1/8)	Fortemente importante
(8;17/2;9;9)	(1/8;1/8.5;1/9;1/9)	Muito fortemente mais importante

Fonte: Mou (2004), Do, Chen e Hsieh (2015).

A linguagem que a escala trapezoidal apresenta e que diferencia-se da triangular é a proporção e o dimensionamento de combinações que podem ser atribuídas quando se deseja obter resultados com dados mais complexo mas com maiores precisões.

Tabela 2.4 – Escala linguística *fuzzy* triangular

Escala fuzzy triangular	Recíproca inversa	Definição
(1;1;1)	(1;1;1)	Igual importância
(1/2;1;3/2)	(2/3;1;2)	Igualmente importante
(1;3/2;2)	(1/2;2/3;1)	Fracamente importante
(3/2;2;5/2)	(2/5;1/2;2/3)	Fortemente importante
(2;5/2;3)	(1/3;2/5;1/2)	Muito fortemente mais importante
(5/2;3;7/2)	(2/7;1/3;2/5)	Absolutamente mais importante

Fonte: Tseng, Lin e Chiu (2009).

Após a conversão dos números convencionais do método *Ahp* em números *fuzzy* sendo estes trapezoidal ou triangular das Tabelas 2.3 e 2.4 segue-se para o método de extensão Chang (1996). Este método de extensão do *Ahp* para números *fuzzy* é um dos mais conhecidos na literatura e justificado pelo seu procedimento relativamente simples em comparação a outras abordagens *fuzzy* (SOMSUK; LAOSIRIHONGTHONG, 2014). Os passos para a aplicação do método seguem resumidos e utilizado por autores como (AIKHUELE; SOULEMAN; AZIZI, 2014; LOW; GAO; TIONG, 2015; MARODIN; SAURIN, 2015; STEFANO et al., 2015).

Etapa 1: Transformação dos valores originais "crisp" do modelo *Ahp* original em números *Fuzzy* e a comparação pareada de cada critério e subcritério em uma matriz. Esta operação pode ser visualizada pela seguinte expressão matemática da Equação 2.17.

$$(m_{g1}^j)_{n.n} = \begin{bmatrix} m_{g1}^1 \dots m_{g1}^2 \dots m_{g1}^3 \dots m_{g1}^n \\ m_{g2}^1 \dots m_{g2}^2 \dots m_{g2}^3 \dots m_{g2}^n \\ m_{g3}^1 \dots m_{g3}^2 \dots m_{g3}^3 \dots m_{g3}^n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (1, 1, 1) \dots (a_{12,b12,c12}) \dots (a_{1m,b1m,c1m}) \\ (a_{21,b21,c21}) \dots (1, 1, 1) \dots (a_{2m,b2m,c2m}) \\ (a_{n1,bn1,cn1}) \dots (a_{n2,bn2,cn2}) \dots (1, 1, 1) \end{bmatrix} \quad (2.17)$$

Etapa 2: O valor da medida sintética *fuzzy* em relação ao objeto é definida pelas Equações 2.18 à 2.21.

$$si = \sum_{j=1}^m m_{gi}^j \otimes \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m m_{gi}^j \right]^{-1} \quad (2.18)$$

$$\sum_{j=1}^n m_{ij} = \left( \sum_{j=1}^n l_{ij} \sum_{j=1}^n m_{ij} \sum_{j=1}^n u_{ij} \right), i = 1, 2, 3, \dots, \quad (2.19)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n m_{gi}^j = \left( \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n l_{ij}, \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n m_{ij}, \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n u_{ij} \right) \quad (2.20)$$

$$\left[ \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n m_{ij} \right]^{-1} = \left( \frac{1}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n u_{ij}}, \frac{1}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n m_{ij}}, \frac{1}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n l_{ij}} \right) \quad (2.21)$$

Etapa 3: O grau de possibilidade de é definido pela Equação 2.22.

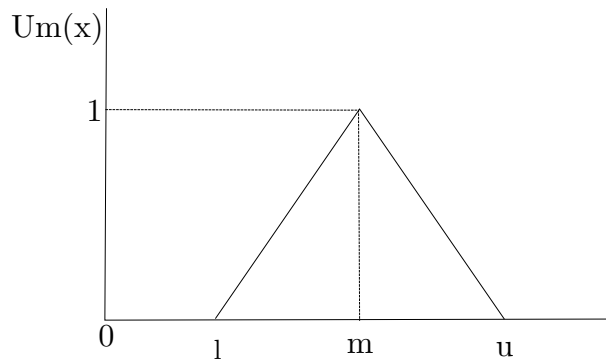
$$v(m_2 \geq m_1) = \sup_{y \geq x} [\min(\mu_{m_2}(x), \mu_{m_2}(y))] \quad (2.22)$$

E, pode ser equivalentemente a Equação 2.23 triangular, que apresenta as três condições, no qual apenas duas utilizadas por Chang.

$$v(m_2 \geq m_1) = \text{hgt}(m_1 \cap m_2) = \mu_{m_2}(d) = \begin{cases} 1, & \text{se } \dots m_2 \dots \geq \dots m_1 \\ 0, & \text{se } \dots l_1 \dots \geq \dots l_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{cc} \end{cases} \quad (2.23)$$

Desse modo, o *fuzzy* triangular como representado na Figura 2.11 é usado para identificar parâmetros que possua variações e apontar a possibilidade de que uma única ocorrência seja maior que as outras (KAHRAMAN, 2008).

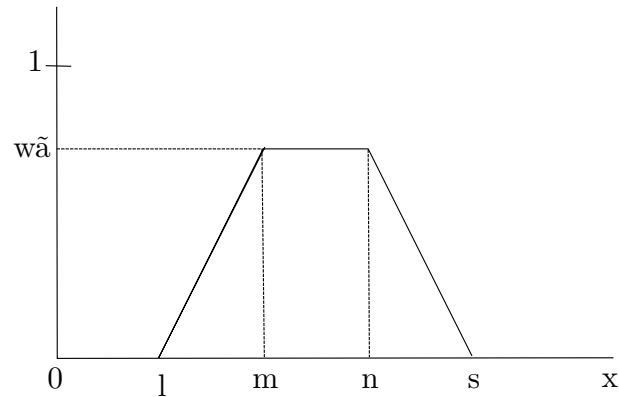
Figura 2.11 – Triangular *fuzzy*



Fonte: Kahraman (2008).

Nesse sentido, o *fuzzy* trapezoidal Equação 2.24 pode lidar com situações mais gerais denotado pelas funções  $(l, m, n, s)$ . Na qual  $(m, n)$  é chamado de intervalo de  $\tilde{A}$  e "l" e "s" são os parâmetros para limites superior e inferior que tendem a limitações do campo de avaliação possível, como apresenta a Figura 2.12.

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} \frac{x-l}{m-l} & l \leq x \leq m \\ 1 & m \leq x \leq n \\ \frac{s-x}{s-n} & n \leq x \leq s \end{cases} \quad (2.24)$$

Figura 2.12 – Trapezoidal *fuzzy*

Fonte: Kahraman (2008).

Como exposto anteriormente a formulação das operações baseou-se no método original de Chang (1996), portanto utilizou-se a primeira e a terceira condição da Equação 2.23.

Etapa 4: O grau de possibilidade para um número *fuzzy* convexo ser maior do que  $k$  números *fuzzy* convexos  $M_i(i=1,2,3,\dots,k)$  pode ser definido pelas Equações 2.25 e 2.26 respectivamente.

$$v(m \geq m_1, m_2, \dots, m_k) = \quad (2.25)$$

$$v[(m \geq m_1)] e(m \geq m_2)(m \geq m_k) = \min V(m \geq m_i), i = 1, 2, 3, \dots, k \quad (2.26)$$

Nesse sentido a Equação 2.23 assume a forma da Equação 2.27 mensurando assim, o mínimo das possibilidades de cada critério.

$$d^{(a_i)} = \min v(s_j \geq s_i) \quad (2.27)$$

Etapa 5: Por meio da normalização, os vetores de peso são obtidos por meio da Equação 2.28, no qual  $w$  é um número não *fuzzy*.

$$w_i = \frac{w'_i}{\sum_{i=1}^n w'_i} \quad (2.28)$$

Etapa 6: Finalmente calculam-se os pesos globais para os subcritérios. Os pesos globais dos subcritérios são obtidos pela multiplicação do peso local de cada subcritério pelo peso do critério a que pertence. Este último procedimento define a hierarquização final de todos os subcritérios.

Para cada valor de entrada "*crisp*" inserido conforme a extensão de Chang, a resposta pode ocorrer de duas formas, sendo por meio de regras triangulares, ou trapezoidais. Essas regras combinadas foram um valor de saída que corresponderá a decisão a ser tomada pelos gestores.

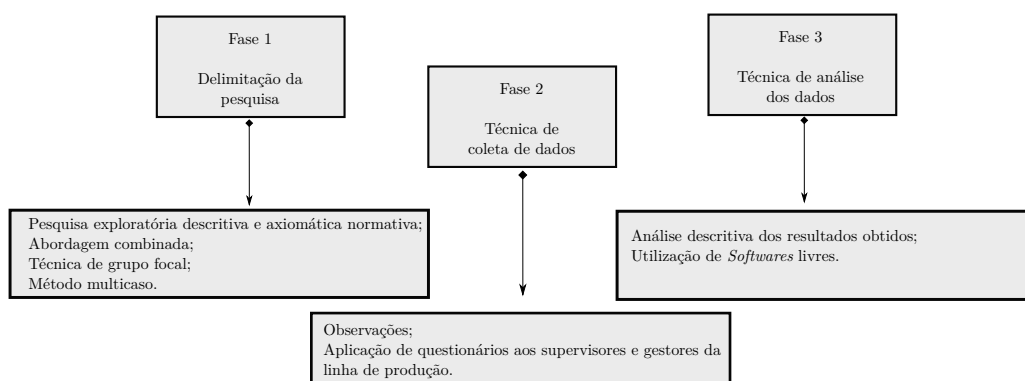
### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo relaciona quais componentes científicos são importantes para realização da pesquisa, na qual serve como base para identificação de problemas, atendendo os objetivos propostos.

#### 3.1 FASES DO PROCESSO METODOLÓGICO

A pesquisa é relacionada em um processo racional e sistêmico, que tem como objetivo informar as respostas aos problemas que são identificados. Entretanto, o estudo poderá ter um crescimento durante a aplicação quanto à descrição das realidades e ações (GIL, 2008; MARCONI; LAKATOS, 2010).

Figura 3.1 – Fases do processo metodológico



Fonte: Autor.

A Figura 3.1 esclarece as fases que a pesquisa percorreu para que se possa ser concluída, a ponto de desenvolver um modelo conceitual conforme as informações disponíveis. Na delimitação da pesquisa, fase um, consistiu-se em fazer abordagens que envolvam critérios qualitativos e quantitativos (combinada) de forma exploratória a descrever e normatizar os problemas ao estudo de caso proposto.

Na fase dois, é considerada a forma como se buscou coletar os dados do trabalho, que foi por meio da aplicação de questionários envolvendo especialistas da linha de produção. No entanto, a fase três, foi a efetivação e avaliação dos dados coletados, desenvolvendo os resultados executando-os em *softwares* livres.



Dessa forma, o estudo da dissertação foi realizado em três empresas de distintas cidades do Rio Grande do Sul, tais como: Nova Esperança do Sul; Santa Maria; Nova Hartz. Estudo no qual se obteve como finalidade de pesquisa em sistemas de qualidade e produção, cuja intenção foi facilitar a utilização do *Lean Manufacturing* apoiando os gestores para tomada de decisão.

### 3.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA

O presente estudo é enfatizado como exploratório descritivo e axiomático normativo. Desse modo, uma pesquisa exploratória é devidamente caracterizada em ocasiões que há um problema linear estabelecido com pouca informação. Assim, as pesquisas exploratórias estabelecem como objetivo, descrever ações determinantes em uma população ou fenômenos, com base em diversas variáveis (CERVO; BERVIAN, 2002; RUIZ, 2008; ROESCH, 2013).

Pesquisa descritiva procura observar, registrar e analisar fatos ou variáveis sem ter manipulações. Essa abordagem é relacionada principalmente em casos que se desejam levantar problemas que merecem ser estudados.

Estudo axiomático normativo é um método que visa desenvolver ações a fim de melhorar resultados disponíveis na literatura, investigando soluções para problemas identificados como novos por meio de programação matemática. Uma abordagem que contribui para o desenvolvimento de novas metodologias e potencializar modelos existentes para novas técnicas de conhecimento.

### 3.3 ABORDAGEM COMBINADA

Em números, abordagens quantitativas consistem em atender um campo da ciência de afirmações com maior objetividade. É o ato de mensurar variáveis e características cuja principal forma é de captar a consistência real dos fatos. Logo o pesquisador deve concluir os fatos mensuráveis. Desse modo, não influenciará no uso de induções para geração de resultados (CERVO; BERVIAN, 2002; MIGUEL, 2012).

No sentido quantitativo, os dados serão coletados e posteriormente analisados por meio de técnicas estatísticas. Esses dados podem ser denominados através da mensurabilidade, causalidade, generalização e replicação. Mas, em pesquisas que envolvem sistemas de engenharia de produção os métodos mais utilizados para observação de variáveis, podem ser conduzidos por avaliações em modelagens matemáticas e simulações, experimentos práticos ou quase experimento (MIGUEL, 2012).

A medida que se comenta em realizar pesquisas que originam de método qualitativo, as técnicas de interpretação vêm a descrever, decodificar e traduzir modos que possam ser relacionados com entendimento de forma empírica não resultar em variáveis frequentes para determinado problema.

Na abordagem qualitativa, algumas características devem ser consideradas, tais como, ênfase na interpretação subjetiva dos indivíduos, abordagem não muito estruturada, múltiplas fontes de evidências e delineamento do contexto do ambiente da pesquisa (MIGUEL, 2012).

Ao que parece, aplicações de abordagens combinadas utiliza critérios qualitativos e quantitativos, exigindo do pesquisador considerações que se busca identificar se é possível a real aplicação e valorizar o estudo (MIGUEL, 2012; ROESCH, 2013). Para tanto, existem vantagens para aplicação qualitativa e quantitativa combinadas, que tendem a permitir um melhor entendimento dos problemas isoladamente. São esses:

a) proporcionar vantagens que compensem pontos fortes e fracos de ambas as abordagens;

b) ajudar a responder questões que não podem ser respondidas por abordagens separadamente;

c) prover evidências mais abrangentes para o estudo de um problema de pesquisa do que ambas separadamente;

d) ser “prática” no sentido de que o pesquisador é livre para usar todos os métodos possíveis para solucionar o problema identificado.

Esse método proporciona a possibilidade de usar diversas técnicas de coleta de dados disponíveis, ocasionando em poucas restrições na pesquisa. É importante comentar que as técnicas qualitativas sobressaem-se na estrutura do estudo, enquanto a quantitativa resulta em análises de processos.

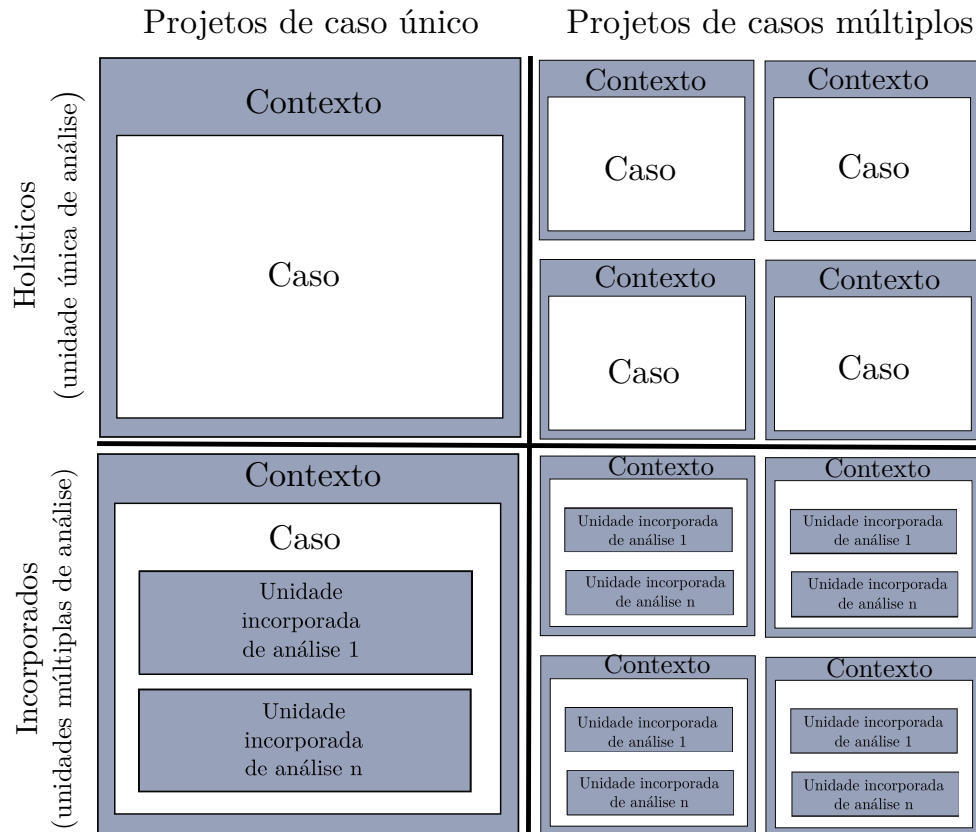
### 3.4 MÉTODOS DE MULTICASO NA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

O estudo de caso é uma abordagem que tem maior frequência nas pesquisas utilizadas na engenharia de produção e gestão de operações. Pois este método possibilita aos pesquisadores amplos trabalhos de identificação sobre fenômenos causadores de problemas e soluções organizacionais.

Nesse sentido, conforme as afirmações de Yin (2001) Figura 3.2 a realização de uma pesquisa voltada para estudo de caso pode ser compreendida por meio de quatro alternativas que podem enaltecer diferentes tipos de projetos. No qual pode ser referenciado como: (i) estudo de caso único e holístico (alternativa 1); (ii) estudo de caso único incorporado (alternativa 2); (iii) estudo de caso múltiplo holístico (alternativa 3); (iv)

estudo de caso múltiplo incorporado (alternativa 4).

Figura 3.2 – Diferentes tipos de projetos para estudo de caso



Fonte: Yin (2001).

Yin (2001) fundamenta que um estudo de caso pode ser precisamente utilizado em momentos que: (i) representar um caso de modo decisivo ao realizar testes em teorias formuladas; (ii) em momentos que, um caso raro necessita de documentação e análise ao extremo; (iii) em momentos que, trata-se de um projeto considerado típico a outros casos fornecendo informações e experiências para outros (iv) em momentos que, fornece ao pesquisador informações inacessíveis a ciência (v) e possibilita estudar mais de um caso único para momentos distintos.

Assim, a adoção em realizar um estudo de caso, deve estar fortemente relacionado a bases literárias, atendendo os objetivos da pesquisa, no sentido de ajustar caminhos que possam contribuir o fenômeno investigativo almejado. Recomenda-se então que, uma pesquisa fundamentada em estudo de caso, deve ter componentes principais tais como: (i) questões de estudo; (ii) proposições; (iii) unidade de análise; (iv) união de dados a proposição; (v) critérios interpretativos sobre os resultados (YIN, 2001).

### 3.5 TÉCNICA E DELIMITAÇÃO DO TEMA EM QUESTÃO

A técnica utilizada para pesquisa, faz-se necessário identificar o público-alvo, como pessoas, eventos causadores de informações os quais servirão para responder as questões relacionadas ao estudo (COLLIS; HUSSEY, 2005; COOPER; SCHINDLER, 2011). As técnicas são a utilização de habilidades para preceitos ou normas de seus propósitos, obtendo assim uma documentação direta através de busca de dados. É importante salientar que, a pesquisa obteve como base, uma bibliografia de material elaborado, composto formalmente por livros e artigos científicos (GIL, 2008; MARCONI; LAKATOS, 2010; MIGUEL, 2012).

Nesse sentido, para elaboração e análise técnica do trabalho, foram utilizados *softwares* livres, tais como, *Assistat*, *Statistica*, *Infuzzy*, *Scilab* e *SPSS* para computação dos dados. O ajuste da proposta do tema dissertado foi integrado primeiramente por meio da aplicação de questionários paritários juntamente à três gestores e nove especialistas de linha de produção e qualidade do setor manufatureiro. No qual o questionário foi estruturado de acordo com os desperdícios *Lean Manufacturing*.

Adotou-se utilizar somente uma das cinco dimensões pelo fato de a mesma estar centrada em quesitos que pavimentam a otimização de custos, tempos e movimentos que comportam a manufatura produtiva (KALTENECKER; QUEIROZ, 1995). Para compreensão dos dados foram considerados métodos matemáticos assim como estatísticos condizentes a utilização do *Alfa* de *Cronbach* Equação 3.1; *Fuzzy-Ahp*; *Fuzzy Sets* e o método de distância Euclidiana da Equação 3.2.

$$\alpha = \left[ \frac{k}{k-1} \right] \left[ 1 - \frac{\sum_{i=1}^k S_i^2}{S_t^2} \right] \quad (3.1)$$

$$\sqrt{(p_1 - q_1)^2 + (p_2 - q_2)^2 + (p_n - q_n)^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (p_i - q_i)^2} \quad (3.2)$$

Com o emprego desses métodos a pesquisa definiu novos processos ajustáveis à determinado grau de importância similar entre as questões levantadas no questionário a nível de facilitar os processos decisórios em aplicações enxutas *Lean* em ocasiões utilizadas em indústrias de transformação.

### 3.6 ANÁLISE TÉCNICA DE GRUPO FOCAL

O campo de estudo sempre que envolve abordagem qualitativa pode ser constituído sobre diversas probabilidades metodológicas, permitindo assim, processos mais dinâmicos realizados de modo à grupo focal. Essa técnica de coleta de dados, permite a interação

grupais, promovendo a ampla problematização sobre determinado tema ou foco específico (GONDIM, 2003; BACKER et al., 2011).

A técnica de grupo focal é bastante utilizada em momentos que se deseja explorar concepções e experiências de participantes, predominando assim, não examinar somente o que as pessoas pensam, mas como elas estão raciocinando e, por que agem dessa forma específica.

Faz-se necessário que a composição do grupo focal considere-se que os integrantes respondentes possam obter características comuns sobre o tema abordado. Essas características devem ser determinadas pelo objetivo do estudo, com uma amostra intencional (BACKER et al., 2011; REIS; LADEIRA; FERNANDES, 2013).

Outro fator relevante para essa abordagem técnica é o tamanho do grupo a ser trabalhado. Apesar de algumas literaturas abordarem que o número essencial deve estar entre quatro e 10 participantes em uma sala, isto vai depender do nível de envolvimento e características comuns envolvidas no assunto.

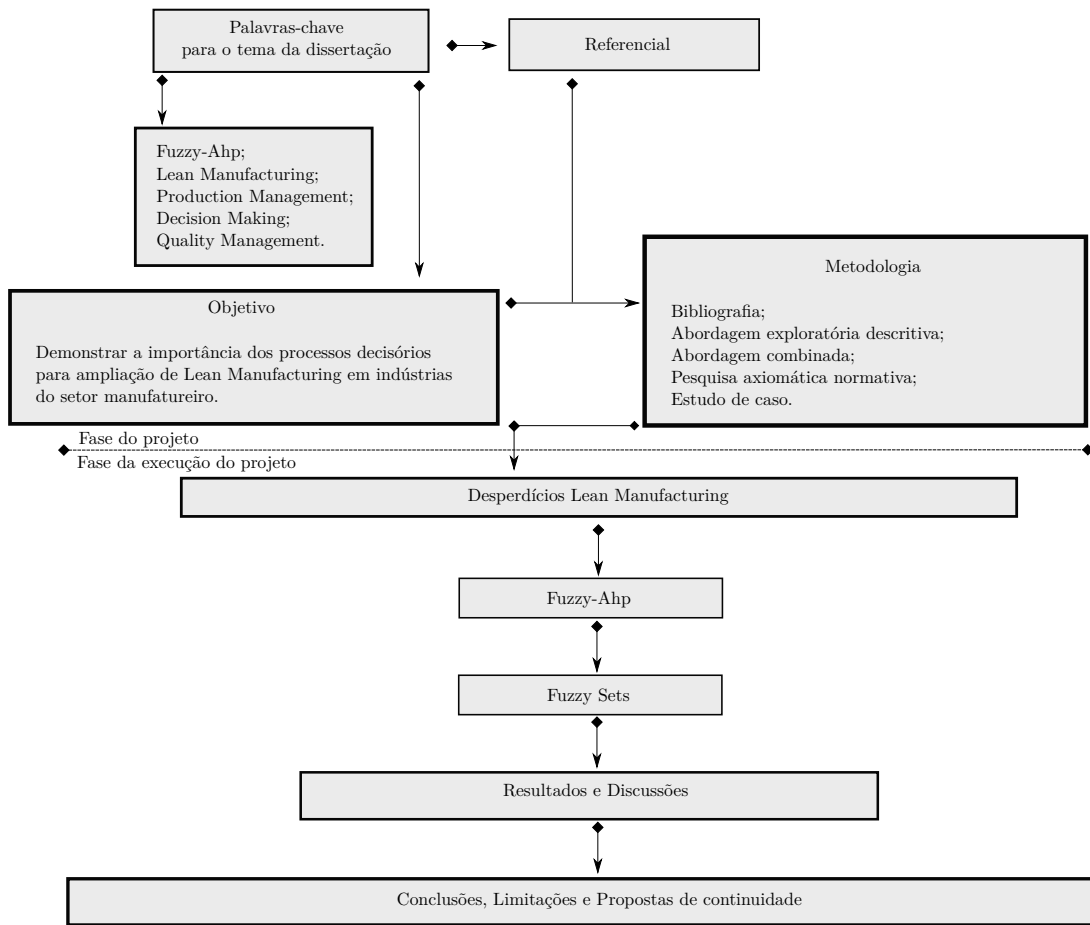
Se desperta interesse maior de um grupo pequeno como em quatro ou seis pessoas, o tema abordado fluirá melhor com chances de todos participarem comumente. Com um número superior a 10 elementos e a temática complexa o controle e as informações absorvidas pode haver tendências a polarizar e entrar em conflito (GONDIM, 2003; BACKER et al., 2011).

Para tanto, o número essencial de grupos deve ser trabalhados à luz dos objetivos da investigação proposta pelo pesquisador, ou seja, trata-se de uma abordagem técnica que pode ser utilizada em ambientes que o foco principal está em realizar análises em grupo, e a integração dos dados como um todo.

### 3.7 VISÃO GERAL DA PROPOSTA DE DISSERTAÇÃO

Como proposta da dissertação, a pesquisa possibilitou a apresentação de questões importantes quanto ao objetivo do trabalho, que obteve como atributos estabelecer uma sinergia entre a Engenharia de Produção, com *Lean Manufacturing*, FAHP, *Fuzzy Sets*, tomada de decisão, gestão da qualidade e administração da produção.

Figura 3.3 – Processos da dissertação



Fonte: Autor.

A Figura 3.3 retrata que é a partir da escolha dos objetivos, que a pesquisa direcionou-se para a primeira etapa do estudo composto por identificação e correlação das palavras-chave à grau de veracidade ao tema da dissertação. Ao analisar o contexto, esse cenário, na segunda etapa desenvolveu-se a pesquisa por meio do delineamento e construção do referencial teórico atribuindo os campos de informações importantes para a validação do estudo.

Tal como na terceira etapa, os procedimentos metodológicos compreenderam à realizações de investigações do ramo de atuação da empresa em estudo. Assim, a utilização dessas técnicas e ferramentas argumentadas no item 3.5, permitiu o embasamento para identificação da problemática composta no item 1.1 e, que possam desdobrar os fundamentos básicos para construção de uma abordagem que facilite a aplicação enxuta *Lean* no setor manufatureiro.

### 3.8 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Como método de busca de dados, foi aplicado um questionário em uma entrevista aos especialistas de primeira linha de produção e qualidade. Como método de seleção dos dados, foram aplicados questionários de caráter coloquial aos gestores e especialistas de primeira linha de produção e qualidade.

Assim, foram relacionados os constructos a serem utilizados, descritos em literaturas publicadas encadeados como: processos; inspeção; estocagem; capacidade; custos e gestão. Esse conjunto de critérios indicados foram referenciados com base teórica em artigos que potencializam diretamente a utilização desses fatores e propuseram abertura para elaboração dos subconstructos, tais como apresenta o Quadro 3.1.

Quadro 3.1 – Relação de artigos como instrumento de coleta de dados

<b>Artigos para elaboração do questionário</b>	<b>Autores</b>	<b>Ano</b>
An integrated fuzzy multi criteria group decision making approach for ERP system selection.	Burak, E.	2016
Mechanics and dynamics of metal cutting operations for unified simulations.	Kilic, Z.; Altintas, Y.	2016
Applying lean production principles to facilities design of ramp-up factories.	Low, S. P.; Gao, S.; Tiong, K. L.	2015
Classification and relationships between risks that affect lean production implementation: a study in southern Brazil.	Marodin, G. A.; Saurin, T. A.	2015
Hybrid fuzzy methodology for the evaluation of criteria and sub-criteria of product-service system (PSS).	Stefano, N. M. et al.	2015
Application of fuzzy ahp for ranking critical success factors for the successful implementation of lean production technique.	Aikhuele, D. O.; Souleman, F. S.; Azizi, A.	2014
A fuzzy ahp to prioritize enabling factors for strategic management of university business incubators: resource-based view.	Somsuk, N.; Laosirihongthong, T.	2014
Performance value analysis for the justification of lean manufacturing systems.	Gurumurthy, A.; Kodali, R.	2007
Avaliação do desempenho de uma manufatura de equipamentos eletrônicos segundo critérios de competição.	Sellitto, M. A.; Walter, C.	2006
A framework for quality management research and an associated measurement instrument.	Flynn, B. B.; Schroeder, R. G.; Sakakibara, S.	1994

Fonte: Autor.

A proposta focaliza em estruturar um ambiente que facilite a aplicação enxuta *Lean* em conformidade com as dimensões da qualidade, definindo ações hierárquicas para tomada de decisão de forma específica aos processos produtivos.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ênfase deste capítulo emerge para apresentação dos resultados obtidos na aplicação de questionários aos gestores e supervisores em diferentes empresas. Nesse contexto, busca-se uma resposta dinâmica e eficiente para simplificar a aplicação da metodologia *Lean Manufacturing* no setor manufatureiro que o capítulo 4 divide-se em cinco linhas de raciocínio como prova de facilitar o dimensionamento dos resultados encontrados na pesquisa.

### 4.1 CARACTERÍSTICA DAS EMPRESAS ESTUDADAS

As três empresas que aceitaram participar da pesquisa são do setor manufatureiro sob pedido. Empresas que realizam atividades sob pedido tendem a obter maiores dificuldades em mercados complexos, devido sua volatilidade. Nessa continuidade, que o estudo buscou simplificar ações decisórias nesse nicho de sistemática.

A primeira empresa a ser estudada foi de Nova Esperança do Sul – RS que tem como principal atividade produzir calçados e, terceirizar serviços e produtos. A empresa de Santa Maria – RS, segunda a ser estudada tem como ramo desenvolver projetos do setor de metal, proporcionando serviços e produtos de forma a terceirizar suas atividades. A terceira empresa a ser estudada foi da cidade de Nova Hartz – RS que produz calçados e serigrafia para calçados. As três organizações são consideradas de médio porte por ter de 90 a 130 funcionários diretos e indiretamente.

### 4.2 ESTATÍSTICA DE CONFIABILIDADE

Em ocasiões que se trata de aplicação de questionários faz-se necessário estabelecer um pré-teste de campo. Nesse caso, a pesquisa passou por 3 especialistas da área *manufacturing* de distintas empresas (diferentes das empresas utilizadas na pesquisa) no qual originou-se um questionário padrão para aplicação, após realizar alguns ajustes necessários.

Para a padronização desse questionário foi importante a análise de confiabilidade. Esta análise foi feita com base no *software Statistical Package for the Social Sciences* SPSS, utilizando *Alfa de Cronbach*. Essa ferramenta estatística mede a confiabilidade dos dados encontrados. Nesse sentido, a consistência entre as respostas obtidas no estudo mostrou-se satisfatório, como pode ser percebido na Tabela 4.1.



Tabela 4.1 – Estatística de confiabilidade

<i>Alfa de Cronbach</i>	com base em itens padronizados	Número de itens utilizados
0,853	0,866	33

Fonte: Autor.

A demonstração da Tabela 4.1 com o valor de *Alfa* de 0,853 remete-se que a pesquisa obteve um grau de confiabilidade bom entre as questões. No qual, pode-se notar que tanto os respondentes gestores como supervisores das 3 diferentes empresas estão em um eixo de raciocínio lógico bastante próximos.

#### 4.3 DEFINIÇÃO DAS MATRIZES CONSTRUCTOS

Nesse contexto, após a normalização encontrada pelo *Alfa de Cronbach* da Tabela 4.1, o próximo passo é calcular os valores da razão de consistência, que conforme a literatura devem ser  $\leq 0,10$ , dos constructos e subconstructos conforme as Equações 2.13 e 2.14.

Nessa etapa da pesquisa os resultados obtidos são com base nas informações dos gestores e não supervisores. Esse cálculo foi realizado de acordo com a extensão FAHP de Chang (1996) apresentado conforme as equações explícitas na literatura anteriormente mencionadas.

Ao realizar a categorização das matrizes a primeira operação estatística que deve ser realizada é a análise da razão de consistência que obteve valores menores que 0,10. Deste modo, a consistência entre os constructos são confiáveis, no qual é exposto na Tabela 4.2 para cada organização entre as cidade de Nova Esperança do Sul; Santa Maria; Nova Hartz.

Tabela 4.2 – Razão de consistência e lambda sobre as matrizes constructos

Empresa NE	Empresa SM	Empresa NH
Constructos		
(CR) 0.066	(CR) 0.093	(CR) 0.056
(IR) 0.082	(IR) 0.115	(IR) 0.070
( $\lambda$ ) 6.41	( $\lambda$ ) 6.57	( $\lambda$ ) 6.35

Fonte: Autor.

A Tabela 4.3 remete a inserção de cada resposta pelos gestores transformada na escala de *fuzzy* triangular inversa, que são estabelecidas abaixo da linha inclinada repre-

sentada pelos valores (1;1;1). Esses valores representam o que cada gestor considerou importante conforme a escala *Ahp* da Tabela 2.1. Para se chegar a esta matriz utilizou-se da Tabela 2.3 para realizar as conversões sobre os constructos C1;C2;C3;C4;C5;C6 respectivamente.

Tabela 4.3 – Matrizes constructos triangular

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	(1;1;1)	(1/2;1;3/2) (3/2;2;5/2) (1/2;1;3/2)	(1;3/2;2) (5/2;3;7/2) (5/2;3;7/2)	(1/2;1;3/2) (1;3/2;2) (3/2;2;5/2)	(1/3;2/5;1/2) (1/2;1;3/2) (2/5;1/2;2/3)	(1/2;2/3;1) (1;3/2;2) (1/2;1;3/2)
C2	(2/3;1;2) (2/5;1/2;2/3) (2/3;1;2)	(1;1;1)	(3/2;2;5/2) (1;3/2;2) (5/2;3;7/2)	(1/2;1;3/2) (1/2;1;3/2) (1;3/2;2)	(2/7;1/3;2/5) (2/5;1/2;2/3) (1/2;1;3/2)	(2/5;1/2;2/3) (2/7;1/3;2/5) (1/2;1;3/2)
C3	(1/2;2/3;1) (2/7;1/3;2/5) (2/7;1/3;2/5)	(2/5;1/2;2/3) (1/2;2/3;1) (2/7;1/3;2/5)	(1;1;1)	(1/2;1;3/2) (1/2;1;3/2) (2/7;1/3;2/5)	(2/7;1/3;2/5) (2/7;1/3;2/5) (2/7;1/3;2/5)	(1/3;2/5;1/2) (1/3;2/5;1/2) (2/7;1/3;2/5)
C4	(2/3;1;2) (1/2;2/3;1) (2/5;1/2;2/3)	(2/3;1;2) (1/2;1;3/2) (1/2;2/3;1)	(2/3;1;2) (1/2;1;3/2) (5/2;3;7/2)	(1;1;1)	(1/3;2/5;1/2) (1/2;2/3;1) (1/2;1;3/2)	(2/7;1/3;2/5) (2/5;1/2;2/3) (1/2;1;3/2)
C5	(2;5/2;3) (2/3;1;2) (3/2;2;5/2)	(5/2;3;7/2) (3/2;2;5/2) (3/2;2;5/2)	(5/2;3;7/2) (5/2;3;7/2) (5/2;3;7/2)	(2;5/2;3) (1;3/2;2) (2/3;1;2)	(1;1;1)	(1;3/2;2) (1;3/2;2) (1/2;1;3/2)
C6	(1;3/2;2) (1/2;2/3;1) (2/3;1;2)	(3/2;2;5/2) (5/2;3;7/2) (2/3;1;2)	(2;5/2;3) (2;5/2;3) (5/2;3;7/2)	(5/2;3;7/2) (3/2;2;5/2) (2/3;1;2)	(1/2;2/3;1) (1/2;2/3;1) (2/3;1;2)	(1;1;1)

Fonte: Autor.

Na Tabela 4.4 são encontradas as médias entre as três empresas estudadas, a ponto de utilizar a Equação 2.15 como forma de cálculo.

Tabela 4.4 – Média das matrizes constructos

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	(1;1;1)	(0,83;1,33;1,83)	(2;2,5;3)	(1;1,5;2)	(0,41;0,63;0,89)	(0,67;1,06;1,5)
C2	(0,58;0,83;1,56)	(1;1;1)	(1,67;2,17;2,67)	(0,67;1,17;1,67)	(0,39;0,61;0,85)	(0,39;0,61;0,85)
C3	(0,36;0,44;0,60)	(0,39;0,5;0,69)	(1;1;1)	(0,43;0,78;1,13)	(0,29;0,32;0,40)	(0,32;0,38;0,47)
C4	(0,52;0,72;1,22)	(0,55;0,89;1,5)	(1,22;1,67;2,33)	(1;1;1)	(0,44;0,69;1)	(0,39;0,61;0,85)
C5	(1,39;1,83;2,50)	(1,56;2;2,67)	(0,92;0,92;0,92)	(1,22;1,67;2,33)	(1;1;1)	(0,83;1,33;1,83)
C6	(0,72;1,06;1,67)	(1,56;2;2,67)	(2,17;2,67;3,17)	(1,57;2;2,33)	(0,55;0,77;1,33)	(1;1;1)

Fonte: Autor.

Na Equação 4.1 é realizado o cálculo da matriz transposta. Valores estes que desdém das Equações 2.16 à 2.19.

$$S1 = (5.91, 8.02, 10.22) \odot \left( \frac{1}{32.01}, \frac{1}{41.11}, \frac{1}{54.43} \right) = (0.11, 0.19, 0.32)$$

$$S2 = (4.70, 6.39, 8.60) \odot \left( \frac{1}{32.01}, \frac{1}{41.11}, \frac{1}{54.43} \right) = (0.08, 0.15, 0.27)$$

$$S3 = (2.79, 3.42, 4.29) \odot \left( \frac{1}{32.01}, \frac{1}{41.11}, \frac{1}{54.43} \right) = (0.05, 0.08, 0.13)$$

$$S4 = (4.12, 5.58, 7.90) \odot \left( \frac{1}{32.01}, \frac{1}{41.11}, \frac{1}{54.43} \right) = (0.08, 0.13, 0.25) \quad (4.1)$$

$$S5 = (6.92, 8.75, 11.25) \odot \left( \frac{1}{32.01}, \frac{1}{41.11}, \frac{1}{54.43} \right) = (0.13, 0.21, 0.35)$$

$$S6 = (7.57, 9.5, 12.17) \odot \left( \frac{1}{32.01}, \frac{1}{41.11}, \frac{1}{54.43} \right) = (0.14, 0.23, 0.38)$$

Encontra-se nas equações de 4.2 à 4.7 os valores individuais para cada matriz dos

constructos, que serão selecionados pelos valores mínimos de cada matriz representados pela Equação 4.8.

$$V(S1 \geq S2) = 1$$

$$V(S1 \geq S3) = 1$$

$$V(S1 \geq S4) = 1$$

(4.2)

$$V(S1 \geq S5) = \frac{0.32 - 0.13}{(0.21 - 0.13) - (0.19 - 0.32)} = \frac{0.19}{0.21} = 0.90$$

$$V(S1 \geq S6) = \frac{0.32 - 0.14}{(0.23 - 0.14) - (0.19 - 0.32)} = \frac{0.18}{0.22} = 0.81$$

Os valores encontrados na Equação 4.2 remete-se a comparação mediana entre processos e os demais constructos. No qual se, o  $S1 \geq S2, S3, S4, S5, S6$ , não há necessidade de realizar as Equações 2.22 e 2.23. Caso as ponderações obtidas em processos ( $S1$ ) sejam menores, deve-se utilizar as Equações 2.22. e 2.23.

$$V(S2 \geq S1) = \frac{0.27 - 0.11}{(0.19 - 0.11) - (0.15 - 0.27)} = \frac{0.16}{0.2} = 0.8$$

$$V(S2 \geq S3) = 1$$

$$V(S2 \geq S4) = 1$$

(4.3)

$$V(S2 \geq S5) = \frac{0.27 - 0.13}{(0.21 - 0.13) - (0.15 - 0.27)} = \frac{0.17}{0.2} = 0.70$$

$$V(S2 \geq S6) = \frac{0.27 - 0.14}{(0.23 - 0.14) - (0.15 - 0.27)} = \frac{0.13}{0.21} = 0.62$$

Na Equação 4.3 apresenta-se os cálculos do constructo inspeção.

$$\begin{aligned}
 V(S3 \geq S1) &= \frac{0.13 - 0.11}{(0.19 - 0.11) - (0.08 - 0.13)} = \frac{0.02}{0.13} = 0.15 \\
 V(S3 \geq S2) &= \frac{0.13 - 0.08}{(0.15 - 0.08) - (0.08 - 0.13)} = \frac{0.05}{0.12} = 0.42 \\
 V(S3 \geq S4) &= \frac{0.13 - 0.08}{(0.13 - 0.08) - (0.08 - 0.13)} = \frac{0.05}{0.10} = 0.50 \\
 V(S3 \geq S5) &= \frac{0.13 - 0.13}{(0.21 - 0.13) - (0.08 - 0.13)} = \frac{0}{0.13} = 0 \\
 V(S3 \geq S6) &= \frac{0.13 - 0.14}{(0.23 - 0.14) - (0.08 - 0.13)} = \frac{-0.01}{0.14} = -0.07
 \end{aligned} \tag{4.4}$$

Reporta-se na Equação 4.4 a ponderação do critério estocagem.

$$\begin{aligned}
 V(S4 \geq S1) &= \frac{0.25 - 0.11}{(0.19 - 0.11) - (0.13 - 0.08)} = \frac{0.14}{0.03} = 4.66 \\
 V(S4 \geq S2) &= \frac{0.25 - 0.08}{(0.15 - 0.08) - (0.13 - 0.08)} = \frac{0.17}{0.02} = 8.50 \\
 V(S4 \geq S3) &= 1 \\
 V(S4 \geq S5) &= \frac{0.25 - 0.13}{(0.21 - 0.13) - (0.13 - 0.08)} = \frac{0.12}{0.03} = 4 \\
 V(S4 \geq S6) &= \frac{0.25 - 0.14}{(0.23 - 0.14) - (0.13 - 0.08)} = \frac{0.11}{0.04} = 2.75
 \end{aligned} \tag{4.5}$$

Na Equação 4.5 é feito o cálculo da capacidade. No qual o valor mínimo que vai ser utilizado para equações posteriormente é o número 1.

$$V(S5 \geq S1) = 1 \quad V(S5 \geq S2) = 1$$

$$V(S5 \geq S3) = 1 \quad V(S5 \geq S4) = 1 \quad (4.6)$$

$$V(S5 \geq S6) = \frac{0.35 - 0.14}{(0.23 - 0.14) - (0.21 - 0.35)} = \frac{0.21}{0.23} = 0.91$$

Com a Equação 4.6 apresenta-se os valores do constructo custos.

$$V(S6 \geq S1) = 1 \quad V(S6 \geq S2) = 1$$

$$V(S6 \geq S3) = 1 \quad V(S6 \geq S4) = 1 \quad (4.7)$$

$$V(S6 \geq S5) = 1$$

Na Equação 4.7, encontra-se o peso do constructo gestão. Desses valores foram selecionados e julgados pelos mínimos de cada matriz, como apresenta na Equação 4.8.

$$d'(C1) = (S1 \geq, S1, S2, S3, S4, S5) = \min(1, 1, 1, 0.90, 0.81) = 0.81$$

$$d'(C2) = (S2 \geq, S1, S3, S4, S5, S6) = \min(0.8, 1, 1, 0.70, 0.62) = 0.62$$

$$d'(C3) = (S3 \geq, S1, S2, S4, S5, S6) = \min(0.15, 0.42, 0.50, 0, -0.07) = 0.15$$

$$d'(C4) = (S4 \geq, S1, S2, S3, S5, S6) = \min(4.66, 8.50, 1, 4, 2.75) = 1 \quad (4.8)$$

$$d'(C5) = (S5 \geq, S1, S2, S3, S4, S6) = \min(1, 1, 1, 1, 0.91) = 0.91$$

$$d'(C6) = (S6 \geq, S1, S2, S3, S4, S5) = \min(1, 1, 1, 1, 1) = 1$$

A Equação 4.9 apresenta a soma e após a divisão para se achar o grau de importância de cada valor linguístico realizado no estudo. Esses valores podem ser encontrados de acordo com as Equações 2.25 e 2.26.

$$d'(total) = d'(C1) + d'(C2) + d'(C3) + d'(C4) + d'(C5) + d'(C6) = 4.49 \quad (4.9)$$

Ressalva-se que o grau de importância total dos constructos devem estar sempre em 100%. Para resposta da Equação 4.9 remete-se a Equação 2.27.

$$w = \frac{d'C1}{d'(total)} = 0.18 \quad w = \frac{d'C2}{d'(total)} = 0.14$$

$$w = \frac{d'C3}{d'(total)} = 0.03 \quad w = \frac{d'C4}{d'(total)} = 0.22 \quad (4.10)$$

$$w = \frac{d'C5}{d'(total)} = 0.20 \quad w = \frac{d'C6}{d'(total)} = 0.23$$

$$w' = 1$$

Dessa maneira constata-se que o constructo de maior relevância apresentado na Equação 4.10 se reportou por meio da gestão com 23% das respostas, como fator mais importante para a organização. Seguido por capacidade com 22% e custos 20%. Os cálculos para se chegar a essa ponderação pode ser realizado conforme a última etapa da extensão Chang composto pela Equação 2.28.

#### 4.3.1 Definição das matrizes subconstructos

Os procedimentos que são diferidos na comparação paritária tem como fundamentação avaliar o conhecimento humano e a experiência que o mesmo tem sobre determinada situação ao ser comparado. Assim como os cálculos realizados no item 4.2 sobre os constructos, as operações das matrizes dos subconstructos obtém-se da mesma metodologia.

Ao considerar como um problema em matrizes categóricas, a inconsistência precisa ser mensurada e analisada se está de acordo com o que os autores Saaty e Shih (2009) argumentam em suas fundamentações. como pode ser percebido na Tabela 4.5 a razão de consistência não obteve homogeneidade entre as três empresas pesquisadas. No qual, credita-se que há uma dissimilaridade de raciocínio lógico quanto aos subcritérios que envolvem os processos. Mesmo assim, os valores estão menores que 0,10, ou seja, há confiabilidade paritária entre as respostas.

Tabela 4.5 – Média matriz subconstructo processo

Subconstructo	Grau importância %	$\lambda$			Índice randômico			Razão consistência		
		NE	SM	NH	NE	SM	NH	NE	SM	NH
Subc1	0,24									
Subc2	0,18									
Subc3	0,15									
Subc4	0,16	6,53	6,28	6,36	0,10	0,06	0,07	0,08	0,04	0,06
Subc5	0,25									
Subc6	0,02									

Fonte: Autor.

A linearização sobre os dados da Tabela 4.5 constatou que o principal fator para geração de uma eficiência em processos deve ser gerada inicialmente por meio dos subconstructos 5 e 6 respectivamente. No qual o uso da célula de manufatura posicional juntamente com a aplicação de célula por manufatura em processo se destacaram com 49% das atenções fabris ao tomar decisões no meio processual.

Essa fundamentação exposta pelos gestores respondentes sobre os subconstructos 5 e 6, se dá por meio da flexibilidade e instabilidade no número de modelos de produtos que são manufaturas na empresa, contendo uma gama constante de trocas de pessoal, máquinas e processos, o que torna mais complexo para os gestores manter um padrão de célula dentro da empresa.

Tabela 4.6 – Média matriz subconstructo inspeção

Subconstructo	Grau importância %	$\lambda$			Índice randômico			Razão consistência		
		NE	SM	NH	NE	SM	NH	NE	SM	NH
Subc7	0,20									
Subc8	0,08									
Subc9	0,14									
Subc10	0,14	6,54	6,56	6,54	0,11	0,11	0,11	0,09	0,09	0,09
Subc11	0,19									
Subc12	0,25									

Fonte: Autor.

Para matriz da Tabela 4.6 de inspeção, os três valores que obtiveram maior ponderação hierarquicamente são o subc12, subc7 e subc11 respectivamente. As informações obtidas demonstram para aplicações de ergonomia nas empresas com 0,25%. Ao prosseguir as ponderações, os gestores consideraram relevantes a utilização de uma assessoria externa para auxiliar os processos de qualidade dentro da organização com 0,20%.



Fato que se remete por meio da exigência dos clientes quanto a tempo de entrega e produto de alta qualidade. O subc11 com média 0,19% faz comparação ao subc7 no qual as respostas emergem para uma decisão de necessidade em aplicar inspeção constantemente sobre a capacidade produtiva das máquinas e na rotatividade do pessoal.

Tabela 4.7 – Média matriz subconstructo estocagem

Subconstructo	Grau importância %	$\lambda$			Índice randômico			Razão consistência		
		NE	SM	NH	NE	SM	NH	NE	SM	NH
Subc13	0,21									
Subc14	0,07									
Subc15	0,36	5,21	5,41	5,28	0,05	0,10	0,07	0,05	0,09	0,06
Subc16	0,10									
Subc17	0,26									

Fonte: Autor.

No atual campo empresarial à dois tipos de produção, por meio da produção enxuta, no qual é considerado um estoque de zero magnitude ou próximo à zero, e produção em massa. Modificando muito de acordo com o mercado focal que as indústrias estão operacionalizando. Nesse quesito de estocagem as três indústrias obtiveram respostas diferentes como pode ser compreendido na razão de consistência na Tabela 4.7.

O reflexo das respostas como nesse trabalho se resumiu em fazer médias sobre os respondentes conforme extensão de Chang (1996) não é apresentado a disparidade dos dados. No entanto, o resumo dessas médias apresentam uma importância significativa para o subc15 no qual o grau manteve-se em 0,36%.

Os gestores acreditam que mesmo em mercados complexos e a evolução tecnológica no Brasil considerada emergente Kazemi, Homayouni e Jahangiri (2015), é um fator que as empresas ganhariam muito se utilizados na produção. esse é um campo que as três indústrias resumem que buscam constantemente acompanhar o mercado nesse ponto.

Ao retratar sobre o subc17, como investir em inovação tecnológica é elevado uma saída é trabalhar a manutenção das máquinas de forma corretiva. Ao inverso do que é pensado no meio da engenharia de produção que o melhor a fazer é manutenção preventiva como esta conciso no sub16 e que obteve a penúltima colocação em sua matriz com 0,10% de importância contra 0,26% da manutenção corretiva do subc17.

Leva-se a crer que, os custos em inovação são bastantes implícitos na visão dos gestores, no qual, ajustam suas máquinas apenas quando surgem defeitos. Outro ponto importante esta relatado no subc13 com 0,21% relevante na matriz.

Essa subcategoria dirige-se para a implantação de estudos constantes sobre a demanda e a capacidade que pode ser produzido. Como se trata de empresas manufatureiras

que dependem de uma produção sob pedidos, para se ganhar mercado e gerar expansão admite-se que esse coeficiente medidor de demanda e capacidade deveria ser levado de maior expressão pelos gestores, caso que não remete-se ao estudo apresentado.

A capacidade de produção é uma combinação de ações em prol da realização de bens ou serviços. Sua interferência corresponde o que deve ser produzido, como ser produzido e o nível de máquinas e colaboradores operando. Essa influência levou aos gestores designarem como um dos eixos mais importantes dentro da indústria, no qual a ponderação com 22% em seu constructo gerou confiabilidade na matriz da Tabela 4.8.

Tabela 4.8 – Média matriz subconstructo capacidade

Subconstructo	Grau importância %	$\lambda$			Índice randômico			Razão consistência		
		NE	SM	NH	NE	SM	NH	NE	SM	NH
Subc18	0,30									
Subc19	0,10									
Subc20	0,23									
Subc21	0,13	6,54	6,46	6,51	0,11	0,09	0,10	0,09	0,07	0,08
Subc22	0,16									
Subc23	0,08									

Fonte: Autor.

Devido a combinação dessas atividades quanto as questões levantadas, obtiveram uma ponderação alta com 0,30% o a categoria de controle em processos e operações subc 18. Para os gestores é fundamental adequar sua produção realizando controles particulares, por pessoas, grupos de pessoas ou máquinas.

Não menos importante, mas com baixo grau de importância o subc23 obteve apenas 0,08% dos casos. Essa categoria envolve práticas como controles estatísticos computacionais. É compreensível que muitas empresas ainda desdém de informações de modo.

Talvez como os gestores julgam o controle de modo bastante relevante para fabricação, não utilizar sistemas computacionais seria uma sujeção não muito eficaz. Uma empresa especializada necessita de fatores que possam entregar segurança e confiabilidade reais de quais procedimentos seguir.

Custos é um campo no setor de empresarial conhecido como o epicentro das atenções administrativas. Custos não são apenas números que o envolvem, intrinsecamente, custos é produção, qualidade e cliente satisfeito. É conhecido de muitos gestores, a busca constante para controlar despesas , reduzir riscos para os negócios. No momento em que é argumentado sobre esse fator econômico e complexo do setor manufatureiro, houve uma linearidade entre as respostas Tabela 4.9.

Tabela 4.9 – Média matriz subconstructo custos

Subconstructo	Grau importância %	$\lambda$			Índice randômico			Razão consistência		
		NE	SM	NH	NE	SM	NH	NE	SM	NH
Subc24	0,19									
Subc25	0,25									
Subc26	0,15	5,35	5,15	5,33	0,09	0,04	0,08	0,08	0,03	0,07
Subc27	0,21									
Subc28	0,20									

Fonte: Autor.

Do subc24 ao subc28 todos obtiveram notas, ponderações próximas. Destaca-se o subc25, que visa a importância em investir na infra-estrutura da empresa. Obter de uma produção a nível competitivo, investir nas dimensões da indústria não é considerado um custo negativo na visão dos especialistas.

Assim, realizar custos por ordem de fabricação ponderação 0,20% do subc28 é de alta complexidade para a administração, sobre o fluxo produtivo em indústrias sob pedido quando realizado tais ações. No subc24 a automatização é considerada como uma saída para os altos custos de funcionários.

Controlar a gestão é produzir informações que possam avaliar o desempenho da organização como um todo. Gestão poderia ser considerada por si só o fator mais importante entre todos os constructos devido seu alto grau de planejamento, controle e execução de tarefas (SELLITTO; WALTER, 2006).

Uma organização se faz com líderes. Ao conceber essa fundamentação, as empresas concordam sobre a complexidade no desenvolvimento de líderes que possam compreender o trabalho e filosofia da empresa e, dessa forma, estimulem toda a equipe. Apontado esse fator relevante, engloba-se o subcritério 33 que obteve 0,35% das atenções dos gestores a permanecer em primeiro no ranking da sua matriz apresentados na Tabela 4.10.

Evidenciando o subconstructo de treinamento de colaboradores atingiu-se outro destaque nessa pesquisa com a ponderação de 0,25%. Nesse desfecho, acreditam os gestores, que se obtiver pessoas capacitadas e líderes desenvolvidos, o impacto no setor produtivo será eminente, ou seja, este dois subconstructos tornam-se coeficientes principais para início de uma consolidação em organização enxuta.

Tabela 4.10 – Média matriz subconstructo gestão

Subconstructo	Grau importância %	$\lambda$			Índice randômico			Razão consistência		
		NE	SM	NH	NE	SM	NH	NE	SM	NH
Subc29	0,15									
Subc30	0,22									
Subc31	0,03	5,36	5,30	5,22	0,09	0,08	0,06	0,08	0,07	0,05
Subc32	0,25									
Subc33	0,35									

Fonte: Autor.

Todavia as subcategorias da 29 à 33 podem ser identificadas como fatores estratégicos e de evolução. Nenhuma adequação construída para gestão sem a combinação de todos esses elementos podem ser considerados eficientes. Mas para hierarquizar caminhos que facilite a aplicação *Lean*, faz-se necessário realizar este método de análise combinatória, na qual uma subcategoria poderá ser mais importante que a outra.

#### 4.4 MEDIÇÃO E DESEMPENHO *FUZZY-AHP*

Após a aplicação dos questionários é realizado as matrizes de importância de cada constructo e subconstructo, percorrendo sobre a estruturação do desempenho FAHP ponderado no Quadro 4.1. Assim, este quadro servirá como operador à realizar os cálculos para o conhecimento hierárquico encontrado na Figura 4.4.

Quadro 4.1 – Contextualização do desempenho *Fuzzy*

Termo teórico	Constructos	Conceitos	Importância relativa
Abordagens matemáticas para aplicações de sistemas enxutos Lean 100%	Processos 18%	Aplicação de célula por manufatura 24%	4,32 %
		Uso da célula de manufatura 18%	3,24 %
		Uso controle operacional (matéria-prima) 15%	2,70 %
		Aplicação de departamentalização 16%	2,88 %
		Aplicação de sustentabilidade ambiental 25%	4,50 %
		Inovação em processos 2%	0,36 %
	Inspeção 14%	Inspeção por colaborador 20%	2,80 %
		Utilização de indicadores 8%	1,12 %
		Realização de cronoanálises 14%	1,96 %
		Ajustes flutuantes na produção 14%	1,96 %
		Inspeção da capacidade produtiva 19%	2,66 %
		Aplicação de ergonomia 25%	3,50 %
	Estocagem 3%	Controle sobre demanda versus capacidade 21%	0,63 %
		Utilização de estoques de segurança 7%	0,21 %
		Inovação com automação nos processos 36%	1,08 %
		Manutenção preventiva 10%	0,70 %
		Manutenção corretiva 26%	0,78 %
	Capacidade 22%	Controle nos processos e operações (global) 30%	6,60 %
		Controle nos processos e operações (isolado) 10%	2,20 %
		Layout característico aos processos 23%	5,06 %
		Layout característico às operações 13%	2,86 %
Aplicação de setups por produto 16%		3,52 %	
Utilização de sistemas estatísticos industrial 8%		1,76 %	
Custos 20%	Automatização do transporte de lotes 19%	3,80 %	
	Investir em infraestrutura 25%	5,00 %	
	Investir em capital intelectual para inspeção 15%	3,00 %	
	Investir em capital intelectual para supervisão 21%	4,20 %	
	Controlar custos por ordens de fabricação 20%	4,00 %	
Gestão 23%	Executar sistemas com módulos computacionais 15%	3,45 %	
	Oferecer soluções diferenciadas 22%	5,06 %	
	Aplicação de gestão ambiental na produção 3%	0,69 %	
	Treinar colaboradores 25%	5,75 %	
	Desenvolver líderes 35%	8,05 %	

A apresentação do Quadro 4.1 estrutura e mede a capacidade sobre a primeira e segunda ordem respectivamente, ou seja, os constructos e subconstructos. Este quadro é uma das etapas mais importantes a serem realizadas após os cálculos de Chang. As informações que serão utilizadas são diferidas sobre a coluna de importância relativa.

As aplicações envolvidas na Tabela 4.1 indica o desempenho real de cada matriz, e as especificações técnicas utilizadas, na qual se constitui por meio da Equação 4.11. Essa equação pondera a defuzzificação. Será essa defuzzificação, que vai ranquear e apresentar

as lacunas de FAHP conforme a Figura 4.4.

$$\sum_{i=1}^{33} ai.Ci \quad (4.11)$$

Ao elaborar a defuzzificação, o grau de pertinência para matriz processos esta mediana com 51,11%. O que representa que as categorias dessa matriz de segunda ordem necessitam ser mais estudadas, ajustadas ou considerar apenas algumas para projeção e aplicação no setor manufatureiro, refletindo os 18% do constructo.

Para aplicações em sistemas de inspeção o grau de importância *Fuzzy-Ahp* com 14% tem uma pertinência de 32,14% como confiabilidade em aplicar as variáveis dessa matriz. Para estocagem os gestores consideram nada relevante, no momento em que a pertinência estabeleceu em 0,00%.

Três constructos (capacidade; custos; gestão) tem uma linearidade constante em suas ponderações de importância conforme os especialistas. Respectivamente estes valores obtiveram um grau de defuzzificação consideravelmente alto, 85,45%; 80,00%; 100%, respectivamente. Os gestores admitem que o conjunto dessas variáveis podem representar bons resultados se aplicado na produção.

Tabela 4.11 – Estrutura de capacidade dos constructos FAHP

Constructo	Subc	Fuzzy vetor $w_i$	Fuzzificação $a_i$	Média ponderada $C_i$ supervisores	Desempenho	Capacidade do constructo
18%	1	4,320	0,008	3,563	0,028	51,11%
	2	3,240	0,006	2,813	0,016	
	3	2,700	0,005	2,531	0,012	
	4	2,880	0,005	2,438	0,013	
	5	4,500	0,008	2,531	0,021	
	6	0,360	0,001	4,125	0,003	
14%	7	2,800	0,004	2,939	0,012	32,14%
	8	1,120	0,002	2,833	0,004	
	9	1,960	0,003	2,510	0,007	
	10	1,960	0,003	1,765	0,005	
	11	2,660	0,004	1,654	0,006	
	12	3,500	0,005	2,299	0,011	
3%	13	0,630	0,000	0,611	0,000	0,00%
	14	0,210	0,000	0,569	0,000	
	15	1,080	0,000	0,496	0,000	
	16	0,700	0,000	0,548	0,000	
	17	0,780	0,000	0,776	0,000	
22%	18	6,600	0,015	4,547	0,066	85,45%
	19	2,200	0,005	1,699	0,008	
	20	5,060	0,011	4,009	0,045	
	21	2,860	0,006	3,599	0,023	
	22	3,520	0,008	3,868	0,030	
	23	1,760	0,004	4,278	0,017	
20%	24	3,800	0,008	3,845	0,029	80,00%
	25	5,000	0,010	3,845	0,038	
	26	3,000	0,006	3,685	0,022	
	27	4,200	0,008	3,845	0,032	
	28	4,000	0,008	4,781	0,038	
23%	29	3,450	0,008	6,293	0,050	100%
	30	5,060	0,012	6,497	0,076	
	31	0,690	0,002	2,785	0,004	
	32	5,750	0,013	1,754	0,023	
	33	8,050	0,016	5,671	0,090	

Fonte: Autor.

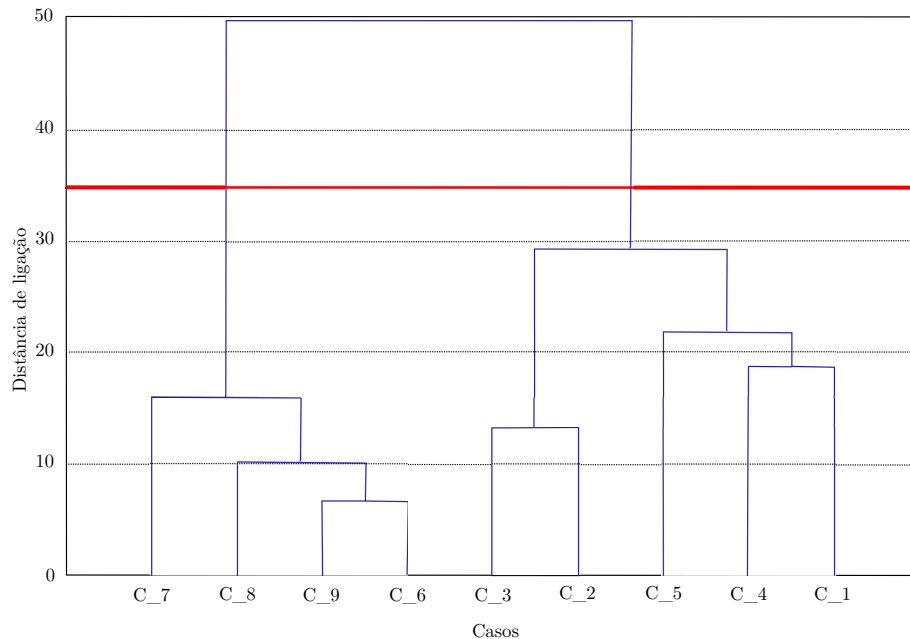
A importância de realizar um gráfico de agrupamentos é para compreender a ligação de raciocínio ante os respondentes das três empresas, os supervisores. Realizar agrupamentos com base na distância euclidiana média padronizada tem como funcionalidade otimizar as distâncias entre os respondentes quanto a similaridade homogênea ou heterogênea composto pelo método hierárquico simples de *Ward* (MARCHESAN; SOUZA;

MENEZES, 2011).

Ao gerar um gráfico de distâncias euclidianas Figura 4.1 e adicionando um corte horizontal entre 30 e 40 obtêm-se dois grandes grupos. No qual há heterogeneidade na empresa de Nova Esperança do Sul quanto à tomada de decisão e homogeneidade entre as empresas de Santa Maria e Nova Hartz.

Em análise multivalorada, pode ser notado um primeiro grupo composto pelos supervisores da cidade de Nova esperança do Sul. O segundo grupo é composto pela cidade de Nova Hartz e Santa Maria. O que o gráfico da Figura 4.1 representa são as divergências decisórias aos processos de produção. De forma que, as questões abordadas na pesquisa, não tem o mesmo valor para as três empresas.

Figura 4.1 – Método de Distâncias Euclidianas para os 9 supervisores



Fonte: Autor.

O uso desse método agrega ao estudo análises confiáveis, de que a abordagem que pretende ser utilizada como facilitar para aplicações de sistemas enxutos é de verossimilhança com 35% entre os dois grandes grupos. Mesmo a similaridade entre as empresas formar dois grupos com um percentual baixo a coerência em prosseguir a pesquisa no setor manufatureiro é confirmada como um sistema adequado a ser aplicado.



#### 4.5 MÓDULO COMPUTACIONAL *FUZZY SETS*

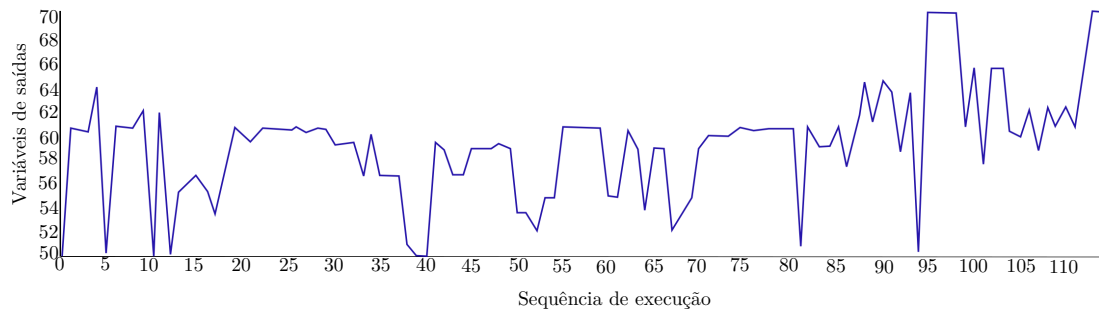
A contribuição dos conjuntos *fuzzy* ou *Fuzzy Sets*, é de modelar o comportamento dos construtos perante as variáveis ocorridas no mercado. Ao elaborar probabilidades de possíveis cenários conforme as combinações simuladas, empregando para as variáveis de entrada pesos correspondentes entre 0 e 1 (ZADEH, 1965). A ponderação para esse pesos foram selecionados Quadro 4.2 de acordo com as análises e experiências do pesquisador na área de engenharia de produção.

Quadro 4.2 – Variáveis de entrada

<b>Processo</b>	<b>Inspeção</b>
Igual Importância (0.18;0.24;0.30)	Igual Importância (0.14;0.20;0.26)
Fraca Importância (0.24;0.36;0.42)	Fraca Importância (0.20;0.32;0.38)
Leve Importância (0.36;0.48;0.54;0.60)	Leve Importância (0.32;0.44;0.50;0.56)
Moderada Importância (0.54;0.66;0.72)	Moderada Importância (0.50;0.62;0.68)
Extremamente importante (0.66;0.78;0.84)	Extremamente importante (0.62;0.74;0.80)
<b>Estocagem</b>	<b>Capacidade</b>
Igual Importância (0.03;0.09;0.15)	Igual Importância (0.22;0.28;0.34)
Fraca Importância (0.09;0.21;0.27)	Fraca Importância (0.28;0.40;0.46)
Leve Importância (0.21;0.33;0.39;0.45)	Leve Importância (0.40;0.52;0.57;0.62)
Moderada Importância (0.39;0.51;0.57)	Moderada Importância (0.57;0.68;0.74)
Extremamente importante (0.51;0.63;0.69)	Extremamente importante (0.68;0.80;0.86)
<b>Custo</b>	<b>Gestão</b>
Igual Importância (0.20;0.26;0.32)	Igual Importância (0.23;0.29;0.35)
Fraca Importância (0.26;0.38;0.44)	Fraca Importância (0.29;0.41;0.47)
Leve Importância (0.38;0.50;0.56;0.62)	Leve Importância (0.41;0.52;0.58;0.64)
Moderada Importância (0.56;0.68;0.74)	Moderada Importância (0.58;0.70;0.76)
Extremamente importante (0.68;0.80;0.86)	Extremamente importante (0.70;0.82;0.88)

Em consideração aos aspectos de entrada; os valores de saída compõe-se de ponderações entre 0 e 100 como fatores decisivos para defuzzificação dos métodos triangulares Equação 2.23 e trapezoidal Equação 2.24. Como plano de ação arriscado (20; 40; 55); plano de ação a ser analisado (40; 60; 70; 80) e, plano de ação aceitável (75; 85; 100).

Figura 4.2 – Histórico de saída do sistema *Infuzzy*

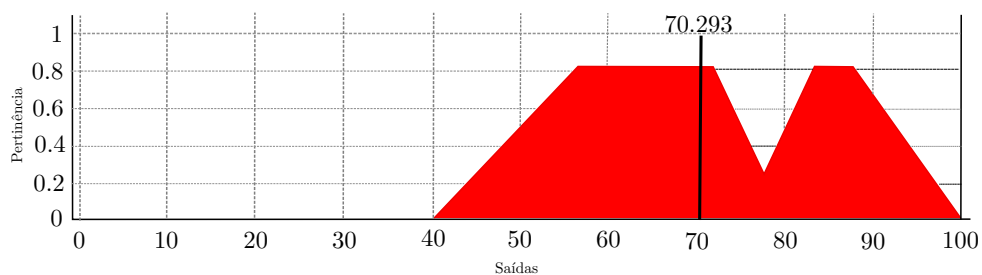


Fonte: Autor.

Lógica *fuzzy* (difusa ou nebulosa) faz com que os resultados estejam similar do pensamento humano, modelando matematicamente o senso qualitativo das respostas para tomar decisões mais próximas da solução. O gráfico da Figura 4.2 apresenta o histórico de 114 simulações, que foram realizadas partindo dos valores agregados conforme o Quadro 4.2. Essas combinações foram executadas pelo pesquisador, no qual se buscou obter o melhor ponto de defuzzificação para o método proposto.

Dessa forma, o gráfico da Figura 4.3, é resultante do método de centro de gravidade da Equações 2.9 e 2.10. No qual apresenta a defuzzificação obtida de 70.29%. Esse número informará aos gestores o que é mais pertinente a ser feito, se seguir com o projeto real FAHP ou o projeto simulado *Fuzzy Sets*.

Figura 4.3 – Defuzzificação da variável saídas



Fonte: Autor.

Ao avaliar as propostas matemáticas, a Tabela 4.12, apresenta duas decisões para a aplicação enxuta do *Lean*. Nota-se que houve uma dissensão significativa de valores para os constructos de capacidade e gestão, no qual o projeto real era de 22% e passou para 5% no simulado para capacidade e 23% real e 50% para simulado em gestão. Dar-se-à a

importância para diferença entre estes valores devido que na simulação proposta buscou a influência da gestão no mercado como fator diferencial e a capacidade de produção.

Tabela 4.12 – Avaliação da gestão do projeto para aplicação enxuta

Parametros	Fuzzy-Ahp Real	Conjuntos Fuzzy Simulado
Processo	0.18	0.12
Inspeção	0.14	0.14
Estocagem	0.03	0.02
Capacidade	0.22	0.05
Custos	0.20	0.17
Gestão	0.23	0.50
Grau de precisão do projeto	50%	70.29%

Fonte: Autor.

Após realizar as simulações *versus* o plano real, a porcentagem de um projeto FAHP para o *Fuzzy sets* resultou em uma diferença de 20.29%. Os dois métodos apenas confirmaram a importância desses constructos para o setor manufatureiro. Como soluções para problemas operacionais, o gestor obtém de duas formas para auxiliar sua tomada de decisão no momento que aplicados a produção por meio de FAHP ou *Fuzzy Sets*.

Identificando qual setor necessita uma exposição maior provindo pelos gestores, e qual setor necessita de menor controle para determinadas atividades na empresa. Esses valores linguísticos podem vir por meio de análises de cada constructo para cada subconstructo e enfatizar o que deve ser alterado internamente na indústria.

#### 4.5.1 Medição de desempenho *Fuzzy Sets*

Ao definir os valores dos constructos em FAHP e simulados os em conjuntos *fuzzy* configurou-se uma nova tabela de contextualização simulada. Para estruturação do Quadro 4.3 os pesos dos conceitos foram agregados os mesmos de FAHP alternando apenas o grau de pertinência dos constructos.

Quadro 4.3 – Contextualização do desempenho *Fuzzy Sets* Simulado

Termo teórico	Constructos	Conceitos	Importância relativa
Abordagens matemáticas para aplicações de sistemas enxutos Lean 100%	Processos 12%	Aplicação de célula por manufatura 24%	2,88 %
		Uso da célula de manufatura 18%	2,16 %
		Uso controle operacional (matéria-prima) 15%	1,80 %
		Aplicação de departamentalização 16%	1,92 %
		Aplicação de sustentabilidade ambiental 25%	3,00 %
		Inovação em processos 2%	0,24 %
	Inspeção 14%	Inspeção por colaborador 20%	2,80 %
		Utilização de indicadores 8%	1,12 %
		Realização de cronoanálises 14%	1,96 %
		Ajustes flutuantes na produção 14%	1,96 %
		Inspeção da capacidade produtiva 19%	2,66 %
		Aplicação de ergonomia 25%	3,50 %
	Estocagem 2%	Controle sobre demanda versus capacidade 21%	0,42 %
		Utilização de estoques de segurança 7%	0,14 %
		Inovação com automação nos processos 36%	0,72 %
		Manutenção preventiva 10%	0,20 %
		Manutenção corretiva 26%	0,52 %
	Capacidade 5%	Controle nos processos e operações (global) 30%	1,50 %
		Controle nos processos e operações (isolado) 10%	0,50 %
		Layout característico aos processos 23%	1,15 %
		Layout característico às operações 13%	0,65 %
Aplicação de setups por produto 16%		0,80 %	
Utilização de sistemas estatísticos industrial 8%		0,40 %	
Custos 17%	Automatização do transporte de lotes 19%	3,23 %	
	Investir em infraestrutura 25%	4,25 %	
	Investir em capital intelectual para inspeção 15%	2,55 %	
	Investir em capital intelectual para supervisão 21%	3,57 %	
	Controlar custos por ordens de fabricação 20%	3,40 %	
Gestão 50%	Executar sistemas com módulos computacionais 15%	7,50 %	
	Oferecer soluções diferenciadas 22%	11,00 %	
	Aplicação de gestão ambiental na produção 3%	1,50 %	
	Treinar colaboradores 25%	12,50 %	
	Desenvolver líderes 35%	17,50 %	

Fonte: Autor.

A nomenclatura do Quadro 4.3 segue a mesma linha de cálculos realizados pela Equação 4.11. Dessa maneira, constatou que a simulação reduziu a ponderação sobre o desempenho das matrizes. Poderia se fazer duas observações nos resultados obtidos. Na primeira é que se trabalhar quaisquer constructo que não seja gestão a probabilidade de obter bons resultados na produção seria em maior tempo, ou seja, não muito viável trabalhar agregando esses subconstructos em aplicações para sistemáticas enxutas se

comparado a escala multivalorada de *fuzzy* 0 e 1.

Tabela 4.13 – Estrutura de capacidade dos constructos *Fuzzy Sets*

Constructo	Subc	Fuzzy vetor $w_i$	Fuzzificação $a_i$	Média ponderada $C_i$	Desempenho	Capacidade do constructo
12%	1	2,880	0,003	3,563	0,012	34,17%
	2	2,160	0,003	2,813	0,007	
	3	1,800	0,002	2,531	0,005	
	4	1,920	0,002	2,438	0,006	
	5	3,000	0,004	2,531	0,009	
	6	0,240	0,000	4,125	0,001	
14%	7	2,800	0,004	2,939	0,012	32,14%
	8	1,120	0,002	2,833	0,004	
	9	1,960	0,003	2,510	0,007	
	10	1,960	0,003	1,765	0,005	
	11	2,660	0,004	1,654	0,006	
	12	3,500	0,005	2,299	0,011	
2%	13	0,420	0,000	0,611	0,000	0,00%
	14	0,140	0,000	0,569	0,000	
	15	0,720	0,000	0,496	0,000	
	16	0,200	0,000	0,548	0,000	
	17	0,520	0,000	0,776	0,000	
5%	18	1,500	0,001	4,547	0,003	20,00%
	19	0,500	0,000	1,699	0,000	
	20	1,150	0,001	4,009	0,002	
	21	0,650	0,000	3,599	0,001	
	22	0,800	0,000	3,868	0,002	
	23	0,400	0,000	4,278	0,001	
17%	24	3,320	0,005	3,845	0,021	68,23%
	25	4,250	0,007	3,845	0,028	
	26	2,550	0,004	3,685	0,016	
	27	3,570	0,006	3,845	0,023	
	28	3,400	0,006	4,781	0,028	
50%	29	7,500	0,038	6,293	0,236	100%
	30	11,000	0,055	6,497	0,357	
	31	1,500	0,008	2,785	0,021	
	32	12,500	0,063	1,754	0,110	
	33	17,500	0,088	5,671	0,496	

Fonte: Autor.

Para uma segunda análise, como abordado pelos autores Lacerda et al. (2013) e Gu (2015) a gestão pode representar globalmente todos os constructos citados. O que a simulação levou em consideração foi esse fator e, no entanto, o termo linguístico gestão se executado juntamente com as demais categorias tenderá 70.29% de confiabilidade se

aplicado em sistemas enxutos conforme Figura 4.3. Se construir uma ação paritária entre as Tabelas 4.11 e 4.13 o método FAHP estaria em vantagens devido as ponderações estarem de forma similares, ou seja, a aplicações dos esforços fabris estariam mais amplos e não centralizados.

O que pode ser compreendido que essa abordagem apresentada na Tabela 4.11 pode ser viável se aplicado em distintas empresas, podendo gerar bons resultados ou não devido seu grau de pertinência estar com apenas 50%. Nesse sentido, os gestores atento as mudanças desempenhadas nas três empresas, buscam métodos que possam evoluir eficazmente quais caminhos podem conduzir melhorias contínuas ao viés da produção enxuta.

E, por meio da composição de cenários e simulações *Fuzzy Sets* reportando-se à possíveis reações do ambiente produtivo, buscando o discernimento sobre as probabilidades nebulosas que possam ocorrer, que a tomada de decisão deve partir de um ponto principal, na qual, para esta pesquisa é o constructo gestão e as relações a respeito dos subconstructos apresentados na Tabela 4.13.

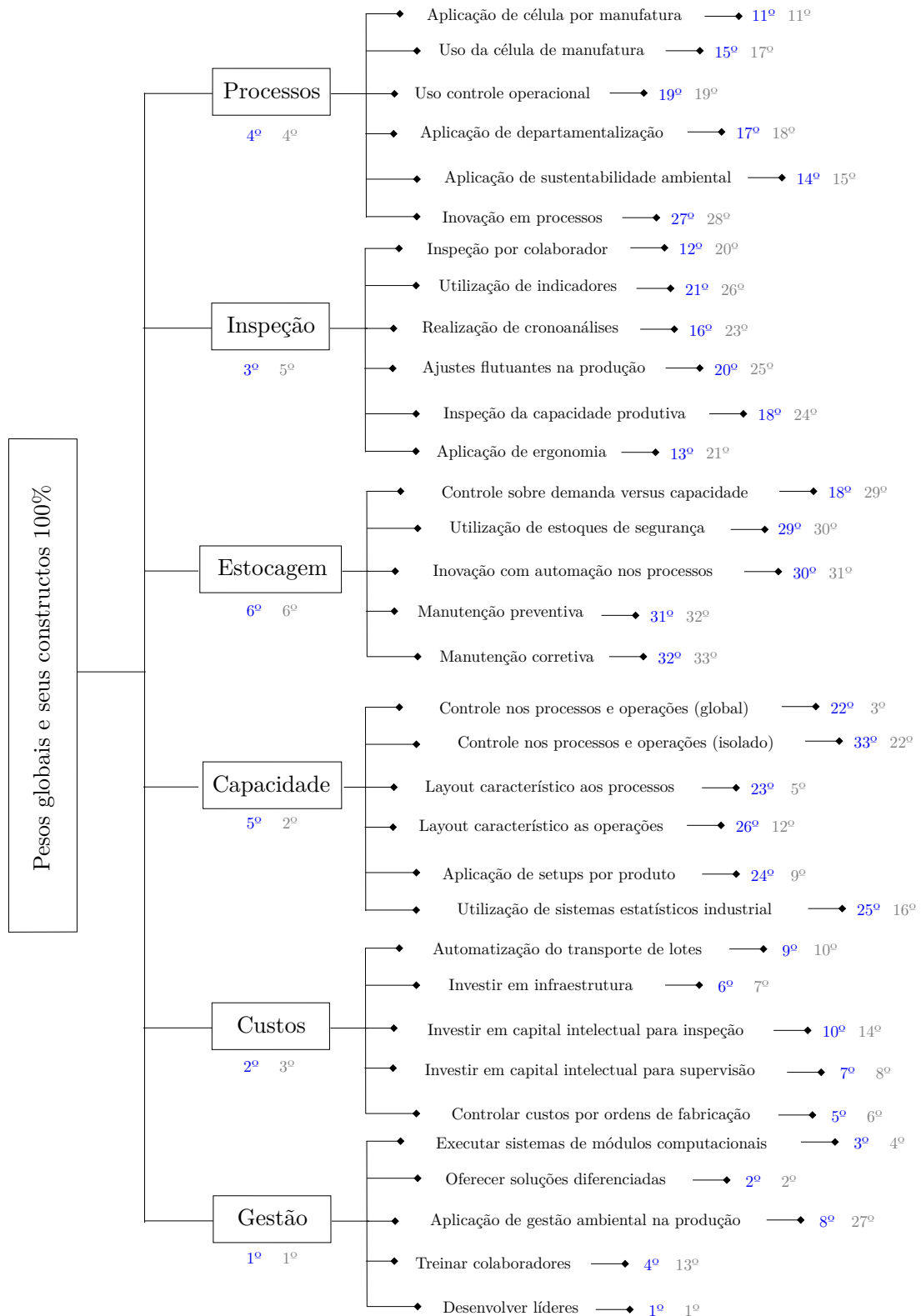
#### 4.5.2 Hierarquização *Fuzzy Sets* e *Fuzzy-Ahp*

Após aplicar os métodos *Fuzzy-Ahp* e *Fuzzy Sets* nas matrizes de preferências é desenvolvida a hierarquização específica de ordem final para cada subcategoria e categoria relacionadas na pesquisa. A análise que compunha a descrição feita na Figura 4.4 é um resumo de todo o trabalho robusto realizado por meio de matrizes, equações com funções de facilitar e auxiliar processos decisórios enxutos.

A fundamentação de quaisquer dos conceitos abordados no questionário poderiam facilmente serem aplicados na produção. Os autores Jacobs e Chase (2012) e Karaaslan (2016) divergem que para a aplicação desses conceitos exige-se planejamento, organização da administração e um comprometimento de todos os envolvidos na empresa. Mas, qualquer ação desejada na produção precisa obter caminhos a serem seguidos e, quais os caminhos serão de maior relevância para uma execução decisória apropriada.

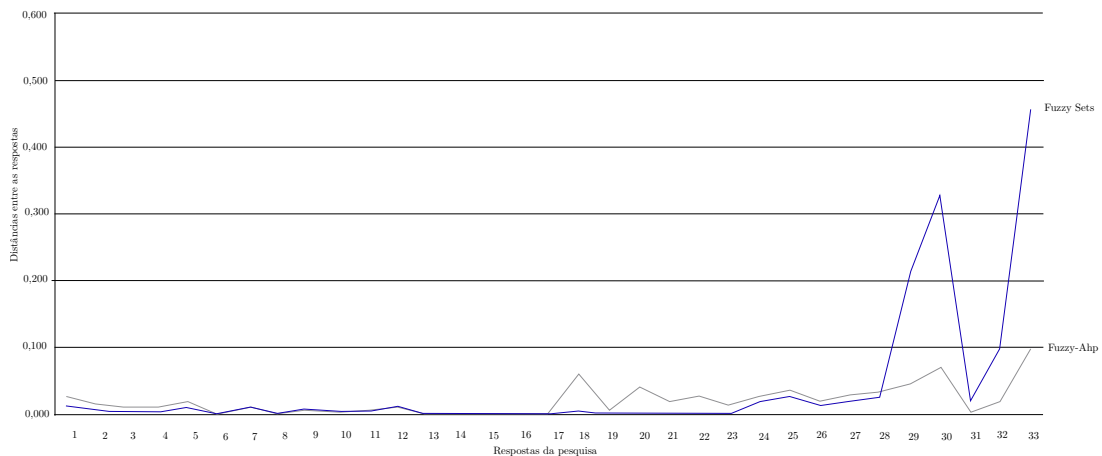
A Figura 4.4 em escala azul e cinza apresentam dois parâmetros como facilitador para os especialistas de produção. A parametrização em escala cinza de FAHP busca uma linearidade entre os fatores complexos que são os constructos. O FAHP capacita a tomada de decisão homogênea entre os constructos em composição aos riscos de forma multicriterial. Enquanto que, na escala em azul *Fuzzy Sets* atribui uma capacitação heterogênea sobre suas ponderação, na qual a ação decisória precisa obter maior robustez do gestor.

Figura 4.4 – Estrutura hierárquica FAHP para valores agregados *Fuzzy Sets*



Fonte: Autor.

Figura 4.5 – Análise de sensibilidade para FAHP e *Fuzzy Sets*



Fonte: Autor.

Com a análise no gráfico da Figura 4.5 pode ser elencados as lacunas de pesquisa. Na qual entre os subc1 ao subc27 os dados propuseram inconsistências pouco relevantes para sistemas de decisão. Nesse sentido, o maior grau de sensibilidade foi gerado especificamente do subc28 ao subc33.

Essas variáveis podem ser consideradas mais propensas à mudanças de decisão. Entretanto, a variabilidade comparada entre as ferramentas matemáticas contidas no gráfico não são consideradas como fatores que podem alterar significativamente a hierarquização dos constructos a peso global.

#### 4.5.3 Defuzzificação simulada em superfície 3D

A complexidade em aplicar sistemas enxutos no eixo industrial não é de fácil compreensão. Como solução de proposta deste trabalho, consagrou-se em realizar a aplicação da abordagem proposta na pesquisa para determinados pontos da produção, distribuindo a tomada de decisão para três eixos operacionais:

- a) a integração operação inicial: gestão e custos;
- b) a integração operacional central: inspeção e processos;
- c) a integração operacional final: estocagem e capacidade.

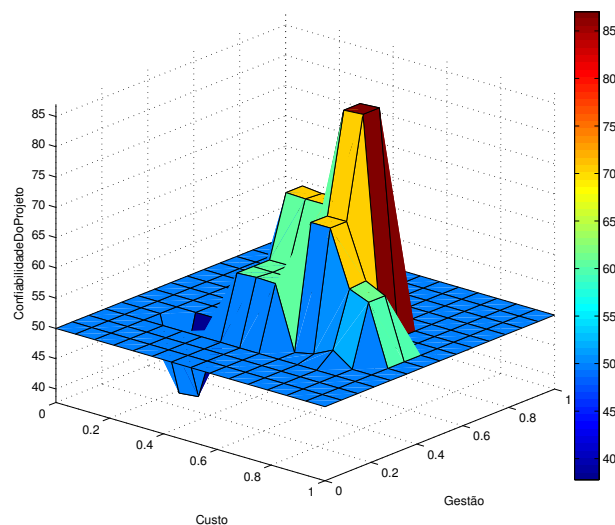
O resultado desses gráficos podem auxiliar os gestores a tomar a decisão para pontos centralizados, optando por não operar em todo os eixos produtivos. A forma como foram realizadas estas operações dos gráficos remtem-se a simulações multivaloradas executadas no *Fuzzy Sets* a partir dos dados coletados na pesquisa.

Como primeiro cenário a Figura 4.6 ilustra a interação entre a operação inicial decisória entre gestão e custos, na qual, a interpretação da coluna em cores a direita do gráfico pode ser assimilada em ordem numérica crescente como: bastante fraca, fraca,



moderada, forte e, muito forte.

Figura 4.6 – Gestão e Custos

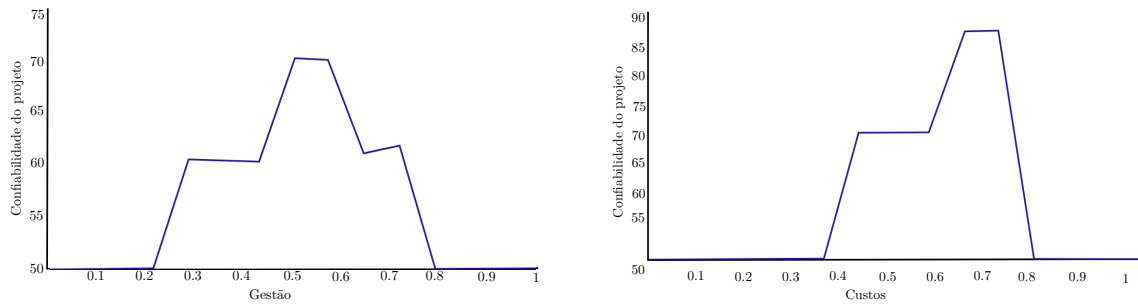


Fonte: Autor.

A dimensão gestão é proeminente no setor organizacional (CHANG, 1996; LANTZ; HANSEN; ANTONI, 2015). A apresentação da Figura 4.6 traz como informações o grau de confiabilidade na realização do projeto. Essas informações são originárias nas decisões que os gestores podem realizar e as possíveis projeções em obter bons retrospectos na produção envolvendo-os de acordo com seu método de gerenciar.

Cabe ao gestor analisar o que deve ser concretizado como importante na empresa (LANTZ; HANSEN; ANTONI, 2015). Ao tratar desse aspecto, se, as projeções da produção envolverem 80% das atividades em gestão, como refere-se as simulações da Tabela 4.12 que implica na superioridade da gestão ante os demais constructos e, apenas 20% em custos, a capacidade evolutiva do projeto estaria com 50% de confiabilidade. Ou seja, significativamente não seria viável trabalhar a produção com essa metodologia.

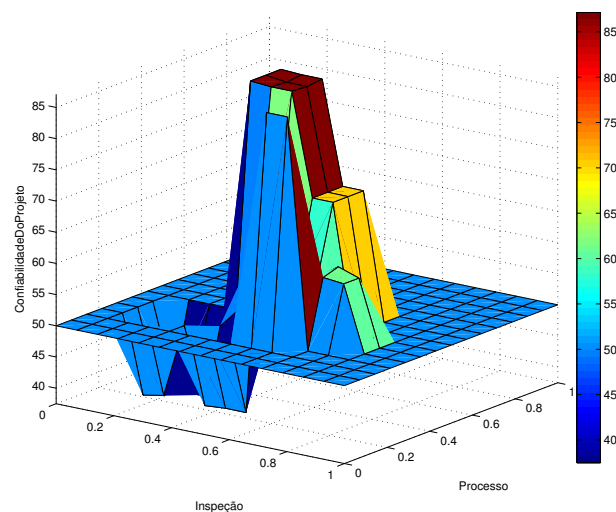
Figura 4.7 – Priorização sobre os constructos de gestão e custos



Fonte: Autor.

O método de simulação da Tabela 4.12 está correto em alavancar a gestão a grau de relevância. Mas ao simular, apenas a grau paritário dois constructos a relação de inferências e pertinências altera-se normalmente. Nesse sentido a Figura 4.7, relaciona o melhor a ser tomado como decisão, que é trabalhar com ações envolvendo combinações de 41% para gestão e 59% para custos com a capacidade do projeto em 76% de confiabilidade.

Figura 4.8 – Inspeção e Processo

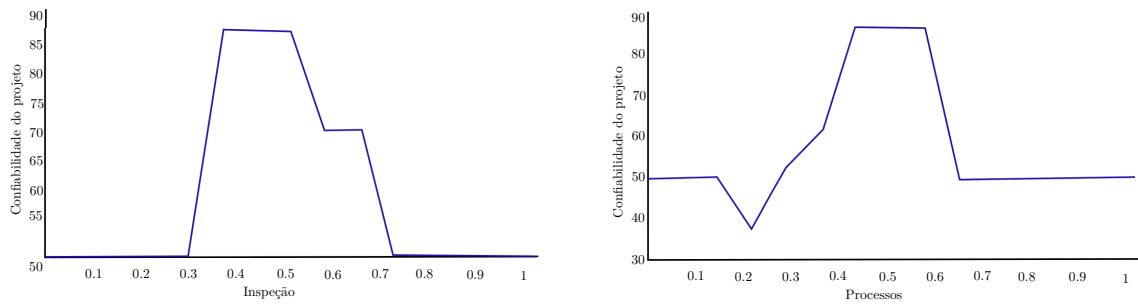


Fonte: Autor.

Na Figura 4.8 representa o segundo cenário sobre as variáveis linguísticas dos constructos inspeção e processos. Na qual a simulação projeta possíveis fenomenos na confiabilidade, composto pelas características de cada constructo. Para empresas que desejam melhorar seus processos somente no setor central das operações manufatureiras, assim

como, inspeção à qualidade e processos faz-se necessário atingir 41% no quesito inspeção e 59% para processos. A combinação destas ponderações resultaria na confiabilidade em aplicar sistemas enxutos *Lean* em 87.3%.

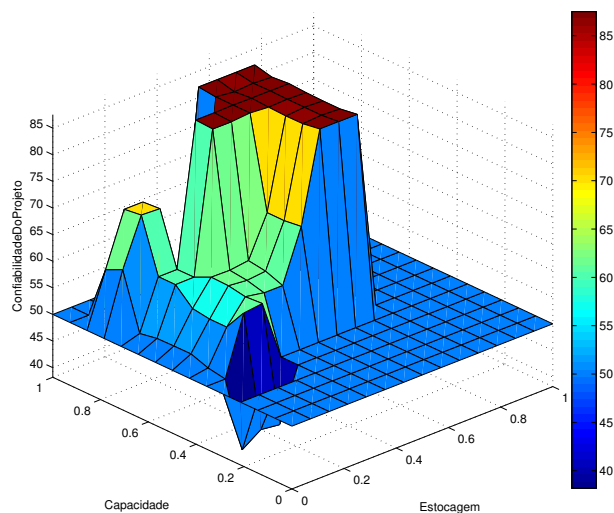
Figura 4.9 – Priorização sobre os constructos de Inspeção e Processos



Fonte: Autor.

Em análise comprobatória, a Figura 4.9 abrange a probabilidade de atingir a confiabilidade na aplicação de sistemas enxutos para um método decisório com a ponderação de 50% para cada constructo que mesmo assim, resultaria em 86% de confiabilidade. Demais combinações poderiam acarretar em riscos para tomada de decisão, designando uma margem percentual com valores abaixo de 60%.

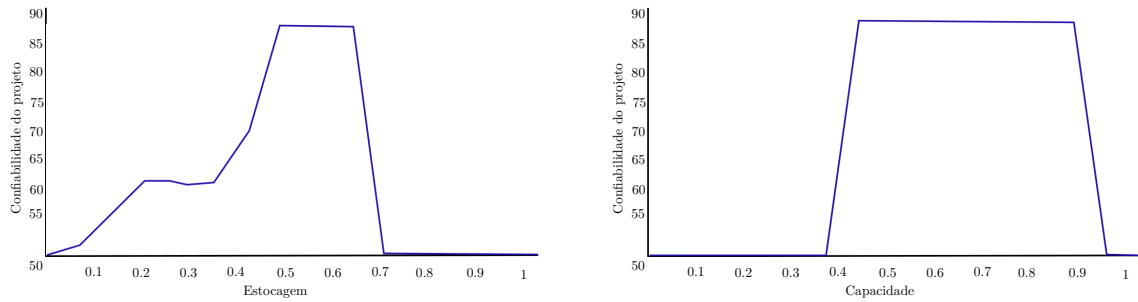
Figura 4.10 – Capacidade e Estocagem



Fonte: Autor.

Ao se analisar o final da linha de produção, o eixo operacional dos constructos capacidade e estocagem alcançaram ponderações de 70% e 30% respectivamente, Figura 4.10. A combinação destes valores corresponde à 86% de confiabilidade na integração dos constructos.

Figura 4.11 – Priorização dos constructos estocagem e capacidade



Fonte: Autor.

As aplicações das simulações nesses constructos, conforme Figura 4.11, apresentam a superioridade da abordagem capacidade, no qual, qualquer valor abrangente entre 40% e 80% resultaria em um grau de confiabilidade para aplicação *Lean* acima de 70%.

## 5 CONCLUSÃO

A principal contribuição do estudo foi propor uma abordagem de melhoria, a fim de facilitar aplicações futuras enxutas do *Lean Manufacturing*. Abordagem esta, realizada por meio de bases multicriteriais como testes pilotos, aplicando questionários aos gestores e supervisores especialistas de produção. Utilizando-se de modelos matemáticos para emergir uma nova abordagem filosófica, de quais caminhos são necessários e, fundamentais, para o cumprimento de uma nova gestão em tomada de decisão no setor manufatureiro.

Assim, um estudo em ocasiões que é retratado de forma linguística, por meio da coleta de dados em questionários, o pesquisador sempre deve ter em questão que a probabilidade da resposta decisória do gestor e supervisor podem sofrer alterações constantemente, mesmo com respondentes especialistas na área. Esse é um fator normal quando há trabalhos de tal magnitude.

A luz dos resultados apresentados no desenvolvimento do trabalho, percebe-se à qualidade em aplicar métodos oriundos da matemática para técnicas que envolvam fins linguísticos, como a área de gestão. Essas técnicas como *Fuzzy-Ahp* e *Fuzzy Sets* resultam-se nas projeções de raciocínios voltados para produções confiáveis. Em prol dessa abordagem lógica, alocando valores para termos linguísticos e utilizando-se de técnicas como FAHP triangular e conjuntos *fuzzy* trapezoidal as dimensões das respostas de saídas decisórias multivaloradas mantém-se com grau de confiabilidade aceitável.

Após realizar compilações computacionais sobre as respostas dos gestores e supervisores, integrando a inclusão de incertezas, identificou-se pouca variabilidade na construção dos questionamentos, como apresenta o gráfico de sensibilidade na Figura 4.5. Destacando-se assim, as questões entre 17 e 33. Sendo operações de eixo inicial e central como mais pertinente para pesquisa. Explica-se este fato pela execução de atividades na gestão, inspeção e estimativas em custos, otimizariam as perdas no final do processo.

A utilização do *Lean* nas organizações estudadas obteve apenas 50% de aplicação conforme FAHP real, considerada baixa para princípios enxuto, apesar de haver uma linearidade entre os constructos, em que os respondentes consideram todos relativamente importante. Na abordagem de simulações de conjuntos *fuzzy* a partir dos dados FAHP real, o valor encontrado foi de 70.29%.

Sendo assim, a aplicabilidade dessa nomenclatura simulada poderá obter melhores resultados se integrados nas empresas estudadas, ou seja, esta simulação de conjuntos *fuzzy*, confirma a necessidade de os gestores reverem as políticas utilizadas em seus processos enxutos manufatureiros.

Outro aporte do estudo foi de elaborar decisões simuladas a partir de três eixos de produção. Ao estruturar este conjunto de informações, caberá ao gestor qual sistema deve

ser conduzido primeiramente. Sendo assim, o desenvolvimento desses três eixos se dá com base de que não tem como implementar o sistema enxuto por completo se a organização esta em funcionamento, pois levará bastante tempo e custo para organizar todo sistema.

Deste modo, a subdivisão dos eixos reflete-se em gestão e custos, sendo ações de modo inicial na produção, no qual, se a projeção de 41% para gestão e 59% nos custos a capacidade do projeto seria de 76%. Para a operacionalização central da produção toda atividade que obtiver 41% inspeção e 59% processos resultaria em 87.30%. E, na fase final do sistema enxuto, se ações tomadas a partir de 70% em capacidade e, 30% estoques a aplicação corresponderia a 86%.

De maneira sumária, a simulação composta por combinações serve como uma similaridade ao pensamento humano do que pode acontecer se determinada decisão for tomada. E, ao realizar 37 associações de possíveis cenários, com 114 combinações, o reflexo do estudo apresentou como fator mais importante e principal ação a ser realizado de modo inicial nos processos da empresa o constructo gestão.

Conclui-se que as utilizações dos conjuntos *fuzzy* e FAHP podem ser relacionadas em pesquisas que abordam lean manufacturing, na busca de auxiliar como suporte decisório por meio de simulações e elaboração de cenários resultando na projeção de novos cenários de ação. Por outro, a contribuição prática realizada neste estudo esta em propor um melhor conhecimento dessas ferramentas aplicadas aos sistemas enxutos lean.

## 5.1 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

A maioria dos problemas em tomada de decisão está na subjetividade humana e na imprecisão do mundo real. Inúmeros métodos e ferramentas são utilizados para aproximar as incertezas de eventos futuros no setor manufatureiro que sofrem limitações para melhorar o sistema de gestão constantemente. É a partir desse ponto, que o número de tomadores de decisões inseridos na pesquisa não foi o suficiente, limitando-se para realizar estudos com uma conclusão difusa de maior precisão.

## 5.2 PROPOSTA DE CONTINUIDADE

A utilização de sistemas de simulações torna-se cada vez mais difundida em problemas complexos, assim como de gestão. Como probabilidade de extensão desse trabalho ideias podem ser difundidas como:

a) considerando so dados atuais da pesquisa, realizar uma série histórica por meio da sazonalidade do mercado;

b) quantificação de incertezas a partir da aplicação de novos cenários utilizando a mesma abordagem dessa dissertação;

c) acréscimo de novos tipos de controladores como, *Fuzzy Sugeno Integral*, *Fuzzy-Anp* para variáveis dependentes e, *Fuzzy-Análise de Componentes Principais*;

d) desenvolver modelos multicriteriais como forma de simplificar a aplicação de sistemas enxutos nas indústrias manufatureiras;

e) construir modelos que possam medir o desempenho dos gestores e supervisores utilizando métodos multicriteriais.

Credita-se que as sugestões propostas neste trabalho possam contribuir para disseminação sobre novas abordagens *Fuzzy* como métodos multicritérios.

## REFERÊNCIAS

ABDEL-MAKSOU, A. et al. The use of performance information in strategic decision making in public organizations. **International Journal of Public Sector Management**, v. 28, n. 7, p. 528–549, fev. 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1108/IJPSM-06-2015-0114>>.

AIKHUELE, D. O.; SOULEMAN, F. S.; AZIZI, A. Application of Fuzzy AHP for ranking critical success factors for the successful implementation of Lean production technique. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 8, n. 18, p. 399–407, 2014. Disponível em: <<http://www.ajbasweb.com>>.

AKBARIAN, D. Ranking All DEA-Efficient DMUs Based on Cross Efficiency and Analytic Hierarchy Process Methods. **Journal of Optimization**, p. 10, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1155/2015/594727>>.

BACKER, D. S. et al. Grupo focal como técnica de coleta e análise de dados em pesquisas qualitativas. **o mundo da saúde**, SÃO PAULO, v. 35, n. 4, p. 438–442, 2011.

BARIN, A. **Seleção de sistemas de geração de energia elétrica a partir de resíduos sólidos urbanos: uma abordagem com a lógica difusa**. 2012. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Santa Maria, 2012.

BURAK, E. An Integrated Fuzzy Multi Criteria Group Decision Making Approach for ERP System Selection. **Appl. Soft Comput.**, Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam, The Netherlands, The Netherlands, v. 38, n. C, p. 106–117, jan. 2016. ISSN 1568-4946. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.asoc.2015.09.037>>.

CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da qualidade: Conceitos e técnicas**. 2. ed. SÃO PAULO: Editora Atlas, 2012.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia científica**. 5. ed. SÃO PAULO: Pearson Prentice Hall, 2002.

CHANG, D.-Y. Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. **European Journal of Operational Research**, v. 95, n. 3, p. 649–655, 1996. ISSN 0377-2217. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0377221795003002>>.

CHANG, K. H.; CHANG, Y. C.; CHUNG, H. Y. A Novel AHP-Based Benefit Evaluation Model of Military Simulation Training Systems. **Mathematical Problems in Engineering**, p. 14, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1155/2015/956757>>.

CHEN, W. C.; WANG, L. Y.; LIN, M. C. A Hybrid MCDM Model for New Product Development: Applied on the Taiwanese LiFePO Industry. **Mathematical Problems in Engineering**, p. 15, 2015. Disponível em: <<http://www.hindawi.com/journals/mpe/2015/462929>>.

CHOU, C. C.; YU, K. W. Application of a New Hybrid Fuzzy AHP Model to the Location Choice. **Mathematical Problems in Engineering**, p. 12, 2013. Disponível em: <<http://www.hindawi.com/journals/mpe/2013/592138>>.



COLLIS, J.; HUSSEY, R. **Pesquisa em Administração: um guia pratico para alunos da graduação**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

COOPER, D. R.; SCHINDLER, P. S. **Métodos de pesquisa em administração**. 10. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

DENNIS, P. **Produção Lean simplificada. Um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo**. [S.l.], 2008.

DO, H. Q.; CHEN, J. F.; HSIEH, H. N. Trapezoidal Fuzzy AHP and Fuzzy Comprehensive Evaluation Approaches for Evaluating Academic Library Service. **WSEAS Transactions on Computers**, v. 14, p. 607–619, 2015.

DRAGOVIC, I. et al. A Boolean Consistent Fuzzy Inference System for Diagnosing Diseases and Its Application for Determining Peritonitis Likelihood. **Computational and Mathematical Methods in Medicine**, p. 10, 2015. Disponível em: <<http://www.hindawi.com/journals/cmmm/2015/147947>>.

ELASSY, N. The concepts of quality, quality assurance and quality enhancement. **Quality Assurance in Education**, v. 23, n. 3, p. 250–261, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1108/QAE-11-2012-0046>>.

ENSSLIN, L.; Neto Montibellar, G.; NORONHA, S. M. **Apoio á decisão. Metodologias para estruturação de problemas e avaliação multicritérios de alternativas**. [S.l.], 2001.

FALAT, L.; MARCEK, D.; DURISOVA, M. Intelligent Soft Computing on Forex: Exchange Rates Forecasting with Hybrid Radial Basis Neural Network. **The Scientific World Journal**, p. 15, 2016. Disponível em: <<http://www.hindawi.com/journals/tswj/2016/3460293>>.

FLYNN, B. B.; SCHROEDER, R. G.; SAKAKIBARA, S. A framework for quality management research and an associated measurement instrument. **Journal of Operations Management**, v. 11, n. 4, p. 339–366, 1994. ISSN 0272-6963. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272696397900048>>.

GARVIN, D. A. **Gerenciando a Qualidade: a visão estratégica e competitiva**. [S.l.], 2002.

GELEI, A.; LOSONCI, D.; MATYUSZ, Z. Lean production and leadership attributes – the case of Hungarian production managers. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 26, n. 4, p. 477–500, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1108/JMTM-05-2013-0059>>.

GIL, A. C. **Como elaborar Projetos de Pesquisa**. [S.l.], 2008.

GONDIM, S. M. G. Grupos focais como técnica de investigação qualitativa: desafios metodológicos. **Paidéia**, v. 12, n. 24, p. 149–161, 2003.

GRAY, P.; NUNAMAKER, J. **Group decision support systems. Decision support putting theory into practice**. 3. ed. [S.l.], 1993.

GREEF, A. C.; FREITAS, M. C. D.; ROMANEL, F. B. **Lean Office. Operações, gerenciamento e tecnologias**. [S.l.], 2012.

GU, W. Update on administration of anesthetics and psychoactive drugs for pain management in China. **Acta Anaesthesiologica Taiwanica**, v. 53, n. 2, p. 55–57, 2015. ISSN 1875-4597. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187545971500051X>>.

GURUMURTHY, A.; KODALI, R. Performance value analysis for the justification of lean manufacturing systems. **Industrial engineering and engineering management**, v. 2, n. 4, p. 377–381, 2007.

HUNG, T. Y.; HSIAO, Y. J.; WU, S. W. Advantage Management Strategy in Competition via Technological Race Perspective: Empirical Evidence from the Taiwanese Manufacturing Industry. **The Scientific World Journal**, p. 10, 2014. Disponível em: <<http://www.hindawi.com/journals/tswj/2014/843436>>.

HWANG, B. N.; SHEN, Y. C. Decision Making for Third Party Logistics Supplier Selection in Semiconductor Manufacturing Industry: A Nonadditive Fuzzy Integral Approach. **Mathematical Problems in Engineering**, p. 12, 2015. Disponível em: <<http://www.hindawi.com/journals/mpe/2015/918602>>.

HYDE, K. F.; DECROP, A. New perspectives on vacation decision making. **International Journal of Culture, Tourism and Hospitality Research**, v. 5, n. 2, p. 103–111, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1108/17506181111139537>>.

JACOBS, F. R.; CHASE, R. B. **Administração de operações e da cadeia de suprimentos**. [S.l.], 2012.

JANACKOVIC, G. L.; SAVIC, S. M.; STANKOVIC, M. S. Selection and ranking of occupational safety indicators based on fuzzy ahp: a case study in road construction companies. **The south african journal of industrial engineering**, v. 24, n. 3, 2013. Disponível em: <<http://sajie.journals.ac.za/pub/article/view/463>>.

JURAN, J. M. **A qualidade desde o projeto. Os novos passos para o planejamento da qualidade em produtos e serviços**. [S.l.], 1992.

KAHRAMAN, C. **Fuzzy Multi-criteria decision making: Theori and applications with recent development**. [S.l.], 2008.

KALTENECKER, E.; QUEIROZ, R. **Qualidade segundo Garvin**. [S.l.], 1995.

KAR, A. K.; PANI, A. K. Exploring the importance of different supplier selection criteria. **Management Research Review**, v. 37, n. 1, p. 89–105, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1108/MRR-10-2012-0230>>.

KARAASLAN, F. Soft Classes and Soft Rough Classes with Applications in Decision Making. **Mathematical Problems in Engineering**, p. 11, 2016. Disponível em: <<http://www.hindawi.com/journals/mpe/2016/1584528>>.

KAZEMI, S.; HOMAYOUNI, M. S.; JAHANGIRI, J. Fuzzy Delphi-Analytical Hierarchy Process Approach for Ranking of Effective Material Selection Criteria. **Advances in Materials Science and Engineering**, p. 12, 2015. Disponível em: <<http://www.hindawi.com/journals/amse/2015/845346>>.

KRISTENSEN, T. B.; ISRAELEN, P. Performance effects of multiple control forms in a Lean organization: A quantitative case study in a systems fit approach. **Management**

**Accounting Research**, v. 25, n. 1, p. 45–62, 2014. ISSN 1044-5005. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1044500513000772>>.

LACERDA, D. P. et al. Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. **Gestão e Produção**, São Carlos, v. 20, n. 4, p. 741–761, 2013.

LANTZ, A.; HANSEN, N.; ANTONI, C. Participative work design in lean production: A strategy for dissolving the paradox between standardized work and team proactivity by stimulating team learning? **Journal of Workplace Learning**, v. 27, n. 1, p. 19–33, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1108/JWL-03-2014-0026>>.

LI, L. et al. Fuzzy Control for Nonlinear Singular Markovian Jump Systems with Time Delay. **Mathematical Problems in Engineering**, p. 13, 2015. Disponível em: <<http://www.hindawi.com/journals/mpe/2015/896515>>.

LINDENAU-STOCKFISCH, V.; SEARLE, J.; MÖCKEL, M. POCT in Emergency Rooms: One Key Factor for Process Streamlining with Lean Management. **Conference Papers in Medicine**, p. 6, 2016. Disponível em: <<http://www.hindawi.com/archive/2013/143985>>.

LOW, S. P.; GAO, S.; TIONG, K. L. Applying lean production principles to facilities design of ramp-up factories. **Facilities**, v. 33, n. 5/6, p. 280–301, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1108/F-11-2013-0086>>.

MARANATE, T.; PONGPULLPONSAK, A.; RUTTANAUMPAWAN, P. The Prioritization of Clinical Risk Factors of Obstructive Sleep Apnea Severity Using Fuzzy Analytic Hierarchy Process. **Computational and Mathematical Methods in Medicine**, p. 13, 2015. Disponível em: <<http://www.hindawi.com/journals/cmmm/2015/257856>>.

MARCHESAN, T. M.; SOUZA, A. M.; MENEZES, R. Avaliação do processo de ensino: uma abordagem multivariada. **Production**, v. 21, n. 2, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132011005000018>>.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa**. [S.l.], 2010.

MARODIN, G. A.; SAURIN, T. A. Classification and relationships between risks that affect lean production implementation: A study in southern Brazil. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 26, n. 1, p. 57–79, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1108/JMTM-12-2012-0113>>.

MASSA, F. et al. Finite element analysis of frictionless contact problems using fuzzy control approach. **Engineering Computations**, v. 32, n. 3, p. 585–606, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1108/EC-11-2013-0289>>.

MAXIMIANO, A. C. A. Introdução a engenharia. 2010.

MCNEILL, F. M.; THRO, E. **Fuzzy logic a practical approach**. [S.l.], 1994.

MIGUEL, P. A. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2. ed. [S.l.], 2012.

MOU, Q. Method of multi-attribute decision-making and its application. **Guangxi University**, 2004.

NILSSON, K.; SANDOFF, M. Managing processes of inpatient care and treatment: Swedish healthcare process managers' descriptions. **Journal of Health Organization and Management**, v. 29, n. 7, p. 1029–1046, 2015. PMID: 26556166. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1108/JHOM-03-2014-0048>>.

OHNO, T. O. **Sistema Toyota de produção – além da produção em larga escala**. [S.l.], 1997.

OUMA, Y.; OPUDO, J.; NYAMBENYA, S. Comparison of Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS for Road Pavement Maintenance Prioritization: Methodological Exposition and Case Study. **Advances in Civil Engineering**, p. 17, 2015. Disponível em: <<http://www.hindawi.com/journals/ace/2015/140189>>.

PANWAR, A.; JAIN, R.; RATHORE, A. Lean implementation in Indian process industries – some empirical evidence. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 26, n. 1, p. 131–160, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1108/JMTM-05-2013-0049>>.

PEDRYCZ, W.; GOMIDE, F. **Fuzzy systems engineering**. [S.l.], 2007.

PRZYBYŁA-KASPEREK, M.; WAKULICZ-DEJA, A. Global decision-making in multi-agent decision-making system with dynamically generated disjoint clusters. **Applied Soft Computing**, v. 40, p. 603–615, 2016. ISSN 1568-4946. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1568494615007954>>.

RASHID, T.; HUSNINE, S. M. Multicriteria Group Decision Making by Using Trapezoidal Valued Hesitant Fuzzy Sets. **The Scientific World Journal**, p. 8, 2014. Disponível em: <<http://www.hindawi.com/journals/tswj/2014/304834>>.

REIS, L. P.; LADEIRA, M. B.; FERNANDES, J. M. Contribuição do método analytic hierarchy process (ahp) para auxílio ao processo decisório de terceirizar ou internalizar atividades no contexto de uma empresa de base tecnológica. **Produção Online**, Florianópolis, v. 13, n. 4, p. 1325–1354, 2013.

ROESCH, S. M. A. **Projetos de estágio e de pesquisa em administração. Guia para estágios, trabalhos de conclusão, dissertações e estudos de caso**. 3. ed. [S.l.], 2013.

ROJAS-ZERPA, J. C.; YUSTA, J. M. Application of multicriteria decision methods for electric supply planning in rural and remote areas. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 52, p. 557–571, 2015. ISSN 1364-0321. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115007868>>.

RUIZ, J. A. **Metodologia Científica: Guia para eficiência nos estudos**. [S.l.], 2008.

SAATY, T. L.; SHIH, H.-S. Structures in decision making: On the subjective geometry of hierarchies and networks. **European Journal of Operational Research**, v. 199, n. 3, p. 867–872, 2009. ISSN 0377-2217. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221709002203>>.

SADR, S. et al. A group decision-making tool for the application of membrane technologies in different water reuse scenarios. **Journal of Environmental Management**, v. 156, p. 97–108, 2015. ISSN 0301-4797. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479715001243>>.

SCHULTE, S. et al. Elastic Business Process Management: State of the art and open challenges for {BPM} in the cloud. **Future Generation Computer Systems**, v. 46, p. 36–50, 2015. ISSN 0167-739X. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167739X1400168X>>.

SELLITTO, M. A.; WALTER, C. Avaliação do desempenho de uma manufatura de equipamentos eletrônicos segundo critérios de competição. **Produção**, v. 16, n. 1, p. 034–047, 2006.

SHINGO, S. **O sistema Toyota de produção: do ponto de vista da engenharia de produção**. [S.l.], 1996.

SIMON, H. **Comportamento Administrativo. Estudo dos Processos decisórios**. [S.l.], 1965.

SIMÕES, M. G.; SHAW, I. S. **Controle e modelagem fuzzy**. 2. ed. [S.l.], 2007.

SOLIMANPUR, M.; MANSOURFAR, G.; GHAYOUR, F. Optimum portfolio selection using a hybrid genetic algorithm and analytic hierarchy process. **Studies in Economics and Finance**, v. 32, n. 3, p. 379–394, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1108/SEF-08-2012-0085>>.

SOLTANI, A. et al. Multiple stakeholders in multi-criteria decision-making in the context of Municipal Solid Waste Management: A review. **Waste Management**, v. 35, p. 318–328, 2015. ISSN 0956-053X. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X14004322>>.

SOMSUK, N.; LAOSIRIHONGTHONG, T. A fuzzy {AHP} to prioritize enabling factors for strategic management of university business incubators: Resource-based view. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 85, p. 198–210, 2014. ISSN 0040-1625. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162513001753>>.

SPELLANE, J. P.; KENNEY, A. W. School administration in a changing education sector: the US experience. **Journal of Educational Administration**, v. 50, n. 5, p. 541–561, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1108/09578231211249817>>.

STEFANO, N. et al. Hybrid Fuzzy Methodology for the Evaluation of Criteria and Sub-criteria of Product-service System (PSS). **Procedia CIRP**, v. 30, p. 439–444, 2015. ISSN 2212-8271. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827115005442>>.

TAGUCHI, G.; THOMAS, E.; HSIANG, E. **Engenharia da qualidade em sistemas de produção**. [S.l.], 1990.

TALWAR, B. Comparative study of framework, criteria and criterion weighting of excellence models. **Measuring Business Excellence**, v. 15, n. 1, p. 49–65, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1108/13683041111113240>>.

THANKI, S.; THAKKAR, J. Status of lean manufacturing practices in Indian industries and government initiatives: A pilot study. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 25, n. 5, p. 655–675, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1108/JMTM-05-2012-0057>>.

TORTORELLA, G. L. et al. The impact of contextual variables on learning organization in firms that are implementing lean: a study in Southern Brazil. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 78, n. 9, p. 1879–1892, 2015. ISSN 1433-3015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s00170-015-6791-1>>.

TSENG, M.-L.; LIN, Y.-H.; CHIU, A. S. Fuzzy AHP-based study of cleaner production implementation in Taiwan {PWB} manufacturer. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, n. 14, p. 1249–1256, 2009. ISSN 0959-6526. Advances in Life-Cycle Approaches to Business and Resource Management in the Asia-Pacific Region. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652609001073>>.

VAN-LAARHOVEN, P.; PEDRYCZ, W. A fuzzy extension of Saaty's priority theory. **Fuzzy Sets and Systems**, v. 11, n. 1, p. 229–241, 1983. ISSN 0165-0114. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165011483800827>>.

VIEIRA FILHO, G. **Gestão da qualidade total. Uma abordagem prática**. 4. ed. [S.l.], 2012.

WANG, M. T. Use of a Combination of AHP and ISM for Making an Innovative Rescue Caring Design in Landslide Area. **Mathematical Problems in Engineering**, p. 13, 2015. Disponível em: <<http://www.hindawi.com/journals/mpe/2015/401736>>.

WECKENMANN, A.; AKKASOGLU, G.; WERNER, T. Quality management – history and trends. **The TQM Journal**, v. 27, n. 3, p. 281–293, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1108/TQM-11-2013-0125>>.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas lean thinking. Elimine os desperdícios e crie riqueza**. [S.l.], 2004.

WU, J. T. et al. Hesitant Fuzzy Linguistic Multicriteria Decision-Making Method Based on Generalized Prioritized Aggregation Operator. **The Scientific World Journal**, p. 16, 2014. Disponível em: <<http://www.hindawi.com/journals/tswj/2014/645341>>.

XIAOFEN, T. Investigation on quality management maturity of Shanghai enterprises. **The TQM Journal**, v. 25, n. 4, p. 417–430, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1108/17542731311314890>>.

YAMAKAWA, E. K.; MIGUEL, P. A.; AOKI, A. R. Aplicação de fuzzy quality function deployment para seleção de indicadores de eficiência energética para utilização em um software de gestão de energia. **Science e Engineering Journal**, v. 23, n. 2, p. 21–31, 2014.

YIN, R. K. **Estudo de caso. Planejamento e método**. 2. ed. [S.l.], 2001.

ZADEH, L. A. **Fuzzy sets. Information and control**. [S.l.: s.n.], 1965. 338–353 p.

ZARE, R. et al. The Integrated Fuzzy AHP and Goal Programming Model Based on LCA Results for Industrial Waste Management by Using the Nearest Weighted approximation of FN: Aluminum Industry in Arak, Iran. **Advances in Materials Science and Engineering**, p. 13, 2016. Disponível em: <<http://www.hindawi.com/journals/amse/2016/1359691>>.

## APÊNDICE A – INSTRUMENTO DE PESQUISA

Criação de uma metodologia de controle e apoio a tomada de decisão para gestão de empresas do setor manufatureiro com mix de produtos. Empresa consideradas de médio porte.

Constructo	Ordem	Subconstructo	Percepção
Controle de processos de produção  (Aikhuele, souleman, Azizi, 2014; Kilic, Altintas, 2016)	Subc1	Aplicação de célula de manufatura por processo?	1 ( ) Não se aplica 3 ( ) Aplicação muito fraca 5 ( ) Aplicação fraca 7 ( ) Aplicação forte 9 ( ) Aplicação muito forte
	Subc2	Uso da célula de manufatura posicional?	1 ( ) Não se aplica 3 ( ) Aplicação muito fraca 5 ( ) Aplicação fraca 7 ( ) Aplicação forte 9 ( ) Aplicação muito forte
	Subc3	O uso de controle operacional em processos, matéria-prima, manufatura é aplicável ?	1 ( ) Não se aplica 3 ( ) Aplicação muito fraca 5 ( ) Aplicação fraca 7 ( ) Aplicação forte 9 ( ) Aplicação muito forte
	Subc4	Fazer departamentalização dos setores fica mais fácil controlar a qualidade do produto?	1 ( ) Não se aplica 3 ( ) Aplicação muito fraca 5 ( ) Aplicação fraca 7 ( ) Aplicação forte 9 ( ) Aplicação muito forte
	Subc5	Relevância da empresa quanto a sustentabilidade ambiental (reutilização de matéria-prima)?	1 ( ) Não se aplica 3 ( ) Aplicação muito fraca 5 ( ) Aplicação fraca 7 ( ) Aplicação forte 9 ( ) Aplicação muito forte
	Subc6	Inovar na reformulação de novos processos é relevante para o setor manufatureiro sob pedido?	1 ( ) Não se aplica 3 ( ) Aplicação muito fraca 5 ( ) Aplicação fraca 7 ( ) Aplicação forte 9 ( ) Aplicação muito forte

Constructo	Ordem	Subconstructo	Percepção
(Flynn, Schroeder, Sakakibara, 1994; Aikhuele, souleman, Azizi, 2014)	Subc7	Qual a importância em fazer uma inspeção focal por colaboradores externos ao processo produtivo? É aplicado na empresa ?	1 ( ) Não se aplica 3 ( ) Aplicação muito fraca 5 ( ) Aplicação fraca 7 ( ) Aplicação forte 9 ( ) Aplicação muito forte
	Subc8	Utilização de indicadores na produção?	1 ( ) Não se aplica 3 ( ) Aplicação muito fraca 5 ( ) Aplicação fraca 7 ( ) Aplicação forte 9 ( ) Aplicação muito forte
	Subc9	Realização de cronoanálise para identificação de gargalos na produção?	1 ( ) Não se aplica 3 ( ) Aplicação muito fraca 5 ( ) Aplicação fraca 7 ( ) Aplicação forte 9 ( ) Aplicação muito forte
	Subc10	Fazer ajustamentos na flutuação da produção para (criar pulmões entre as operações/máquinas)?	1 ( ) Não se aplica 3 ( ) Aplicação muito fraca 5 ( ) Aplicação fraca 7 ( ) Aplicação forte 9 ( ) Aplicação muito forte
	Subc11	Inspecionar a capacidade produtiva das máquinas e pessoas?	1 ( ) Não se aplica 3 ( ) Aplicação muito fraca 5 ( ) Aplicação fraca 7 ( ) Aplicação forte 9 ( ) Aplicação muito forte
	Subc12	É aplicado observações de ergonomia (método que os colaboradores desenvolvem as operações) ?	1 ( ) Não se aplica 3 ( ) Aplicação muito fraca 5 ( ) Aplicação fraca 7 ( ) Aplicação forte 9 ( ) Aplicação muito forte



Constructo	Ordem	Subconstructo	Percepção
(Low, Gao, Tiong, 2014; Kilic, Altintas, 2016)	Subc13	É considerado relevante fazer estudos quanto ao volume da demanda versus capacidade de produção constantemente (mensal, semanal)?	1 ( ) Não se aplica 3 ( ) Aplicação muito fraca 5 ( ) Aplicação fraca 7 ( ) Aplicação forte 9 ( ) Aplicação muito forte
	Subc14	Utilização de estoque de segurança na produção	1 ( ) Não se aplica 3 ( ) Aplicação muito fraca 5 ( ) Aplicação fraca 7 ( ) Aplicação forte 9 ( ) Aplicação muito forte
	Subc15	Inovar com automação para processos produtivos é um fator estratégico para tomada de decisão em estoques?	1 ( ) Não se aplica 3 ( ) Aplicação muito fraca 5 ( ) Aplicação fraca 7 ( ) Aplicação forte 9 ( ) Aplicação muito forte
	Subc16	Manutenção preventivas é uma ação pertinente para empresa?	1 ( ) Não se aplica 3 ( ) Aplicação muito fraca 5 ( ) Aplicação fraca 7 ( ) Aplicação forte 9 ( ) Aplicação muito forte
	Subc17	Manutenção corretiva é relevante para aplicação na empresa?	1 ( ) Não se aplica 3 ( ) Aplicação muito fraca 5 ( ) Aplicação fraca 7 ( ) Aplicação forte 9 ( ) Aplicação muito forte

Constructo	Ordem	Subconstructo	Percepção
(Gurumurthy, Kodali, 2007; Marodin, Saurin, 2014)	Subc18	É necessário obter controle dos processos e operações quanto a (sucatas/erros ou volume de produção) de forma global?	1 ( ) Não se aplica 3 ( ) Aplicação muito fraca 5 ( ) Aplicação fraca 7 ( ) Aplicação forte 9 ( ) Aplicação muito forte
	Subc19	É necessário obter controle dos processos e operações quanto a (sucatas/erros ou volume de produção) em pontos isolados?	1 ( ) Não se aplica 3 ( ) Aplicação muito fraca 5 ( ) Aplicação fraca 7 ( ) Aplicação forte 9 ( ) Aplicação muito forte
	Subc20	O layout característico voltado para processos da empresa é relevante produção manufatureira?	1 ( ) Não se aplica 3 ( ) Aplicação muito fraca 5 ( ) Aplicação fraca 7 ( ) Aplicação forte 9 ( ) Aplicação muito forte
	Subc21	O layout característico do produto (multiprocesso) é aplicado nas operações ?	1 ( ) Não se aplica 3 ( ) Aplicação muito fraca 5 ( ) Aplicação fraca 7 ( ) Aplicação forte 9 ( ) Aplicação muito forte
	Subc22	Os setups por produto, influenciado por (RPM, número de pessoas) são importantes para, empresa que ambiciona trabalhar com mix de itens no setor manufatureiro?	1 ( ) Não se aplica 3 ( ) Aplicação muito fraca 5 ( ) Aplicação fraca 7 ( ) Aplicação forte 9 ( ) Aplicação muito forte
	Subc23	No viés de obter controle de processos e operações da produção para tomar decisão dar-se-ia a necessidade de verificar fenômenos dentro de determinados limites com base em sistemas de controle estatístico de processos (CEP).	1 ( ) Não se aplica 3 ( ) Aplicação muito fraca 5 ( ) Aplicação fraca 7 ( ) Aplicação forte 9 ( ) Aplicação muito forte

Constructo	Ordem	Subconstructo	Percepção
(Burak, 2016; Stefano, Casaroto Filho, Barichelli, 2015)	Subc24	É importante automatizar o transporte de lotes para reduzir custos de mão-de-obra?	1 ( ) Não se aplica 3 ( ) Aplicação muito fraca 5 ( ) Aplicação fraca 7 ( ) Aplicação forte 9 ( ) Aplicação muito forte
	Subc25	É importante investir em infraestrutura que esta relacionado a armazenagem de produtos acabados, para que se tenha um bom desenvolvimento sistêmico organizacional?	1 ( ) Não se aplica 3 ( ) Aplicação muito fraca 5 ( ) Aplicação fraca 7 ( ) Aplicação forte 9 ( ) Aplicação muito forte
	Subc26	O capital intelectual dos inspecionadores de processo pode ser utilizado como obtenção de competitividade produtiva (oferta/demanda)?	1 ( ) Não se aplica 3 ( ) Aplicação muito fraca 5 ( ) Aplicação fraca 7 ( ) Aplicação forte 9 ( ) Aplicação muito forte
	Subc27	O capital intelectual dos supervisor de produção é a consagração de obter ganhos na produção?	1 ( ) Não se aplica 3 ( ) Aplicação muito fraca 5 ( ) Aplicação fraca 7 ( ) Aplicação forte 9 ( ) Aplicação muito forte
	Subc28	Fazer custos por ordens de fabricação é aplicado na empresa como fator estratégico?	1 ( ) Não se aplica 3 ( ) Aplicação muito fraca 5 ( ) Aplicação fraca 7 ( ) Aplicação forte 9 ( ) Aplicação muito forte

Constructo	Ordem	Subconstructo	Percepção
(Stefano, Casaroto Filho, Barichello, 2015; Sellitto, Walter, 2006)	Subc29	Executar sistemas de informações como (MRP II e MES) é fundamental, para gerenciamento manufatureiro?	1 ( ) Não se aplica 3 ( ) Aplicação muito fraca 5 ( ) Aplicação fraca 7 ( ) Aplicação forte 9 ( ) Aplicação muito forte
	Subc30	Se ganha mercado oferecendo soluções diferenciadas, soluções especiais a empresa emprega essa decisão na produção para se ter poder de mercado ?	1 ( ) Não se aplica 3 ( ) Aplicação muito fraca 5 ( ) Aplicação fraca 7 ( ) Aplicação forte 9 ( ) Aplicação muito forte
	Subc31	A empresa é composta/aplica gestão ambiental em sua produção?	1 ( ) Não se aplica 3 ( ) Aplicação muito fraca 5 ( ) Aplicação fraca 7 ( ) Aplicação forte 9 ( ) Aplicação muito forte
	Subc32	O treinamento de pessoal é um fator que impacta na produção. a empresa investe nessa razão de pensar?	1 ( ) Não se aplica 3 ( ) Aplicação muito fraca 5 ( ) Aplicação fraca 7 ( ) Aplicação forte 9 ( ) Aplicação muito forte
	Subc33	Desenvolver líderes que compreendam completamente o trabalho, e vivenciam a filosofia da empresa e a repassam a outros colaboradores.	1 ( ) Não se aplica 3 ( ) Aplicação muito fraca 5 ( ) Aplicação fraca 7 ( ) Aplicação forte 9 ( ) Aplicação muito forte

## APÊNDICE B – BASE DE REGRAS UTILIZADA NA SIMULAÇÃO FUZZY DOS CONSTRUTOS GESTORES

1. Se,(Inspeção =,Igual) AND (Capacidade =,Igual) AND (Gestão =,Igual) AND (Custo =,Igual) AND (Estocagem =,Igual) AND (Processo =,Igual), Então,(Saídas =,Plano ação arriscado);
2. Se,(Inspeção =,Igual) AND (Capacidade =,Pouco) AND (Gestão =,Igual) AND (Custo =,Igual) AND (Estocagem =,Igual) AND (Processo =,Igual), Então,(Saídas =,Plano ação arriscado);
3. Se,(Inspeção =,Igual) AND (Capacidade =,Pouco) AND (Gestão =,Pouco) AND (Custo =,Igual) AND (Estocagem =,Igual) AND (Processo =,Igual), Então,(Saídas =,Plano ação arriscado);
4. Se,(Inspeção =,Igual) AND (Capacidade =,Pouco) AND (Gestão =,Pouco) AND (Custo =,Muito) AND (Estocagem =,Igual) AND (Processo =,Igual), Então,((Saídas =,Plano ação arriscado);
5. Se,(Inspeção =,Igual) AND (Capacidade =,Pouco) AND (Gestão =,Pouco) AND (Custo =,Muito) AND (Estocagem =,Pouco) AND (Processo =,Igual), Então,(Saídas =,Plano ação arriscado);
6. Se,(Inspeção =,Igual) AND (Capacidade =,Pouco) AND (Gestão =,Pouco) AND (Custo =,Muito) AND (Estocagem =,Pouco) AND (Processo =,Bastante), Então,(Saídas =,Plano ação arriscado);
7. Se,(Inspeção =,Pouco) AND (Capacidade =,Pouco) AND (Gestão =,Igual) AND (Custo =,Muito) AND (Estocagem =,Pouco) AND (Processo =,Bastante), Então,(Saídas =,Plano ação arriscado);
8. Se,(Inspeção =,Muita) AND (Capacidade =,Pouco) AND (Gestão =,Igual) AND (Custo =,Muito) AND (Estocagem =,Pouco) AND (Processo =,Bastante), Então,(Saídas =,Plano ação arriscado);
9. Se,(Inspeção =,Bastante) AND (Capacidade =,Pouco) AND (Gestão =,Igual) AND (Custo =,Muito) AND (Estocagem =,Pouco) AND (Processo =,Muito),Então,(Saídas =,Plano ação arriscado);
10. Se,(Inspeção =,Bastante) AND (Capacidade =,Muito) AND (Gestão =,Pouco) AND (Custo =,Muito) AND (Estocagem =,Pouco) AND (Processo =,Muito),Então,(Saídas =,Plano ação analisado);
11. Se,(Inspeção =,Bastante) AND (Capacidade =,Muito) AND (Gestão =,Pouco) AND (Custo =,Muito) AND (Estocagem =,Muito) AND (Processo =,Pouco),Então,(Saídas =,Plano ação analisado);
12. Se,(Inspeção =,Muita) AND (Capacidade =,Pouco) AND (Gestão =,Igual) AND (Custo =,Bastante) AND (Estocagem =,Pouco) AND (Processo =,Muito),

Então,(Saídas =,Plano ação analisado);

13. Se,(Inspeção =,Muita) AND (Capacidade =,Pouco) AND (Gestão =,Igual) AND (Custo =,Extremamente) AND (Estocagem =,Pouco) AND (Processo =,Muito),

Então,(Saídas =,Plano ação analisado);

14. Se,(Inspeção =,Bastante) AND (Capacidade =,Muito) AND (Gestão =,Igual) AND (Custo =,Extremamente) AND (Estocagem =,Igual) AND (Processo

=,Muito),Então,(Saídas =,Plano ação analisado);

15. Se,(Inspeção =,Bastante) AND (Capacidade =,Muito) AND (Gestão =,Igual) AND (Custo =,Extremamente) AND (Estocagem =,Igual) AND (Processo

=,Bastante),Então,(Saídas =,Plano ação analisado);

16. Se,(Inspeção =,Bastante) AND (Capacidade =,Muito) AND (Gestão =,Igual) AND (Custo =,Extremamente) AND (Estocagem =,Igual) AND (Processo

=,Extremamente),Então,(Saídas =,Plano ação analisado);

17. Se,(Inspeção =,Extremamente) AND (Capacidade =,Pouco) AND (Gestão =,Muito) AND (Custo =,Bastante) AND (Estocagem =,Pouco) AND (Processo

=,Muito), Então,(Saídas =,Plano ação analisado);

18. Se,(Inspeção =,Bastante) AND (Capacidade =,Muito) AND (Gestão =,Pouco) AND (Custo =,Muito) AND (Estocagem =,Igual) AND (Processo

=,Muito),Então,(Saídas =,Plano ação analisado);

19. Se,(Inspeção =,Bastante) AND (Capacidade =,Muito) AND (Gestão =,Pouco) AND (Custo =,Muito) AND (Estocagem =,Bastante) AND (Processo

=,Muito),Então,(Saídas =,Plano ação analisado);

20. Se,(Inspeção =,Bastante) AND (Capacidade =,Muito) AND (Gestão =,Pouco) AND (Custo =,Muito) AND (Estocagem =,Bastante) AND (Processo

=,Bastante),Então,(Saídas =,Plano ação analisado);

21. Se,(Inspeção =,Bastante) AND (Capacidade =,Muito) AND (Gestão =,Pouco) AND (Custo =,Muito) AND (Estocagem =,Igual) AND (Processo

=,Extremamente),Então,(Saídas =,Plano ação analisado);

22. Se,(Inspeção =,Muita) AND (Capacidade =,Muito) AND (Gestão =,Pouco) AND (Custo =,Muito) AND (Estocagem =,Pouco) AND (Processo =,Extremamente),

Então,(Saídas =,Plano ação aceitável);

23. Se,(Inspeção =,Muita) AND (Capacidade =,Muito) AND (Gestão =,Pouco) AND (Custo =,Muito) AND (Estocagem =,Pouco) AND (Processo =,Bastante),

Então,(Saídas =,Plano ação aceitável);

24. Se,(Inspeção =,Muita) AND (Capacidade =,Muito) AND (Gestão =,Pouco) AND (Custo =,Muito) AND (Estocagem =,Muito) AND (Processo =,Bastante),

Então,(Saídas =,Plano ação aceitável);

25. Se,(Inspeção =,Muita) AND (Capacidade =,Muito) AND (Gestão =,Muito) AND (Custo =,Muito) AND (Estocagem =,Muito) AND (Processo =,Bastante),

Então,(Saídas =,Plano ação aceitável);

26. Se,(Inspeção =,Muita) AND (Capacidade =,Muito) AND (Gestão =,Bastante) AND (Custo =,Muito) AND (Estocagem =,Muito) AND (Processo =,Bastante),Então,(Saídas =,Plano ação aceitável);

27. Se,(Inspeção =,Muita) AND (Capacidade =,Muito) AND (Gestão =,Bastante) AND (Custo =,Bastante) AND (Estocagem =,Muito) AND (Processo =,Bastante),Então,(Saídas =,Plano ação aceitável);

28. Se,(Inspeção =,Muita) AND (Capacidade =,Muito) AND (Gestão =,Bastante) AND (Custo =,Bastante) AND (Estocagem =,Pouco) AND (Processo =,Bastante),Então,(Saídas =,Plano ação aceitável);

29. Se,(Inspeção =,Muita) AND (Capacidade =,Muito) AND (Gestão =,Bastante) AND (Custo =,Bastante) AND (Estocagem =,Pouco) AND (Processo =,Muito),Então,(Saídas =,Plano ação aceitável);

30. Se,(Inspeção =,Bastante) AND (Capacidade =,Muito) AND (Gestão =,Bastante) AND (Custo =,Bastante) AND (Estocagem =,Pouco) AND (Processo =,Extremamente),Então,(Saídas =,Plano ação aceitável);

31. Se,(Inspeção =,Bastante) AND (Capacidade =,Pouco) AND (Gestão =,Bastante) AND (Custo =,Bastante) AND (Estocagem =,Pouco) AND (Processo =,Extremamente),Então,(Saídas =,Plano ação aceitável);

32. Se,(Inspeção =,Bastante) AND (Capacidade =,Igual) AND (Gestão =,Bastante) AND (Custo =,Bastante) AND (Estocagem =,Pouco) AND (Processo =,Extremamente),Então,(Saídas =,Plano ação aceitável);

33. Se,(Inspeção =,Bastante) AND (Capacidade =,Igual) AND (Gestão =,Extremamente) AND (Custo =,Muito) AND (Estocagem =,Igual) AND (Processo =,Extremamente),Então,(Saídas =,Plano ação aceitável);

34. Se,(Inspeção =,Bastante) AND (Capacidade =,Igual) AND (Gestão =,Extremamente) AND (Custo =,Muito) AND (Estocagem =,Pouco) AND (Processo =,Extremamente),Então,(Saídas =,Plano ação aceitável);

35. Se,(Inspeção =,Bastante) AND (Capacidade =,Igual) AND (Gestão =,Extremamente) AND (Custo =,Muito) AND (Estocagem =,Pouco) AND (Processo =,Muito),Então,(Saídas =,Plano ação aceitável);

36. Se,(Inspeção =,Bastante) AND (Capacidade =,Igual) AND (Gestão =,Extremamente) AND (Custo =,Muito) AND (Estocagem =,Pouco) AND (Processo =,Bastante),Então,((Saídas =,Plano ação aceitável);

37. Se,(Inspeção =,Bastante) AND (Capacidade =,Pouco) AND (Gestão =,Pouco) AND (Custo =,Extremamente) AND (Estocagem =,Igual) AND (Processo =,Igual),Então,(Saídas =,Plano ação arriscado)