



## **SELEÇÃO DE FORNECEDORES DE PEÇAS USANDO FUZZY AHP NO SETOR DE PRODUÇÃO DE ÁUDIO E TELEVISÃO**

**Geórgenes Wilkens Maciel Vieira**

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

Orientador: Eduardo de Magalhães Braga

Belém

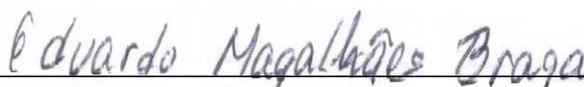
Maio de 2019

**SELEÇÃO DE FORNECEDORES DE PEÇAS USANDO FUZZY AHP NO  
SETOR DE PRODUÇÃO DE ÁUDIO E TELEVISÃO**

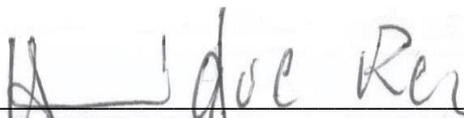
Geórgenes Wilkens Maciel Vieira

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

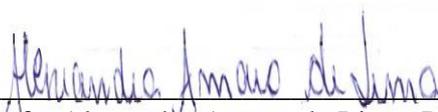
Examinada por:



Prof. Eduardo de Magalhães Braga, Dr.  
(PPGEP/ITEC/UFPA-Orientador)



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



Profa. Alexandra Amaro de Lima, Dra.  
(UNIP-Membro)

BELÉM, PA - BRASIL

MAIO DE 2019

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**  
**Sistema de Bibliotecas da UFPA**

---

Vieira, Geórgenes Wilkens Maciel, 1974-  
Seleção de fornecedores de peças usando fuzzy AHP no  
setor de produção de áudio e televisão / Geórgenes Wilkens  
Maciel Vieira - 2019.

Orientador: Eduardo de Magalhães Braga

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

1. Logística empresarial. 2. Lógica difusa. 3.  
Administração de material. I. Título

CDD 23.ed.658.78

---

*Dedico minha dissertação primeiramente a Deus, ao meu pai, minha esposa e filha que me ajudaram e incentivaram a realizar mais esta conquista.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por sempre me dar coragem e por me conceder mais essa vitória.

Ao meu amado pai Sebastião Fernando de Oliveira Vieira que sempre me apoiou ao qual dedico minha eterna admiração e gratidão.

A minha amada esposa Linda Braga Vieira por sempre estar ao meu lado, me apoiando, principalmente nos momentos que mais necessitei.

A minha amada filha Glenda Wilkens Lopes Vieira por ter sempre seu pai como uma grande referência de dedicação.

Ao meu Orientador Prof. Dr. Eduardo de Magalhães Braga pelos ensinamentos indispensáveis na construção desse trabalho e pela orientação, a qual foi de suma importância para elaboração desse projeto.

Aos meus colegas de mestrado Fernando Queiroz, Thiago Yoshida e Marcus Colares por formarmos uma excelente equipe de Mestrado.

Aos meus colegas do curso de Mestrado Profissionalizante em Processos Industriais, pelo apoio, companheirismo e descontração durante essa jornada de nossas vidas.

Ao Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM) e a Universidade Federal do Pará (UFPA), por promoverem a criação deste curso, possibilitando minha caminhada na transformação dos meus sonhos em realidade.

*“A persistência é o menor caminho do  
êxito”*

(Charles Chaplin)

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

## **SELEÇÃO DE FORNECEDORES DE PEÇAS USANDO FUZZY AHP NO SETOR DE PRODUÇÃO DE ÁUDIO E TELEVISÃO**

**Geórgenes Wilkens Maciel Vieira**

Maio/2019

Orientador: Eduardo de Magalhães Braga

Área de Concentração: Engenharia de Processos

O ambiente altamente competitivo de hoje está forçando as organizações de manufatura a estabelecer uma colaboração efetiva de longo prazo com eficientes organizações. Como resultado, um processo eficaz de seleção de fornecedores é muito importante para o sucesso de qualquer organização de fabricação para a cooperação e é essencial para as empresas obterem vantagem competitiva. O objetivo desta dissertação é desenvolver um modelo que auxilie a tomada de decisão da seleção de fornecedores de peças, por meio do Processo de Análise Hierárquica Fuzzy (FAHP), em uma cadeia de suprimentos. Para realizar o processo de seleção de seus fornecedores, como entrada de dados utilizou-se o time de especialistas da área de Compras, Qualidade e Engenharia de Processo. A partir deste modelo, foi desenvolvida uma ferramenta que proporcionou o resultado automático da seleção de fornecedor. Os resultados principais foram atingidos: o aumento do conhecimento, a aplicação do FAHP, a definição e apresentação da prioridade e os pesos dos critérios para a tomada de decisão de seleção de fornecedores. Concluiu-se que o modelo apresentado é confiável e de simples execução, no entanto, ele depende da expertise e dos conhecimentos técnicos dos participantes sobre o assunto em questão. O estudo apresentado tem sua importância para a indústria, bem como, ao processo apresentando resultados relevantes.

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

## **SUPPLIER SELECTION FOR PARTS USING FUZZY AHP IN THE AUDIO AND TV PRODUCTION SECTOR**

**Geórgenes Wilkens Maciel Vieira**

May/2019

Advisor: Eduardo de Magalhães Braga

Research Area: Process Engineering

Today's highly competitive environment is forcing manufacturing organizations to establish effective long-term collaboration with efficient organizations. As a result, an effective supplier selection process is very important to the success of any manufacturing organization for cooperation and is essential for companies to get competitive advantage. The purpose of this dissertation is to develop a model that support the decision making on the parts suppliers selection, through the Fuzzy Analysis Hierarchical Process (FAHP), in a supply chain. In order to carry out the suppliers selection process, as data input was used the experts team of Procurement, Quality and Process Engineering areas. From this model, a tool was developed that provided the supplier selection automatic result. The main results were achieved: increasing knowledge, applying the FAHP, defining and presenting the priority and the weights of the criteria for decision making of suppliers selection. It was concluded that the presented model is reliable and simple execution, however, it depends on the expertise and the technical knowledge of the participants on the subject in question. The study presented has its importance for the industry as well as the process presenting relevant results.

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 - MOTIVAÇÃO.....	1
1.2 - OBJETIVOS.....	4
<b>1.2.1 - Objetivo geral.....</b>	<b>4</b>
<b>1.2.2 - Objetivos específicos.....</b>	<b>4</b>
1.3 - CONTRIBUIÇÕES DA DISSERTAÇÃO.....	4
1.4 - DELIMITAÇÃO.....	5
1.5 - ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	5
<b>CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>7</b>
2.1 - DISPOSIÇÃO DO CAPÍTULO.....	7
2.2 - O GERENCIAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS.....	7
<b>2.2.1 - Histórico do SCM.....</b>	<b>7</b>
<b>2.2.2 - Definições da cadeia de suprimentos.....</b>	<b>8</b>
<b>2.2.3 - Objetivos da cadeia de suprimentos.....</b>	<b>11</b>
<b>2.2.4 - Fases da cadeia de suprimentos.....</b>	<b>13</b>
<b>2.2.5 - Processos e elementos da gestão da cadeia de suprimentos.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2.6 - Gestão de relacionamentos na cadeia de suprimentos.....</b>	<b>17</b>
2.2.6.1 - Relacionamentos transacionais baseados no mercado.....	17
2.2.6.2 - Relacionamentos de parceria de longo prazo.....	17
2.3 - GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS NOS PROCESSOS DE QUALIFICAÇÃO, DESENVOLVIMENTO E SELEÇÃO DE FORNECEDORES.....	19
<b>2.3.1 - Qualificação de fornecedores.....</b>	<b>20</b>
<b>2.3.2 - Desenvolvimento de fornecedores.....</b>	<b>21</b>
<b>2.3.3 - Seleção de fornecedores.....</b>	<b>23</b>
<b>2.3.4 - Métodos de apoio à seleção de fornecedores.....</b>	<b>25</b>
<b>2.3.5 - Critérios de seleção de fornecedores.....</b>	<b>27</b>
2.4 - BRAINSTORMING.....	28
2.5 - PROCESSO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA (AHP).....	29
2.6 - LÓGICA <i>FUZZY</i> .....	37
<b>2.6.1 - Conjuntos <i>Fuzzy</i>.....</b>	<b>39</b>

<b>2.6.2 - Variáveis linguísticas.....</b>	<b>39</b>
<b>2.6.3 - Funções de pertinência.....</b>	<b>39</b>
2.7 - PROCESSO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA <i>FUZZY</i> (FAHP).....	40
<b>CAPÍTULO 3 - MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>49</b>
3.1 - ESTUDO DE CASO DA INDÚSTRIA DE TELEVISORES E AUDIO.....	49
<b>3.1.1 - Perfil da empresa.....</b>	<b>49</b>
3.2 - FUNDAMENTAÇÃO.....	50
<b>3.2.1 - Processo de avaliação do fornecedor.....</b>	<b>51</b>
3.2.1.1 - Identificação preliminar dos critérios de decisão.....	51
3.2.1.2 - Reunião de <i>brainstorming</i> .....	51
3.2.1.3 - Julgamento através dos especialistas.....	52
3.2.1.4 - Processo de análise hierárquica <i>Fuzzy</i> (FAHP).....	52
3.2.1.4 - Ferramenta para implementação do modelo FAHP.....	52
<b>CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>53</b>
4.1 - PROCESSO DE AVALIAÇÃO DO FORNECEDOR.....	53
<b>4.1.1 - Identificação preliminar dos critérios de decisão.....</b>	<b>53</b>
<b>4.1.2 - Reunião de <i>brainstorming</i>.....</b>	<b>55</b>
<b>4.1.3 - Julgamento através dos especialistas.....</b>	<b>62</b>
<b>4.1.4 - Processo de análise hierárquica Fuzzy (FAHP).....</b>	<b>63</b>
4.1.4.1 - Avaliação dos especialistas quanto ao critério de decisão.....	63
4.1.4.2 - Vetor de prioridade para os critérios e subcritérios de controle.....	68
4.1.4.3 - Vetor de desempenho dos subcritérios e vetor de decisão.....	72
<b>4.1.5 - Ferramenta para implementação do modelo FAHP.....</b>	<b>75</b>
4.1.5.1 - Etapas apresentadas pela ferramenta desenvolvida.....	76
4.1.5.2 - Validação da ferramenta desenvolvida.....	80
4.2 - PONTOS IMPORTANTES ENCONTRADOS.....	53
<b>CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....</b>	<b>83</b>
5.1 - CONCLUSÕES.....	83
5.2 - SUGESTÕES.....	84
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>85</b>
<b>APÊNDICE A - <i>BRAINSTORMING</i> COM ESPECIALISTAS.....</b>	<b>94</b>
<b>APÊNDICE B - APRESENTAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....</b>	<b>95</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Gerenciamento da cadeia de suprimentos.....	8
Figura 2.2	Ciclos de processos da cadeia de suprimentos.....	15
Figura 2.3	Processos da cadeia de suprimentos – visão puxar / empurrar....	16
Figura 2.4	A roda da cadeia de processos.....	17
Figura 2.5	Exemplo de estrutura hierárquica de problemas de decisão (em três níveis).....	31
Figura 2.6	Exemplo de matriz de julgamentos para o método AHP.....	32
Figura 2.7	Função de pertinência triangular.....	40
Figura 2.8	Função de pertinência trapezoidal.....	40
Figura 2.9	Função de pertinência gaussiana.....	40
Figura 2.10	Função de pertinência <i>singleton</i> .....	40
Figura 2.11	Número Fuzzy triangular.....	42
Figura 2.12	A comparação entre dois números Fuzzy M1 e M2.....	44
Figura 2.13	Exemplo de estrutura hierárquica de problemas de decisão (em quatro níveis).....	46
Figura 3.1	Método da pesquisa.....	51
Figura 4.1	Exemplo de agrupamento de subcritério.....	58
Figura 4.2	Estrutura dos níveis de hierarquia para seleção de fornecedor....	61
Figura 4.3	Escala comparativa usada para avaliar a importância dos critérios de decisão.....	62
Figura 4.4	Grau de importância por subcritério de decisão como prioridades globais.....	70
Figura 4.5	Grau de importância por critério de decisão.....	70
Figura 4.6	Desempenho dos fornecedores por subcritério.....	74
Figura 4.7	Definição do fornecedor vencedor, conforme vetor de decisão...	75
Figura 4.8	Opinião de cada especialista por grau de prioridade.....	76
Figura 4.9	Média geométrica da opinião dos especialistas.....	77
Figura 4.10	Matriz <i>crisp</i> (desfuzificada) e a razão de consistência (RC) dos critérios de decisão.....	77
Figura 4.11	Vetor de prioridade para os critérios de decisão de controle.....	78
Figura 4.12	Gráficos de grau de importância dos critérios e subcritérios de	78

	decisão.....	
Figura 4.13	Matriz de decisão.....	79
Figura 4.14	Gráficos de desempenho de fornecedores por subcritérios e definição de fornecedor.....	79
Figura 4.15	Resultado apresentado pela ferramenta, para matriz de comparação dos critérios de classificação de inventário.....	80

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Conceitos da cadeia de suprimentos.....	11
Tabela 2.2	Critérios sugeridos por estudos da literatura para seleção de fornecedores.....	28
Tabela 2.3	Escala para padronizar os julgamentos de valor pelo método AHP.....	32
Tabela 2.4	Índice de consistência aleatória (IR).....	36
Tabela 2.5	Escala de preferência relativa baseada em SAATY (1980).....	41
Tabela 2.6	Matriz de comparações <i>Fuzzy</i> .....	43
Tabela 2.7	Conjunto de termos linguísticos para avaliação de critérios.....	46
Tabela 2.8	Conjunto de termos linguísticos da escala comparativa para avaliação do desempenho das alternativas.....	47
Tabela 4.1	Lista de critérios de decisão para seleção de fornecedores.....	53
Tabela 4.2	Perfil dos participantes da reunião de <i>brainstorming</i> .....	56
Tabela 4.3	Lista final dos critérios de tomada de decisão definido por meio da reunião de <i>brainstorming</i> .....	57
Tabela 4.4	Lista de critérios nível 2.....	58
Tabela 4.5	Agrupamento de subcritérios.....	59
Tabela 4.6	Lista final de critérios e subcritérios.....	59
Tabela 4.7	Escala comparativa usada para avaliar o desempenho do fornecedor.....	62
Tabela 4.8	Matriz agregada de comparações <i>fuzzy</i> dos critérios de decisão.	64
Tabela 4.9	Matriz <i>crisp</i> (desfuzificada) e razão de consistência (RC) dos critérios de decisão.....	64
Tabela 4.10	Matriz agregada de comparações <i>fuzzy</i> dos subcritérios do critério serviço e entrega (C1).....	65
Tabela 4.11	Matriz <i>crisp</i> (desfuzificada) e razão de consistência (RC) do critério serviço e entrega (C1).....	65
Tabela 4.12	Matriz agregada de comparações <i>Fuzzy</i> dos subcritérios do critério capacidade e facilidade (C3).....	66
Tabela 4.13	Matriz <i>crisp</i> (desfuzificada) e razão de consistência (RC) do critério capacidade e facilidade (C3).....	66

Tabela 4.14	Matriz agregada de comparações fuzzy dos subcritérios do critério risco (C4).....	67
Tabela 4.15	Matriz crisp (desfuzificada) e razão de consistência (RC) do critério risco (C4).....	67
Tabela 4.16	Soma das linhas e colunas dos diferentes critérios.....	68
Tabela 4.17	Prioridade relativa de critério e subcritério de controle.....	71
Tabela 4.18	Resultado do fornecedor vencedor da concorrência.....	73

## NOMENCLATURA

AHP	ANALYTIC HIERARCHY PROCESS
ANP	ANALYTIC NETWORK PROCESS
CS	CADEIA DE SUPRIMENTOS
DAE	DATA ENVELOPMENT ANALYSIS
FAHP	FUZZY ANALITICY HIERARCHY PROCESS
MOP	MULTI-OBJECTIVE PROGRAMMING
MP	MATHEMATICAL PROGRAMMING
PIM	PÓLO INDUSTRIAL DE MANAUS
PROMETHEE	PREFERENCE RANKING ORGANIZATION METHOD FOR ENRICHMENT OF EVALUATIONS
SCM	SUPPLY CHAIN MANAGEMENT

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1 - MOTIVAÇÃO

Com a evolução dos processos de produção ao longo dos séculos, do ateliê dos artesãos a grandes fábricas atuais considerando o mundo globalizado, que culminou na produção de bens e serviços na forma de cadeias de produção e distribuição. Este tipo de organização das empresas é chamado de cadeia de suprimentos (CS), PIRES (2004).

As organizações empresariais modernas prestam particular atenção à identificação e seleção entre fontes alternativas de suprimento. O ambiente altamente competitivo de hoje está forçando as organizações de manufatura a estabelecer uma colaboração efetiva de longo prazo com eficientes organizações. Como resultado, um processo eficaz de seleção de fornecedores é muito importante para o sucesso de qualquer organização.

O método denominado de Gestão das Cadeias de Suprimentos, popularmente conhecida do inglês Supply Chain Management (SCM), surge do contexto, como alternativa para a gestão das operações em rede, visando-se êxito na eficiência destas operações. THOMAS e GRIFFIN (1996) e BHATTACHARYA (2010) conceituam a SCM como um conjunto de práticas para o gerenciamento do fluxo de materiais e informações ao longo de uma CS.

O SCM oferece uma gama de facilidades e opções de distribuição para garantir a obtenção de materiais, a transformação destes em produto intermediário ou final e a distribuição destes para os consumidores. O SCM permite ser introduzido tanto em organizações de manufatura quanto em prestadoras de serviços, CHRISTOPHER (2002).

Para um contexto específico de tomada de decisão de compra, haveria critérios de avaliação de fornecedores divergentes. Por exemplo, os compradores querem que os fornecedores tenham preços mais baixos e ainda ofereçam maior qualidade.

De acordo com MASELLA (2000), uma atividade extremamente importante na gestão da cadeia de suprimentos é o gerenciamento de compras, já que é o principal ponto de contato com os parceiros da cadeia de fornecimento. Como elaborado depois na revisão detalhada da literatura, no domínio da atividade compra, seleção de

fornecedores é um dos problemas mais pesquisados devido ao alto grau de complexidade e criticidade de domínio desta atividade.

A presença de múltiplos como divergentes e multidimensionais critérios tornam o problema da seleção de fornecedores muito complexo. Adicionado a esta complexidade o fato de que a complexa tomada de decisão em contextos organizacionais é abordada por grupos de especialistas.

Cada tomador de decisão tipicamente teria uma prioridade diferente nos critérios de avaliação: além disso, a presença de critérios de avaliação explícita e implícita e de informações entre um grupo de tomadores de decisão torna o problema de avaliação de fornecedores extremamente complexo. Embora exista uma ampla variedade de teorias de apoio à decisão no domínio da seleção de fornecedores que possa ser utilizada, há uma baixa exploração delas em grupo.

Para complexos problemas de decisão, a experiência coletiva de um grupo de decisores em consenso, muitas vezes é mais eficaz do que os mesmos tomadores de decisão trabalhando isoladamente: a tomada de decisões em grupo sob consenso tem maior confiabilidade, consistência e regularidade do que os tomadores de decisão trabalhando isoladamente para a mesma priorização do problema. Como as abordagens sistemáticas para fornecer suporte à decisão em grupo para o problema de seleção de fornecedores ainda precisam ser exploradas extensivamente, há uma necessidade de enriquecer a literatura de apoio à decisão em grupo na seleção de fornecedores. O processo de seleção de fornecedores agora se torna um problema estratégico na maioria das organizações. A relação estratégica de longo prazo entre fornecedor e fabricante pode ajudar a criar uma cadeia de suprimentos mais forte e eficiente. O objetivo do processo de seleção de fornecedores é maximizar o valor geral do fabricante, reduzindo o risco de fornecimento do produto e maximizando o nível de satisfação do cliente.

A seleção de fornecedores é um problema decisório muito crítico, complicada de multicritérios, propensa a riscos e depende da ampla comparação de fornecedores usando um conjunto comum de critérios e medidas tradicionais. A seleção de fornecedores é um dos aspectos mais importantes que as empresas devem incorporar em seus processos estratégicos. À medida que as organizações se tornam cada vez mais dependentes dos fornecedores, as consequências diretas e indiretas da falta de decisão na seleção dos fornecedores se tornarão mais críticas. A frequente mudança nos fornecedores não é viável no atual mercado globalizado e competitivo, portanto isso deve ser feito com grande precisão.

Esta dissertação tem como proposta, ir além da classificação dos critérios tradicionais como: prazo de entrega, preço e qualidade. Outros critérios e incertezas envolvidos das fontes de fornecimento também são incluídos. Essa classificação certamente fornecerá as diretrizes para os tomadores de decisão definirem seus fornecedores com maior eficiência. A classificação e as preferências de diferentes critérios de decisão podem variar dependendo da necessidade da empresa, suas preferências sobre diferentes critérios e a estratégia tecnológica. A seleção das variáveis de decisão baseia-se basicamente no conhecimento e nas informações coletadas do grupo de especialistas e nas pesquisas anteriores disponíveis nas respectivas áreas. O objetivo geral do processo de seleção é identificar o fornecedor de alto potencial que pode se basear nos critérios de decisão específicos da empresa. A empresa de manufatura analisa a capacidade de cada fornecedor de atender suas necessidades de maneira eficaz. Isso pode não ser fácil para converter suas necessidades em critérios úteis, porque as necessidades são frequentemente expressas como conceitos qualitativos gerais, enquanto os critérios devem ser avaliados quantitativamente. Este problema pode ser resolvido neste trabalho usando a abordagem *Fuzzy Analytic Hierarchy Process* (FAHP). As preferências linguísticas são alteradas para os números *fuzzy* triangulares para a escala de comparação de pares. Muitos critérios conflitantes devem ser analisados com precisão, como o baixo preço dos materiais adquiridos de um determinado fornecedor pode ser compensado pelos padrões de qualidade fracos da empresa ou pela instabilidade financeira crônica. Por outro lado, a disponibilidade de tecnologia mais avançada de uma fonte de fornecimento pode ser prejudicada pelos altos custos de compra e tarifas excessivas da empresa que oferece o serviço. A seleção de fornecedores é o veículo que pode ser usado para aumentar a eficiência de toda a cadeia de suprimentos.

Neste estudo, a aplicação de um método por meio do Processo de Análise Hierárquica *Fuzzy* (FAHP) para tomada de decisão em grupo para fornecer suporte à decisão do grupo para o problema de seleção de fornecedores, pelo qual os fornecedores são mapeados como altamente adequados e menos adequados usando teorias de análise discriminante para classificação de padrões. Um estudo de caso foi conduzido em uma empresa multinacional e o resultado do método proposto também foi comparado a uma abordagem existente de tomada de decisão em grupo, que foi aplicada no domínio.

## 1.2 - OBJETIVOS

### 1.2.1 - Objetivo geral

Desenvolver um modelo que auxilie a tomada de decisão da seleção de fornecedores de peças, por meio do Processo de Análise Hierárquica *Fuzzy* (FAHP).

### 1.2.2 - Objetivos específicos

- Descrever parâmetros para a seleção das variáveis de decisão do processo de seleção de fornecedor no contexto atual, identificando os critérios para a tomada de decisão;
- Elaborar uma estrutura de critérios para tomada de decisão, hierarquizando-os em categorias;
- Propor um método de priorização dos critérios de tomada de decisão para demonstração do peso de cada um;
- Desenvolver uma ferramenta para implementação do modelo FAHP.

## 1.3 - CONTRIBUIÇÕES DA DISSERTAÇÃO

Esta pesquisa justifica-se porque contribui para a academia com informações dentro de um contexto técnico-científico, e também porque ainda existe pouca literatura referente ao tema estudado, que é o modelo aplicado pela indústria de fabricação de televisores e aparelhos de áudio, para realizar a seleção dos seus fornecedores de peças. Nas indústrias deste segmento, as empresas têm estabelecido métodos sem muito embasamento científico baseando-se apenas na premissa dos critérios mais comuns que são preço, qualidade e prazo de entrega. A contribuição desta dissertação é o desenvolvimento de um método, aplicando ferramentas padronizadas para realizar os processos sistêmicos para seleção, avaliação, qualificação e desenvolvimento de seus fornecedores de peças.

O diferencial neste modelo desenvolvido para indústria de televisores e aparelhos de áudio, não foi fazer uma cópia dos modelos já existentes aplicados em outros segmentos das indústrias, e sim usar as melhores práticas e aperfeiçoamento

aplicado no segmento em questão, proporcionando a formação de uma parceria forte e duradoura com seus fornecedores, avaliando inclusive os riscos desta parceria. Atualmente, existem modelos construídos já completos que também servem como referência para outros segmentos industriais.

Ainda como justificativa apresentada para o desenvolvimento desta dissertação, o envolvimento do pesquisador com o ambiente estudado, devido ao fato deste ser um colaborador da área da cadeia de suprimentos de uma das grandes empresas sediada no Pólo Industrial de Manaus (PIM), utilizada para este estudo e sendo desta forma, parte diretamente interessada nos resultados obtidos com esta pesquisa.

Portanto, com esta dissertação, espera-se agregar mais valor ao processo de seleção de fornecedores da indústria de áudio e televisores, por base ao que se tem de mais moderno e qualitativo aplicado por indústrias de outros segmentos, que já realizam isto de forma admirável no mercado e poderá ser utilizado como forma de estudo para outras empresas do mesmo segmento e afins.

#### 1.4 - DELIMITAÇÃO

Este trabalho ocorreu em uma empresa do Pólo Industrial de Manaus (PIM), do ramo de eletroeletrônicos, segmento de produção de aparelhos de Áudio e Televisão, no setor de Supply Chain Management, cujos processos distintos e comuns estão alocados ao processo da área estudada.

#### 1.5 - ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O presente capítulo apresenta a introdução de tudo que foi discutido na pesquisa, contextualizando o assunto com base em publicações anteriores, fazendo a identificação e justificativa da proposta de estudo, listando o objetivo geral e específico pretendidos, além de descrever sua contribuição e relevância para a sociedade.

No capítulo 2, tem-se uma abordagem bibliográfica. Apresenta-se a revisão da literatura e o estado da arte dos eventos sobre o gerenciamento da cadeia de suprimentos, a gestão da cadeia de suplementos, *brainstorming* e os modelos matemáticos Processo de Análise Hierárquica (AHP), lógica *Fuzzy* e Processo de Análise Hierárquica *Fuzzy* (FAHP), que foram aplicados no estudo, sendo esse

embasamento teórico, o responsável por dar o direcionamento dos aspectos relevantes que foram considerados no planejamento e realização de cada evento.

No capítulo 3 apresenta-se a metodologia utilizada na pesquisa, fazendo uma rápida contextualização sobre o ambiente. A aplicação do uso do estudo de caso através da metodologia do Processo de Análise Hierárquica *Fuzzy* (FAHP).

O capítulo 4 apresenta os resultados obtidos, a definição da prioridade dos critérios e demonstra o peso de cada um, para a tomada de decisão da seleção de fornecedor, após aplicarmos a metodologia.

Finalmente, o capítulo 5, apresenta as conclusões e recomendações para as futuras pesquisas.

Ao final deste trabalho, também podem ser encontradas as referências bibliográficas e apêndices.

## CAPÍTULO 2

### REVISÃO DA LITERATURA

#### 2.1 - DISPOSIÇÃO DO CAPÍTULO

Neste capítulo, é apresentado o arcabouço teórico relacionado a este tema dissertativo, tendo o mesmo como fundamento para realizar as análises conceituais e o entendimento dos processos pesquisados. Serão enunciadas visões de diferentes autores, no que diz respeito a aspectos importantes do tema abordado nesta pesquisa. A fim de garantir que a revisão da literatura abordasse o que existe de mais recente sobre o tema estudado, foram utilizados como pesquisas, informações colhidas em publicações periódicas nacionais e internacionais, revistas, livros, artigos, dissertações e teses, todos de caráter científico e publicadas recentemente.

#### 2.2 - O GERENCIAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

##### 2.2.1 - Histórico do SCM

Em meados dos anos 80, surgiu pela primeira vez, o conceito de gerenciamento da cadeia de suprimentos. Mesmo tendo suposições mais antigas que remontam da década de 60, incluem o gerenciamento de operações inter organizacionais, as ideias mais recentes de compartilhamento de informações e troca de estoques por informação (COOPER *et al.*, 1993).

BALLOU (2007), diz que o conceito de Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos (Supply Chain Management – SCM) não é uma novidade e vários pioneiros no estudo da logística tiveram muitas das idéias adotadas pelos atuais entusiastas da cadeia de suprimentos. O autor cita que no ano de 1964, os estudiosos Heskett, Ivie e Glaskowsky afirmavam que “... cada transferência de bens entre uma empresa para a próxima requer coordenação de demanda e ofertas entre muitas instituições no canal, do cultivador de trigo, ao consumidor de farinha”.

De acordo com STADLER e KILGER (2005), o termo Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos, foi criado por dois consultores Oliver e Webber, em 1982. Na visão deles, o gerenciamento da cadeia eleva a missão da logística em se tornar uma

preocupação dos altos escalões, visto que “... apenas os altos escalões podem assegurar que objetivos funcionais, conflitantes ao longo da cadeia de suprimentos, sejam reconciliados e balanceados... e finalmente, uma estratégia de sistemas integrados que reduz o nível de vulnerabilidade seja desenvolvida e implementada”.

Um bom entendimento do que realmente é uma cadeia de suprimentos, pode ser visto através da Figura 2.1 - Gerenciamento da cadeia de suprimentos, que exemplifica bem um modelo da cadeia de suprimentos com os seus fluxos de informação necessários para a sua gestão, desde o ponto de origem (informações de fornecedores) até o ponto de destino (informações de consumidores).

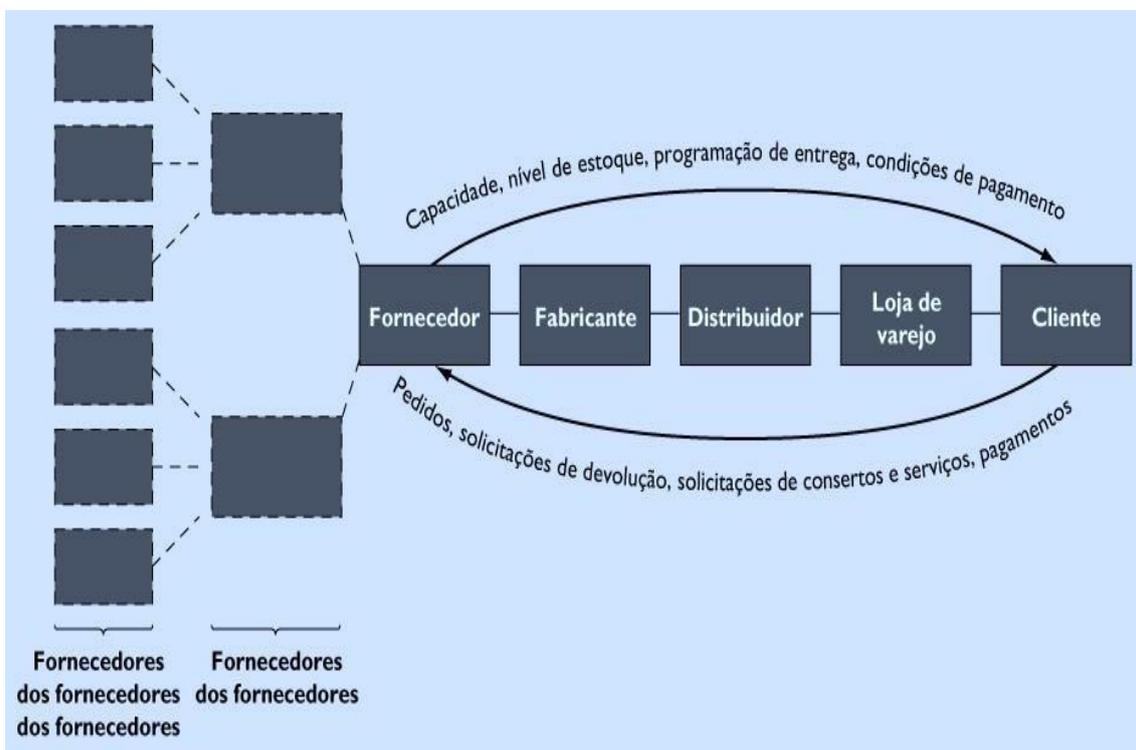


Figura 2.1 - Gerenciamento da cadeia de suprimentos.  
Fonte: LAUDON *et al.* (2004).

### 2.2.2 - Definições da cadeia de suprimentos

Com o advento da globalização e a tendência das empresas em se tornarem de classe mundial, com um grau de competitividade mais elevado e produzindo produtos cada vez mais aceitos em todos os mercados, tem levado como efeito as organizações a se preocuparem intensamente com a sua cadeia produtiva.

As organizações, diante deste mercado competitivo, visando incorporar a qualidade nos seus produtos e processos, tem a Cadeia de Suprimentos como um forte

aliado para obter esta vantagem competitiva, pois aborda planejamento, projeto e a coordenação do fluxo de insumos do processo de compras.

De acordo com CHOPRA e MEINDL (2003), uma cadeia de suprimentos envolve todos os estágios, diretos ou indiretos, relacionados no atendimento de um pedido de um cliente, incluindo fabricantes, fornecedores, transportadores, depósitos, varejistas e os próprios clientes. Esta cadeia representa os fluxos de produtos ou suprimentos, informações e o fluxo monetário que se movimenta ao longo dela, e envolve também na empresa todas as funções relacionadas com o atendimento do pedido do cliente, tais como marketing, finanças, produção etc.

Para os autores, o fabricante pode receber material de diversos fornecedores e abastecer diversos distribuidores. Logo, o sentido é que a cadeia de suprimentos é composta por redes, assim faz mais sentido usar o termo “rede de suprimentos” para descrever a estrutura da maioria das cadeias de suprimentos.

Segundo TRKMAN *et al.* (2007), afirmam que o gerenciamento da cadeia de suprimentos é o elo entre os recursos e processos empresariais, que inicia com a busca pela matéria-prima e vai até a entrega do item para o consumidor final.

MCLAREN *et al.* (2002), o gerenciamento da cadeia de suprimentos é como uma disciplina bem estabelecida que envolva a coordenação do planejamento interno, produção e os esforços de aquisição da empresa com seus parceiros externos (ex.: fornecedores e distribuidores).

ZAILANI e RAJAGOPAL (2005) definem a cadeia de suprimentos como uma rede que incluem vendedores de matéria-prima, plantas que transformam estas matérias-primas em produtos úteis e centros de distribuição que levam estes produtos até os consumidores. Esta sequência que envolve a produção e entrega de um produto ou serviço, também é conhecido como cadeia de valor em suprimento. Assim, o gerenciamento da cadeia de suprimentos pode ser considerado como sendo a integração simultânea dos requisitos do consumidor, processos internos de fabricação do produto ou serviço e desempenho exercido pelos fornecedores.

Para NABAVI (2006), o gerenciamento da cadeia de suprimentos, refere-se à criação de valor no projeto, nos processos, no controle e na entrega de bens e serviços para os clientes e os seus respectivos fluxos entre os fornecedores em um esforço coordenado, visando criar valor para a cadeia e para os seus consumidores.

RAFELE (2004) define que o gerenciamento da cadeia de suprimentos deve ser visto como um processo integrado, em que as matérias-primas são transformadas em

produtos finais para serem entregues aos clientes, onde várias áreas trabalham juntas com o objetivo de modificar produtos semiacabados, desenvolvendo algumas atividades principais, como: produção, armazenagem, transportes e outras, e cada uma destas atividades pode influenciar no desempenho da cadeia.

Segundo SIMCHI-LEVI *et al.* (2008), a cadeia de suprimentos é composta pela relação entre fornecedores, fabricantes, depósitos e armazéns atuando nos diversos níveis estratégicos, táticos e operacionais. Ele destaca a importância de se produzir mercadorias, distribuir nas quantidades e locais certos, a fim de minimizar os custos de todo o sistema, gerando um nível de serviço que satisfaça os requisitos do cliente, portanto, é importante tratar todo o processo, de modo que se possa alcançar eficiência e eficácia particular em cada uma das partes, criando uma abordagem sistêmica para se obterem vantagens no mercado.

Já BALLOU (2007), define a cadeia de suprimentos como uma função e controle dos processos e do fluxo, desde compra, matéria-prima a entrega do produto.

SUDRAJAT (2007), lista alguns elementos comuns nas várias definições de Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos, o produto e seu fluxo (incluindo seus componentes, peças e matérias-primas); fornecedores e os fornecedores dos fornecedores; empresas, clientes e clientes dos clientes; informações e seus fluxos; criação de valor; integração; colaboração; agilidade e flexibilidade.

Também AGAN (2005), define as capacidades de operações que são relevantes no gerenciamento da cadeia de suprimentos, tais como: habilidades dos colaboradores, capacidades das empresas para selecionar fornecedores, colaboração e aprendizado com os parceiros.

A Tabela 2.1, apresenta o enfoque principal destes conceitos e seus devidos autores.

Tabela 2.1 - Conceitos da cadeia de suprimentos.

AUTOR	ENFOQUE PRINCIPAL DO CONCEITO
CHOPRA e MEINDL (2003)	Representa os fluxos de produtos ou suprimentos, informações e o fluxo monetário que se movimenta ao longo dela, e envolve também na empresa todas as funções relacionadas com o atendimento do pedido do cliente.
TRKMAN <i>et al.</i> (2007)	É o elo entre os recursos e processos empresariais, que inicia com a busca pela matéria-prima e vai até a entregar do item para o consumidor final.
MCLAREN <i>et al.</i> (2002)	Uma disciplina bem estabelecida que envolva a coordenação do planejamento interno, produção e os esforços de aquisição da empresa com seus parceiros externos.
ZAILANI e RAJAGOPAL (2005)	Uma rede que incluem vendedores de matéria-prima, plantas que transformam estas matérias-primas em produtos úteis e centros de distribuição que levam estes produtos até os consumidores.
NABAVI (2006)	Refere-se à criação de valor no projeto, nos processos, no controle e na entrega de bens e serviços para os clientes e os seus respectivos fluxos entre os fornecedores em um esforço coordenado.
RAFELE (2004)	Processo integrado, em que as matérias-primas são transformadas em produtos finais para serem entregues aos clientes, onde várias áreas trabalham juntas com o objetivo de modificar produtos semiacabados.
SIMCHI-LEVI <i>et al.</i> (2008)	É composta pela relação entre fornecedores, fabricantes, depósitos e armazéns atuando nos diversos níveis estratégicos, táticos e operacionais.

### 2.2.3 - Objetivos da cadeia de suprimentos

POWER (2005), baseando-se nas definições de outros autores, define o objetivo do gerenciamento da cadeia de suprimentos, como sendo o de facilitar as ligações entre cada componente da cadeia, removendo as barreiras de comunicação e redundâncias e facilitando a interação e a tomada de decisão, por meio da coordenação e monitoramento dos processos.

Para ZAILANI e RAJAGOPAL (2005), o objetivo da gestão da cadeia de suprimentos é melhorar o processo inteiro e não focar somente em unidades de negócios particulares.

E BOWERSOX *et al.* (2007), definem seis objetivos operacionais para a cadeia de suprimentos:

1. Capacidade de resposta;
2. Variância mínima;
3. Redução de estoque;
4. Consolidação de cargas
5. Qualidade;
6. Apoio ao ciclo de vida dos produtos.

Segundo HINES (2004) e MELNYK, *et al.* (2010), um dos principais objetivos da cadeia de suprimentos é melhorar a capacidade de resposta focal em relação aos seus clientes.

De acordo com SLACK *et al.* (2008), o objetivo da cadeia de suprimentos é atender às necessidades dos clientes finais, através do fornecimento de produtos adequados e se possível a um preço competitivo e estão associados aos objetivos de desempenho organizacional que são características reconhecíveis pelo mercado.

Do ponto de vista de SLACK *et al.* (2008) e TUBINO (2007), os principais objetivos de desempenho da cadeia de suprimentos estão associados aos seguintes aspectos:

a) Qualidade

A qualidade final do produto que chega até o cliente é o resultado da qualidade de cada uma das partes que compõem a cadeia de suprimentos. Assim, se a cadeia de suprimentos fornece com qualidade, permite uma produção de qualidade, e isso implica em uma maior capacidade de capacitação e/ou desenvolvimento de fornecedores confiáveis com elevado desempenho no quesito qualidade.

b) Velocidade

Está ligada a 02 fatores importantes:

- 1º. A rapidez no atendimento do cliente. É o tempo entre o pedido e o atendimento deste, ou seja, o tempo percebido pelo cliente e está associado com a boa gestão dos recursos usados nos processos da organização.
- 2º. O tempo gasto pelos insumos e serviços na cadeia de valor. É o tempo gasto pelos recursos materiais para atravessar a cadeia de valor e está associado à adequada gestão dos fluxos entre os processos da organização.

c) Confiabilidade

Está relacionada ao cumprimento dos prazos pelos fornecedores. E quando estes não cumprem as organizações tende a fazer pedidos maiores, a fim de se protegerem dos atrasos. Como forma de reduzir o custo destes estoques adicionais as empresas buscam escolher fornecedores mais confiáveis.

d) Flexibilidade

Está associada à capacidade que o fornecedor tem em se ajustar as mudanças e perturbações. Isso implica em muitos casos no ajuste da capacidade produtividade de acordo com a demanda, sendo que também pode ser necessário adequações nos processos que permitam respostas rápidas para as necessidades do mercado ou clientes específicos.

#### **2.2.4 - Fases da cadeia de suprimentos**

Para BRAGA (2006), o processo da cadeia de suprimentos é composto de quatro fases, sendo:

1ª. Fase e 2ª. Fase

Compostos pelos processos táticos operacionais;

3ª. Fase

Contempla questões de maior impacto, tais como otimização do custo do ciclo de vida do processo, buscando crescer maior valor ao cliente final, através da qualidade, tecnologia e custo numa parceria com os fornecedores e envolvimento dos clientes internos;

4ª. Fase

Desenvolvimento de suprimentos de como parte integrada da estratégia competitiva da empresa. Está associada à capacidade que o fornecedor tem em se ajustar as mudanças e perturbações. Isso implica em muitos casos no ajuste da capacidade produtividade de acordo com a demanda, sendo que também pode ser necessário adequações nos processos que permitam respostas rápidas para as necessidades do mercado ou clientes específicos.

## 2.2.5 - Processos e elementos da gestão da cadeia de suprimentos

De acordo com TRKMAN *et al.* (2007), para conseguir lidar com os desafios as empresas devem aceitar alguns princípios da administração baseada em processos, principalmente aqueles que querem administrar bem a sua cadeia de suprimentos. Este paradigma de ver a empresa como processo, é uma nova maneira de ver a organização não mais dividida em departamentos, divisões e/ou departamentos, mas sim em processos.

Para CHOPRA e MEIDNL (2003), a cadeia de suprimentos é uma sequência de processos e fluxos que acontecem internamente e em diferentes estágios da cadeia, que se combinam para atender às necessidades do cliente por um produto. Há duas maneiras de visualizar os processos que são executados na cadeia de suprimentos:

- I. Visão Cíclica – Os processos são divididos em uma série de ciclos, cada um realizado na ligação entre dois estágios sucessivos de uma cadeia de suprimentos (elos). A Figura 2.2 mostra estes ciclos. Desenvolvimento de suprimentos de como parte integrada da estratégia competitiva a empresa. Está associada à capacidade que o fornecedor tem em se ajustar as mudanças e perturbações. Isso implica em muitos casos no ajuste da capacidade produtividade de acordo com a demanda, sendo que também pode ser necessário adequações nos processos que permitam respostas rápidas para as necessidades do mercado ou clientes específicos.

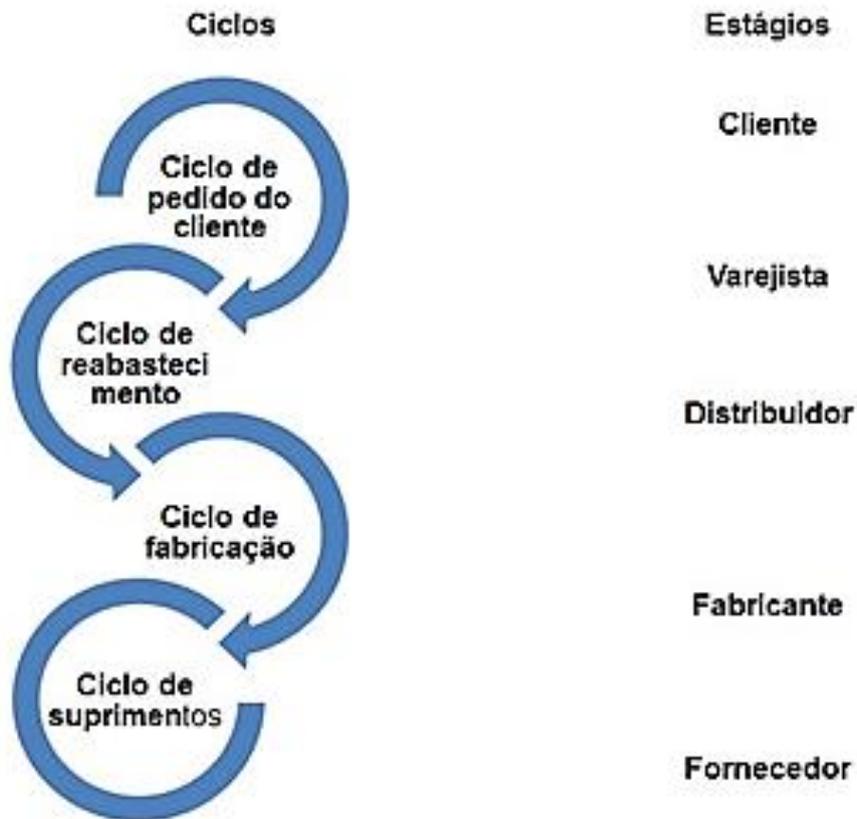


Figura 2.2 - Ciclos de processos da cadeia de suprimentos.  
 Fonte: CHOPRA e MEIDNL (2003).

- II. Visão puxar / empurrar os processos são divididos em duas categorias:
1. Puxado – é acionado em resposta ao atendimento dos pedidos dos clientes;
  2. Empurrado – quando se deseja antecipar os pedidos futuros dos clientes.
- A Figura 2.3 demonstra os métodos de puxar e empurrar a produção.

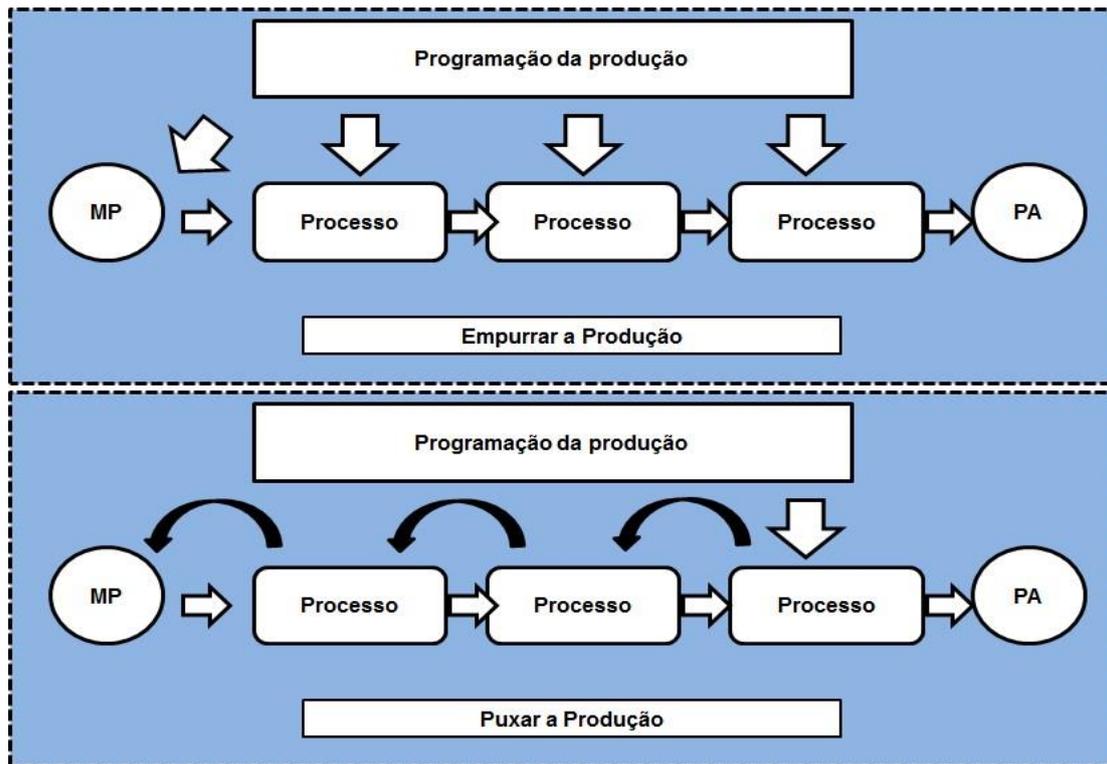


Figura 2.3 - Processos da cadeia de suprimentos – visão puxar / empurrar.  
 Fonte: TUBINO (2000).

Segundo KIM (2006), como a cadeia de suprimentos é composta de vários processos interligados, seu sucesso depende da excelência da cadeia de processos. Para isso o autor coloca a necessidade de se conhecer “a roda da cadeia de processos”, descrita na Figura 2.4.

A roda descreve a ordem de um contínuo planejamento estratégico e processo de execução, desde o entendimento até a execução:

- I. Entender o ambiente, a concorrência e as necessidades do cliente;
- II. Estabelecer a visão;
- III. Construir um modelo de negócio baseado na proposição de valor e na cultura colaborativa;
- IV. Desenvolver estratégias competitivas e prioridades, dado um objetivo comum para toda cadeia de suprimentos;
- V. Sincronizar processos-chave da cadeia de suprimentos baseados na lógica do negócio;
- VI. Investir em sistemas e tecnologias (como por exemplo, ferramentas e facilitadores para dar apoio aos processos);
- VII. Fazer com que as pessoas aceitem os processos de mudança e capacite-as;

VIII. Executar eficazmente e eficientemente de uma maneira voltada para o resultado.

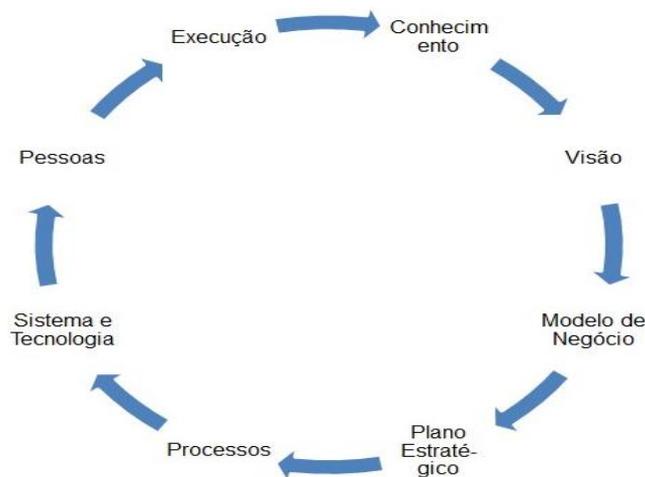


Figura 2.4 - A roda da cadeia de processos.

Fonte: KIM (2006)

POWER (2005), relata em seus estudos os três principais elementos de um modelo da cadeia de suprimentos integrada:

- Sistema de informação (gerenciamento de fluxos financeiros e de informação);
- Gerenciamento de estoques (gerenciamento de fluxo de produtos e material);
- Relacionamento da cadeia de suprimentos (gerenciamento de relações entre parceiros comerciais).

### 2.2.6 - Gestão de relacionamentos na cadeia de suprimentos

A gestão entre as operações em uma CS é a base sobre a qual são conduzidas as trocas de produtos, serviços, informações e dinheiro. Portanto, gerenciar bem a CS é gerenciar os relacionamentos que influenciam o fluxo regular entre as operações e processos.

De acordo com SLACK *et al.* (2008) e TUBINO (2007), basicamente existem 02 tipos de relacionamentos, ambos baseados no tempo, e explicados a seguir.

#### 2.2.6.1 - Relacionamentos transacionais baseados no mercado

Aqui o relacionamento envolve compras de bens e serviços, normalmente, focando encontrar o melhor fornecedor quando as compras forem necessárias. Um bom

exemplo para este tipo de relacionamento é o que as empresas costumam fazer atualmente, que é a cotação de orçamentos em fornecedores diferentes e compra daquele que apresenta menor preço.

Este relacionamento também é característico para compras de materiais que são adquiridos esporadicamente, tais como máquinas, moveis e outros bens, onde cada transação é uma decisão independente.

Este tipo de relacionamento apresenta vantagens e desvantagens, conforme listadas a seguir:

Vantagens:

- Gera competição entre fornecedores alternativos;
- Capacidade de ganho de escala nos fornecedores especializados;
- Maior flexibilidade;
- Grandes possibilidades de inovação.

Desvantagens:

- Pouca ou quase nenhuma lealdade dos fornecedores;
- Tempo e esforço demasiado para a decisão de compra.

#### 2.2.6.2 - Relacionamentos de parceria de longo prazo

Esses relacionamentos geralmente são acordos cooperativos relativamente duradouros entre as empresas e envolve fluxos e ligações que utilizam estruturas de administração e/ou recursos de organizações autônomas para realizarem em conjunto o alcance dos objetivos relacionados com as suas respectivas estratégias organizacionais.

Este relacionamento também está pautado em vantagens e desvantagens.

Vantagens:

- Sucesso compartilhado;
- Geração de expectativas de longo prazo;
- Transparência que produz múltiplos pontos de contatos;
- Um aprendizado conjunto;
- Coordenação das atividades de modo conjunto.

Desvantagens:

- Transparência da informação;
- Alta confiança entre as partes.

Segundo FAWCETT e MAGNAM (2002), afirmam que vários estudos têm mostrado que poucas empresas estão realmente empenhadas na integração intensiva da cadeia de suprimentos e que menos empresas ainda procuram mapear em suas cadeias de suprimentos quem são os fornecedores dos fornecedores ou os clientes dos clientes.

Muito tem sido escrito sobre a gestão da cadeia de suprimentos nos últimos anos, apesar das diversas divergências, um princípio tem sido comum: o sucesso depende da habilidade de identificar as mudanças no ambiente competitivo e então estruturar os recursos da cadeia para ajudar a empresa a competir de maneira eficiente. Em outras palavras, este sucesso depende da adaptabilidade da empresa, e toda a cadeia, a um mercado intenso e competitivo FAWCETT *et al.* (2007).

### 2.3 - GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS NOS PROCESSOS DE QUALIFICAÇÃO, DESENVOLVIMENTO E SELEÇÃO DE FORNECEDORES

Neste mundo de negócios globalizado e competitivo, as empresas têm recebido fortes pressões para melhorarem suas estratégias visando serem superiores aos seus concorrentes. Isto tem feito com que os seus gestores percebam a importância de se ter uma rede comercial de relacionamentos com seus fornecedores que satisfaçam a lucratividade de seus negócios e estejam alinhadas as suas estratégias de mercado, atendendo adequadamente as suas demandas, compartilhando as suas idéias, expectativas e preocupações.

CHRISTOPHER (2007) cita que a cadeia de suprimentos é “a rede de organizações envolvida, por meio de vínculos a montante e jusante, nos diferentes processos e atividades que produzem valor na forma de produtos e serviços destinados ao consumidor final”. A gestão deste processo passou a ser uma poderosa ferramenta no auxílio de se ter uma vantagem competitiva, uma vez que se propõem a atender os interesses da cadeia produtiva da empresa. A gestão adequada da cadeia irá proporcionar uma produção otimizada, reduzir custos, e atender os padrões de qualidade esperados.

Segundo MORAES (2005) o setor de compras é o responsável pela negociação de preços juntos aos fornecedores, o que determinará de certa forma, a competitividade

da empresa. O valor gasto em aquisições tem impacto significativo no lucro da empresa compradora e no custo do produto final.

De acordo, LEE e DRAKE (2013), empresas de manufatura gastam entre 50% e 70% de suas vendas na compra de matérias-primas e componentes.

As decisões de compras, além do impacto nos custos de produção, afetam também a flexibilidade do sistema de manufatura, NDUBISI *et al.* (2005), e a qualidade dos produtos gerados, influenciando assim na satisfação do cliente final GONZÁLEZ, *et al.* (2004). Diante de tal importância, a função compras vem se tornando estratégica para as empresas. Neste contexto, a seleção de fornecedores passa a ser vista como uma atividade supercrítica para gestão de desempenho da empresa compradora e da sua cadeia de suprimentos GONZÁLEZ, *et al.* (2004).

### **2.3.1 - Qualificação de fornecedores**

Conforme HWANG *et al.* (2006), a qualidade do fornecedor tem uma influência direta e indireta na qualidade dos produtos e serviços de seu contratante, em outras palavras, a qualificação do fornecedor interfere na forma pela qual uma empresa irá atender os seus clientes, pois influencia na capacidade da organização em responder rapidamente às necessidades de seus clientes.

VIANA e ALENCAR (2012), afirmam que as empresas percebem o quanto a qualificação do fornecedor repercute na qualidade dos seus produtos e serviços, nos resultados organizacionais e pode inclusive ter interferência no alcance dos objetivos organizacionais estratégicos, tais como: conquista de parcela de mercado, melhoria do nível de serviço e redução de custos, dentre outros mais.

Portanto, para SLACK *et al.* (2008) a qualificação dos fornecedores deve-se levar em consideração alguns fatores como:

- Variedade de produtos ou serviços ofertados;
- A qualidade dos produtos fornecidos;
- Responsividade;
- Confiabilidade de suprimento;
- Flexibilidade de volume e entrega;
- Custo total do que é fornecido;
- Capacidade de entregar a quantidade requerida.

Porém, existem outros fatores menos quantificáveis, mas que também devem ser levados em consideração durante o processo de seleção e qualificação dos fornecedores:

- Potencial para inovar;
- Facilidade de fazer o negócio;
- Vontade de arriscar em conjunto;
- Habilidade de compartilhar conhecimento acerca dos produtos negociados.

É notório que neste segundo grupo de características demonstra-se a verdadeira conexão existente entre a empresa compradora e a empresa vendedora.

Estes elementos, porém, demonstram que o fornecedor quer efetivamente participar da construção dos resultados de seu cliente, formando uma relação de parceria forte e sustentável num grau de confiança.

Depois da análise de todos estes elementos, a empresa é capaz de fazer um bom diagnóstico sobre as capacidades do fornecedor:

- Capacidade técnica – como o fornecedor tem o domínio tecnológico sobre os produtos que fabrica, sendo capaz de atender aos mais altos níveis de especificação exigidos;
- Capacidade operacional – como o fornecedor domina os processos de fabricação, assegurando fornecimentos consistentes, responsáveis, confiáveis e com preços justos;
- Capacidade financeira – potencial financeiro para garantir negócios em curto, médio e longo prazo;
- Capacidade gerencial – talento para gerenciar e desenvolver negócios futuros.

Com base nesta análise, agora a empresa tem perfeitas condições de realizar as seleções dos seus fornecedores, mesmo que sejam as mais difíceis de serem feitas.

### **2.3.2 - Desenvolvimento de fornecedores**

HAHN *et al.* (1990), foram os primeiros autores a propor um modelo conceitual de desenvolvimento de fornecedores com práticas aplicáveis para a indústria. Em trabalhos posteriores, KRAUSE *et al.* (2000) caracterizou em quatro estratégias úteis o trabalho de desenvolvimento de fornecedores:

- 1ª. Estratégia – Pressão competitiva

Nesta estratégia as organizações fazem uso das forças de mercado para desenvolver pressões competitivas por utilização de múltiplas fontes DYER e OUCHI (1993) e TEZUKA (1997).

Com a utilização de vários fornecedores capazes de fornecer um único item, a organização pode distribuir o volume de negócios de tal forma que o fornecedor de melhor desempenho recebe o maior volume de negócios. Este fato pode motivar os demais fornecedores para melhorar a qualidade, enquanto se mantém a pressão sobre o fornecedor principal de que ele não pode deixar o desempenho cair.

Os fornecedores demonstrando sempre o melhor desempenho podem ser recompensados com o aumento de volume nos negócios ao longo do tempo TEZUKA (1997).

#### 2ª. Estratégia – Avaliação e certificação dos sistemas de gestão

Para HARLAND (1996), as percepções da organização e seus fornecedores em relação ao desempenho atual e esperado afeta diretamente o desempenho da cadeia de suprimentos.

Segundo CARR A PEARSON (1999) e KRAUSE *et al.* (2000), a realização da avaliação dos fornecedores e o feedback dado garante que os fornecedores estão cientes do seu desempenho e da expectativa da organização em relação a sua performance.

As empresas usam os programas formais de avaliação de fornecedores para comunicar as suas expectativas e motivar os fornecedores a melhorarem o seu desempenho.

#### 3ª. Estratégia – Incentivos

Motivar os fornecedores, uma organização também pode oferecer incentivos. Eles incluem a partilha de redução de custos alcançada GUNIPERO (1990), dando consideração para aumento de volumes, negócios futuros MONCZKA *et al.* (1993) e GUNIPERO (1990), e reconhecendo melhorias no fornecedor por meio de prêmios KRAUSE *et al.* (1998).

#### 4ª. Estratégia – O envolvimento direto das organizações

Fazer uma abordagem proativa ao desenvolvimento de fornecedores por meio do envolvimento direto MONCZKA *et al.* (1993) e KRAUSE *et al.* (2000). É importante perceber que o envolvimento pode estar de diversas maneiras:

1ª. Investimento em operações com fornecedores através de empresas compradoras que podem fazer capital e equipamentos DYER e OUCHI (1993) e MONCZKA *et al.* (1993).

2<sup>a</sup>. Os fabricantes podem parcialmente adquirir a empresa fornecedora. Por exemplo, Toyota e Nissan que têm tipicamente a posição patrimonial 20-50% em seus maiores fornecedores. DYER (1996). Este envolvimento direto requer grandes investimentos financeiros por parte da empresa contratante.

3<sup>a</sup>. As empresas podem optar por investir em capital e recursos organizacionais para desenvolver o desempenho dos seus fornecedores. Estas são atividades tais como transferência de conhecimento operacional.

### **2.3.3 - Seleção de fornecedores**

A seleção de um fornecedor para parceria talvez seja o passo mais importante na criação de uma aliança bem-sucedida. Uma triagem cuidadosa de parceiros em potencial é um processo demorado, além de desenvolver uma compreensão das expectativas e objetivos dos parceiros DACIN e HITT (1997). As observações do parceiro candidato em transações diretas ou em outras interações são altamente valorizadas. Recomenda-se um período relativamente longo de relacionamento para reunir informações valiosas sobre os recursos, capacidades e confiabilidade do parceiro candidato e para avaliar seus motivos e a qualidade da gestão BALAKRISHNAN e KOZA (1993); DACIN e HITT (1997); GULATI (1995 e 1998); VANHAVERBEKE, *et al.* (2002). Caso contrário, apressando-se para o relacionamento comprador-fornecedor sem a preparação adequada ou o entendimento das necessidades dos parceiros, muitas vezes leva ao fracasso dos relacionamentos.

A seleção de um fornecedor adequado é um fator importante que afeta a relação eventual entre comprador e fornecedor. Se o processo for feito corretamente, um relacionamento de qualidade mais duradoura é mais viável. A seleção do tipo de relacionamento está ligada às posições de mercado de uma empresa (líder versus seguidor) e à importância estratégica das colaborações dentro dos portfólios de cada empresa (negócios centrais versus negócios periféricos). LORANGE e ROOS (1993); TODEVA e KNOKE (2005). Para manter sua vantagem competitiva, a empresa deve proteger seus principais negócios. No entanto, a empresa deve estar disposta a entrar na relação comprador-fornecedor em atividades periféricas, de modo que seja obtido um escopo mais amplo para o aprendizado organizacional e menos informações confidenciais sejam compartilhadas TODEVA e KNOKE (2005).

A seleção de parceiros comerciais é um componente integral do sucesso do relacionamento e pesquisas devem ser feitas para encontrar os fatores críticos de sucesso e os critérios de seleção de parceiros. GERINGER (1993) foi um dos primeiros a conduzir sistematicamente um estudo aprofundado dos critérios de seleção de parceiros. GERINGER (1993) descobriu que os critérios relacionados a tarefas de um parceiro, como o conhecimento técnico dos parceiros, ativos financeiros, experiência gerencial e acesso a mercados e a cultura nacional do parceiro, a experiência passada, o tamanho e a estrutura são critérios importantes. LIN e CHEN (2004) fizeram uma revisão abrangente da literatura e identificaram 183 atributos de decisão para avaliar as alianças da cadeia de suprimentos para as indústrias em geral. Estes atributos são ainda classificados em oito aspectos: (1) finanças, (2) gestão de recursos humanos, (3) características industriais, (4) aquisição e gestão de conhecimento / tecnologia, (5) marketing, (6) competitividade organizacional (7) desenvolvimento de produtos, produção e gestão de logística, e (8) construção de relacionamento e coordenação; e mais de 50% dos atributos de avaliação estão focados nas duas últimas categorias LIN e CHEN (2004).

Até os últimos anos, a literatura sobre seleção de parcerias era predominantemente qualitativa e focada principalmente em aspectos metodológicos. LEWIS (1990) propôs uma abordagem qualitativa para modelar o problema de seleção de parceiros da cadeia de suprimentos. Vários critérios foram sugeridos, como o valor agregado ao fortalecimento de produtos, operações e tecnologias, e a melhoria no acesso a mercados, para medir a adequação de uma aliança estratégica específica para uma empresa. LORANGE *et al.* (1992) desenvolveram uma abordagem de seleção de cadeia de suprimentos de dois estágios. A primeira etapa é avaliar o grau de correspondência com os parceiros candidatos. A segunda etapa é analisar o potencial de mercado, os principais concorrentes e a simulação dos piores cenários, após a formação do relacionamento. DACIN e HITT (1997) examinaram os critérios de seleção de parceiros empregados por gestores de empresas norte-americanas e coreanas, e encontraram algumas diferenças e semelhanças significativas nas características buscadas por parceiros de aliança entre gestores norte-americanos e coreanos. MCCUTCHEON e STUART (2000), por meio de uma combinação de extensas revisões de literatura e uma série de entrevistas com gestores, desenvolveram um modelo de fatores importantes que definem quais fornecedores oferecem a melhor escolha para buscar relacionamentos de aliança. Alguns desses fatores estão relacionados à tecnologia de bens ou serviços que

estão sendo adquiridos e à capacidade de desenvolver confiança mútua entre a boa vontade e o fornecedor-alvo. CRAVENS *et al.* (2000) propuseram o uso do balanço de pontuação para desenvolver uma abordagem de avaliação formal que vinculasse a avaliação de desempenho ao objetivo da aliança e fornecesse um modelo genérico que pudesse ser adaptado aos requisitos específicos de avaliação de alianças de uma organização particular.

#### **2.3.4 - Métodos de apoio à seleção de fornecedores**

Ao contrário das pesquisas qualitativas que são abundantes, os trabalhos de seleção de fornecedores baseados em abordagens matemáticas ou quantitativas de tomada de decisão são relativamente limitados até há poucos anos atrás. Os modelos de MP (do inglês, Mathematical programming) no problema de seleção de fornecedores podem ser subdivididos em programação linear, programação inteira mista e programação de metas / programação de metas multi-objetiva. Algumas pesquisas por modelos de MP foram revisadas em MURALIDHARAN *et al.* (2002), WEBER, *et al.* (1998) e WEBER e DESAI (1996). KASLINGAM e LEE (1996) desenvolveram um modelo de programação inteira para selecionar fornecedores e determinar quantidades de pedidos com o objetivo de minimizar os custos totais de fornecimento, que incluem os custos de compra e transporte. HONG *et al.* (2005) propuseram um modelo matemático de programação que considera a mudança nas capacidades de fornecimentos e necessidades do cliente durante um período de tempo, e o modelo não apenas maximiza a receita, mas também satisfaz as necessidades do cliente. A MOP (do inglês, Multi-objective programming) também se torna uma ferramenta muito popular, já que muitos critérios, não um único critério, podem ser examinados com pesos diferentes. WEBER e CURRENT (1993) introduziram um MOP para selecionar fornecedores com quantidades de pedidos em ambientes de compras caracterizados por múltiplos critérios conflitantes. WEBER e DESAI (1996) aplicaram o método DEA (do inglês, Data Envelopment Analysis) na avaliação de fornecedores para um produto individual e demonstraram as vantagens da aplicação de DEA. NARASIMAHN (1983), NYDICK e HILL (1992) e PARTOVI *et al.* (1989) foram as primeiras pesquisas que adotaram o método AHP (Analytic Hierarchy Process) para problemas de seleção de fornecedores. As principais razões para aplicar o AHP são porque o AHP pode lidar com critérios qualitativos e quantitativos e porque pode ser facilmente entendido e

aplicado pelo pessoal relacionado. TAM e TUMMALA (2001) propuseram ainda a aplicação do AHP em um processo de tomada de decisão em grupo. Duas ou mais metodologias podem ser combinadas para selecionar fornecedores. GHODSYPOUR e O'BRIEN (1998) propuseram um método integrado que usava o AHP e a programação linear para escolher o melhor fornecedor e atribuir a quantidade ideal de pedido entre os fornecedores selecionados. WEBER *et al.* (1998) combinaram o MOP e o DEA para lidar com estratégias de negociação de fornecedores não cooperativas, onde a seleção de um fornecedor resulta em outro sendo deixado de fora da solução. CHOY *et al.* (2003) projetaram um sistema inteligente de gerenciamento de relacionamento com fornecedores usando técnicas de raciocínio híbrido baseado em casos e redes neurais artificiais para selecionar e avaliar fornecedores potenciais. LIU e HAI (2005) propuseram um método de votação AHP, que combinou AHP e DEA, para seleção de fornecedor, comparando a soma ponderada do número de classificação de votos, após determinar os pesos em uma classificação selecionada.

Outros modelos quantitativos para seleção de parcerias são os seguintes. HARVEY e LUSCH (1995) desenvolveram uma abordagem de classificação para avaliar possíveis alianças estratégicas internacionais com base em atributos ponderados subjetivamente atribuídos, como macroambiente e ambiente da indústria. OSSADNIK (1996) utilizou o método AHP para alocar sinergia aos parceiros em uma fusão, com base nas intensidades de impacto de seus potenciais de desempenho no efeito sinérgico. Tanto os critérios quantitativos como os qualitativos, como o poder de inovação do departamento de pesquisa, o equipamento de fabricação e a qualidade de pessoal e gestores, as reservas de liquidez, a rede de distribuição, são aplicados para medir o efeito total de sinergia. MEADE *et al.* (1997) adotaram o processo de rede analítica (ANP), uma forma geral do AHP que não requer uma estrutura hierárquica e relações unidirecionais entre os elementos de decisão, e a teoria da utilidade para justificar relacionamentos estratégicos, impulsionada por estratégias corporativas. BABIC e PLAZIBAT (1998) usaram o método de organização de classificação de preferência para avaliações de enriquecimento (PROMETHEE) e o AHP para classificar as empresas de acordo com o nível alcançado de eficiência do negócio. A importância dos critérios é determinada por comparações por pares padrão de AHP, e o método PROMETHEE é usado para a agregação final das classificações das empresas. MIKHAILOV (2002) apresentou uma abordagem fuzzy para seleção de parcerias na formação de empresas virtuais. O AHP foi estendido para lidar com a imprecisão

quando um tomador de decisão compara a importância relativa entre os atributos. VANHAVERBEKE et al. (2002) forneceram uma análise empírica sobre a terceirização de tecnologia externa por meio de alianças ou aquisições, usando uma amostra de alianças e aquisições estratégicas na indústria de aplicação específica de circuitos integrados. CHEN (2003) investigou os efeitos das características do ambiente e do parceiro na escolha de formas de aliança por meio de análise empírica. CASTELLANI e ZANFEI (2004) examinaram como diferentes aspectos da experiência multinacional afetam a escolha da estratégia de ligação internacional testando empiricamente os determinantes da escolha entre aquisições, joint ventures e alianças estratégicas para as maiores corporações eletrônicas do mundo entre 1993 e 1997. LIN e CHEN (2004) desenvolveu uma estrutura de tomada de decisão fuzzy para ajudar uma empresa a selecionar a cadeia de suprimento mais favorável a ser aliada. KUMAR *et al.* (2004) formularam um problema de seleção de fornecedores como um modelo de programação de objetivo inteiro misto fuzzy por três objetivos principais, minimizando o custo líquido, minimizando as rejeições líquidas e minimizando as entregas líquidas atrasadas, sujeitas a restrições, incluindo a demanda do comprador, capacidade dos fornecedores, flexibilidade das cotas dos fornecedores, valor de compra dos itens, alocação de orçamento para o cada fornecedor. KUMAR *et al.* (2006) desenvolveram uma abordagem de programação inteira de vários objetivos para um problema de seleção de fornecedores em uma cadeia de suprimentos. Em meio a isso, GHODSYPOUR e O'BRIEN (2006) também resolveram um problema de seleção de fornecedores em uma cadeia de suprimentos estabelecendo um modelo fuzzy linear multi-objetivo aplicando uma técnica de tomada de decisão fuzzy assimétrica.

### **2.3.5 - Critérios de seleção de fornecedores**

Os critérios usados na seleção de fornecedores são medidos quantitativas ou qualitativas. A literatura identifica diversos critérios, conforme ilustra a Tabela 2.2.

A empresa fornecedora precisa desenvolver meios efetivos de medir cada um dos critérios adotados, recomenda-se o uso de um número balanceado de critérios FRÖDEL (2011).

Tabela 2.2 - Critérios sugeridos por estudos da literatura para seleção de fornecedores.

Critérios	Proposto por									
	Ordoobadi (2009)	Boran <i>et al.</i> (2009)	Amin e Razmin (2009)	Ku, Chang e Ho (2010)	Wang (2010)	Lin, Chen e Ting (2011)	Büyükoçkan e Çifçi (2011)	Amindoust <i>et al.</i> (2011)	Prajogo <i>et al.</i> (2012)	Garcia <i>et al.</i> (2013)
Capacidade técnica			X	X	X	X	X	X		X
Compromisso com a qualidade				X		X	X	X	X	X
Comunicação	X				X	X				X
Confiabilidade de entrega	X		X							
Conformidade		X		X		X	X	X	X	X
Desempenho do produto	X		X		X	X	X			
Entrega	X	X		X	X	X		X	X	
Fatores ambientais	X						X	X		X
Fatores sociais							X			
Flexibilidade								X	X	X
Garantia	X				X	X				
Localização geográfica				X		X		X		
Poder financeiro			X	X	X		X	X	X	
Preço	X	X		X	X	X	X	X	X	X
Relacionamento		X	X			X				
Reputação			X			X				
Resposta à mudança	X			X	X					

Fonte: LIMA JR *et al.* (2014).

#### 2.4 - BRAINSTORMING

O *brainstorming* (“tempestade de ideias”, em tradução literal) é uma técnica que tem como objetivo principal, gerar um grande volume de novas ideias. A técnica se baseia em princípios como foco em quantidade, ausência de críticas às ideias e combinação de ideias.

Para dar certo, segundo OSBORN (1963), é preciso seguir alguns princípios fundamentais:

- Foco na quantidade: quanto mais ideias, melhor. O *brainstorming* aceita que é possível encontrar qualidade dentro da quantidade;

- Evitar a crítica: ideias não devem ser criticadas durante a sessão de *brainstorming*. Como o objetivo é focar na quantidade e estimular todos os integrantes a participar, nenhum julgamento é feito sobre as ideias propostas;
- Apreciar ideias fora do comum: como o objetivo é coletar o maior número de ideias e identificar novas abordagens na solução dos problemas, ideias que fogem dos conceitos conhecidos ou esperados são bem-vindas;
- Combinar e melhorar ideias: esse é um ponto importante do *brainstorming*, por entender que é possível criar ideias inteiramente novas por associação, isto é, combinações de ideias já propostas;
- Colocar as ideias em ação: é inegável que o *brainstorming* é um momento de reflexão, interação e descobrimento que deve se tornar um hábito nas empresas. Mas é importante que as visões e ideias levantadas sejam transformadas em realidade ou ele se torna uma perda de tempo;
- Evolução dos resultados: o líder precisa mostrar para a sua equipe como os projetos realizados com base no *brainstorming* estão evoluindo. Essa prática é fundamental para motivá-la ainda mais na busca por melhores ideias.

Conforme OSBORN (1963), uma reunião formal de brainstorming deve respeitar o seguinte processo:

- Definição de objetivos e resultados esperados para o *brainstorming*;
- Preparação dos participantes pelo facilitador previamente à reunião, incitando pensamentos ao contexto do trabalho;
- Livre exploração de ideias e problemas detectados pelos participantes durante a reunião, coletando o máximo de informação possível. Somente então, deve-se prosseguir para as análises em conjunto, com o intuito de atingirem-se os resultados preestabelecidos.

## 2.5 - PROCESSO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA (AHP)

O método AHP, foi proposto por SAATY (1977, 1991, 2008). De acordo com SAATY (1991), as hierarquias são básicas para o modo humano de desmembrar a realidade em conjuntos e subconjuntos, sendo o método mais poderoso de classificação usado pela mente humana em coordenar experiências, observações, entidades e informações. Em suma, uma hierarquia é um modelo que tenta ser fiel a uma situação

real, embasando-se na lógica de que os fatores identificados podem ser associados em grupos diferentes, com a ressalva de que os fatores de determinado grupo possuam influência apenas entre si.

Na prática, não há um conjunto de técnicas e procedimentos estabelecidos para se elaborar uma hierarquia. Ademais, em uma abordagem hierárquica, a representação funcional de determinado sistema pode diferir de pessoa para pessoa. Comumente, reuniões livres de *brainstorming* são utilizadas como ferramentas para hierarquizar problemas SAATY (1991).

O método AHP compreende quatro etapas, de acordo com a descrição de SAATY (1991) e COSTA (2006) e detalhado por MELLO (2015):

- I. Organização da estrutura hierárquica, através da identificação do foco principal, dos critérios e subcritérios (quando existirem) e das alternativas, refletindo as relações existentes entre eles;
- II. Aquisição dos dados e coleta de julgamentos de valor, através da comparação dos elementos dois a dois e estabelecimento das matrizes de comparações;
- III. Análise das matrizes de comparações geradas na fase anterior, que indicarão a prioridade de cada alternativa em relação ao foco principal.

Análise dos indicadores de desempenho derivados, como índices de consistência por exemplo.

No AHP, os elementos de uma hierarquia para a resolução de problemas de decisão são o foco principal (ou meta), o conjunto de alternativas viáveis e o conjunto de critérios, de acordo com o ilustrado na Figura 2.5.

O foco principal é o objetivo global, o que a resolução do problema trará. As alternativas viáveis são as possibilidades de escolha dentro do problema para que a decisão seja tomada. Por fim, os critérios são as características ou propriedades a partir das quais as alternativas devem ser avaliadas.

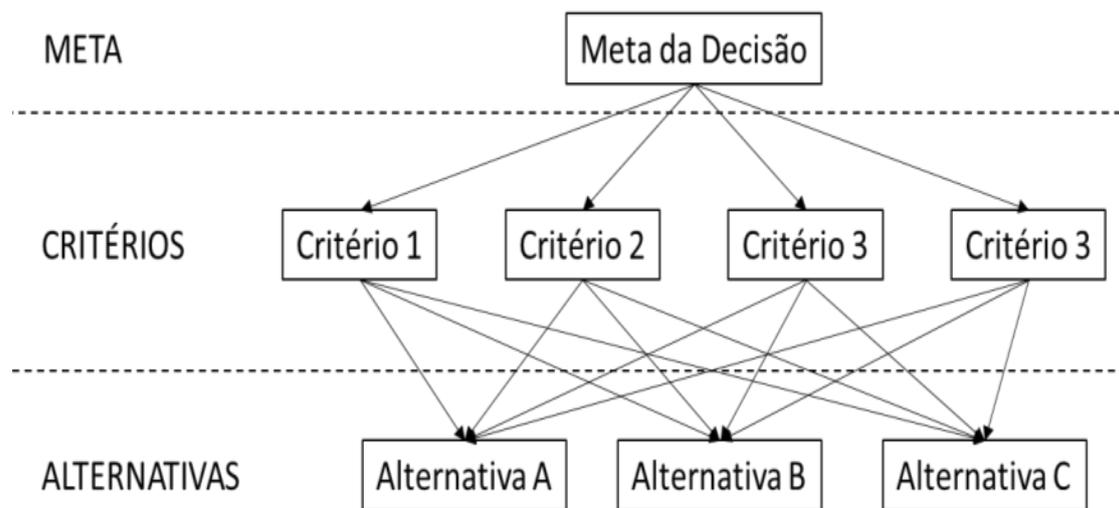


Figura 2.5 - Exemplo de estrutura hierárquica de problemas de decisão (em três níveis).  
Fonte: SAATY (1991).

Após se atingir consenso em relação à lista final dos critérios, deve-se fazer a estruturação da hierarquia, decompondo o processo em níveis. A primeira relaciona-se ao fato de que, para um Processo de Análise Hierárquica (AHP) operar corretamente, é fundamental que os elementos de um mesmo nível sejam mutuamente independentes, mas comparáveis. Em outras palavras, a hierarquia do processo deve garantir o máximo de independência entre os elementos de um mesmo nível.

A segunda condição de contorno refere-se ao número máximo de elementos que uma pessoa pode comparar, com discernimento, ao mesmo tempo. A quantidade máxima de elementos, em cada nível, deve ser igual a  $7 \pm 2$  no AHP, segundo o “número mágico” de Miller SAATY (1990) e LEE (2015). LI *et al.* (2013-a) corroboram com tal limite ao constatarem, por meio de simulações, que se torna mais difícil de obterem-se matrizes de avaliação consistentes para um número de elementos superior a cinco.

Após a hierarquização, o método aponta para os julgamentos de valor, em que o avaliador deve comparar os elementos dois a dois à luz de um determinado critério. O julgamento é, então, a representação numérica dessa relação e o grupo de todos os julgamentos, considerando a comparação de todos os elementos em relação a um critério específico, pode ser representado através de uma matriz quadrada SAATY (1991).

Para o estabelecimento do processo de julgamento, SAATY (1990) definiu uma escala específica para padronizar os julgamentos de valor, escala essa que capta a

subjetividade natural existente em variáveis qualitativas. A Tabela 2.3, a seguir, apresenta essa escala.

Tabela 2.3 - Escala para padronizar os julgamentos de valor pelo método AHP.

<b>Intensidade de importância</b>	<b>Definição</b>	<b>Explicação</b>
1	Mesma importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância moderada de uma sobre a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra.
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra; sua dominação de importância é demonstrada na prática.
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra com o mais alto grau de certeza.
2,4,6,8	Valores intermediários entre os valores adjacentes.	Quando se procura uma condição de compromisso entre as duas definições.

Fonte: SAATY (1991).

O julgamento consiste no reflexo de duas perguntas: qual dos dois elementos é o mais importante, à luz do objetivo pretendido, e com qual intensidade ele é mais importante, utilizando-se a escala de 1 a 9 apresentada na Tabela 2.6.

Para o elemento mais importante, é utilizado um valor inteiro, enquanto que o menos importante recebe o inverso dessa unidade, como ilustrado no exemplo didático da Figura 2.6.

**Matriz A**

	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

Figura 2.6 - Exemplo de matriz de julgamentos para o método AHP.

Fonte: SAATY (1991).

As letras A, B, C e D representam os elementos a serem comparados dois a dois. A diagonal da matriz recebe sempre 1, pois é a comparação do elemento com ele mesmo. Para o preenchimento dos outros campos, são feitos os julgamentos para determinar a intensidade de importância, utilizando a escala determinada por Saaty. Para as comparações inversas, ou seja, o que está na parte inferior esquerda da matriz, são adicionados os valores recíprocos referentes a cada julgamento, que estão na parte superior direita da mesma.

Com as matrizes recíprocas devidamente estruturadas, obtém-se o vetor de prioridades, ou pesos, a partir do cálculo do autovetor normalizado do máximo autovalor. Existem métodos específicos para o cálculo aproximado desses valores SAATY (1991). Tais aproximações foram desenvolvidas por limitações computacionais da época em que o método foi desenvolvido, sendo custoso o cálculo de auto vetores e autovalores para matrizes de ordem elevada.

Para fins deste trabalho, será utilizado o valor preciso de ambas as grandezas, que são denotadas matricialmente por:

$$A_W = \lambda_{\max} W \quad (2.1)$$

Onde:

$A$  é a matriz de julgamentos (quadrada, recíproca e positiva);  
 $w$  é o autovetor principal, referente aos pesos;  
 $\lambda_{\max}$  é o autovalor principal de  $A$ .

Com as características das matrizes de julgamentos em mãos, através do teorema de Perron-Frobenius, SAATY (1991) afirma que a solução tem um único maior autovalor que corresponde a um auto vetor de componentes estritamente positivos. Os teoremas e as provas acerca das características envolvendo as matrizes geradas, a partir da avaliação de especialistas, são apresentados em seu trabalho. Computados os autovalores das respectivas matrizes, é necessário realizar análise da consistência dos julgamentos para avaliar o quão afastado da consistência os julgamentos estão. Utiliza-se uma medida para avaliar a probabilidade de os julgamentos terem sido realizados puramente ao acaso e esta medida é chamada Razão de Consistência (RC). Por exemplo, um  $RC = 0,3$  diz que há 30% de chance do especialista responder as perguntas aleatoriamente.

SAATY (1991) apresenta um desenvolvimento simples e intuitivo para compreender a análise de consistência. Vamos supor uma matriz consistente, em que as comparações são baseadas em medidas exatas, isto é, os pesos já são conhecidos, então:

$$a_{ij} = \frac{W_i}{W_j} \tag{2.2}$$

Como o julgamento é perfeito para todas as comparações, tem-se que  $a_{ik} = a_{ij} \cdot a_{jk}$  para qualquer  $i, j, k$ , variando de 1 até  $n$ , sendo  $n$  a ordem da matriz.

Também vale a afirmativa:

$$a_{ij} = \frac{W_j}{W_i} = \frac{1}{W_i/W_j} = \frac{1}{a_{ji}} \tag{2.3}$$

Dessa forma, caracteriza-se uma matriz consistente de comparações paritárias.

Considerando  $x = (x_1, \dots, x_n)$  e  $y = (y_1, \dots, y_n)$ , pode-se escrever em notação matricial  $A \cdot x = y$ , onde  $A$  é a matriz de julgamentos:

$$A = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix} \tag{2.4}$$

Algebricamente, essa operação pode ser representada por:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j = y_i \tag{2.5}$$

Para

$$i = 1, \dots, n$$

Como  $a_{ij} = \frac{w_i}{w_j}$ , obtém-se:

$$a_{ij} \frac{w_i}{w_j} = 1 \tag{2.6}$$

para  $i, j = 1, \dots, n$

Consequentemente:

$$\sum_{j=0}^n a_{ij} \cdot W_j \frac{1}{W_i} = n \quad (2.7)$$

para  $i = 1, \dots, n$

Ou:

$$\sum_{j=0}^n a_{ij} \cdot W_j = n w_i \quad (2.8)$$

para  $i = 1, \dots, n$

Que é equivalente a equação matricial:

$$Aw = nw \quad (2.9)$$

Em álgebra linear, esta última equação expressa o fato de que  $w$  é autovetor de  $A$  com autovalor  $n$ .

Na prática,  $a_{ij}$  são os pesos atribuídos pelo julgamento dos especialistas, baseado na escala fundamental, e de certa forma subjetivos. Assim, os valores  $a_{ij}$  irão se afastar do “ideal”  $w_i/w_j$ , fazendo com que a equação  $Aw = nw$  não seja mais válida.

Se  $\lambda_1, \dots, \lambda_n$  são os números que satisfazem a equação  $Aw = \lambda w$ , então  $\lambda$  é autovalor de  $A$  e, se  $a_{ij} = 1$  para todo  $i$ , então:

$$\sum_{i=0}^n \lambda_i = n \quad (2.10)$$

Assim, se  $Aw = nw$  é válida, somente um dos autovalores é diferente de zero e valerá  $n$ , sendo o maior autovalor de  $A$ .

Caso os elementos de uma matriz recíproca positiva sofrerem pequenas variações, seus respectivos autovalores também variarão em pequenas quantidades.

Utilizando os resultados apresentados juntamente com o axioma anterior, pode-se dizer que, caso a diagonal principal de uma matriz possua os elementos iguais a 1 e for consistente, pequenas variações nos elementos  $a_{ij}$  farão com que o autovalor

máximo  $\lambda_{max}$  permaneça próximo de  $n$  e os outros autovalores próximos de zero, sendo  $\lambda_{max} \geq n$ .

Portanto, para calcular o autovetor de prioridades de uma matriz de comparações paritárias  $A$ , deve-se encontrar o vetor que satisfaça a equação  $Aw = \lambda_{max}w$ .

O valor de interesse para o desenvolvimento da metodologia é o autovetor normalizado, de forma que a soma de  $w$  seja igual a 1. Para isso, cada elemento  $w_i$  é dividido pelo seu somatório. Uma medida de consistência, chamada Índice de Consistência (IC), é utilizada para calcular o desvio de  $\lambda_{max}$  em relação a  $n$ , uma vez que a utilização da escala para os julgamentos gera variações em  $a_{ij}$ , alterando  $\lambda_{max}$ .

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (2.11)$$

É comum as avaliações realizadas pelos especialistas gerarem inconsistências, pois fazem parte do julgamento humano, mas deseja-se que sejam as menores possíveis. Para verificar a coerência, utiliza-se, como citado anteriormente, a Razão de Consistência, tendo como definição:

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad (2.12)$$

IR (Índice Randômico) é o índice de consistência de uma matriz recíproca gerada randomicamente, baseada na escala de 1 a 9, com recíprocas forçadas SAATY e VARGAS (2012). Este valor é mostrado na Tabela 2.4 onde  $n$  o tamanho da matriz.

Tabela 2.4 - Índice de consistência aleatória (IR).

Tamanho $n$	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>RI</b>	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40

Fonte: SAATY e VARGAS (2002).

A avaliação final da coerência do julgamento se dá ao comparar o valor de RC. Para o presente desenvolvimento, fazem-se as seguintes considerações:

- $RC \leq 0,1$  consiste em um julgamento coerente, premissa básica do método em relação a análise de coerência, proposta inicialmente para julgar uma avaliação como satisfatória;

- $0,1 < RC < 0,2$  = Julgamento questionável, considerado para que especialista reveja seus julgamentos da respectiva etapa, analisando a matriz construída e busque melhorar alguma(s) comparação(ões) que tenha(m) sido inconsistente(s). Porém, não é obrigatório que se altere algum julgamento;
- $RC \geq 0,2$  = Julgamento incoerente, indica que as comparações pareadas daquela etapa geraram um alto índice de inconsistência e o especialista é obrigado a refazer seus julgamentos.

Uma vez alcançada a consistência no julgamento, são calculados os vetores de prioridades, ou seja, os pesos relativos de cada elemento do problema. Este cálculo é realizado através da multiplicação das matrizes de prioridades. Em outras palavras, para cada alternativa, o cálculo consiste na soma ponderada da importância relativa de cada atributo pelo nível de preferência de determinada alternativa em relação ao respectivo critério SOUZA (2013). No AHP, cada alternativa receberá uma pontuação através de uma função de valor aditiva. As alternativas com maior valor serão as preferíveis (Passos, 2010). Formalizando, a função de valor para cada alternativa será:

$$F(a) = \sum_{j=1}^n w_j v_j(a) \tag{2.13}$$

Onde:

$F(a)$  é o valor final de alternativa  $a$ ;

$w_j$  é o peso do  $j$ -ésimo critério;

$v_j$  é o desempenho da alternativa em relação ao  $j$ -ésimo critério.

## 2.6 - LÓGICA FUZZY

Os conceitos de conjuntos *Fuzzy* (ou nebulosos) e lógica *Fuzzy* (ou nebulosa) foram introduzidos por LotfiZadeh nas décadas de 1960 e 1970. Desde então, a lógica *Fuzzy* tem sido utilizada em várias aplicações. De acordo com ZADEH (1973), quando a complexidade do sistema aumenta, a capacidade dos seres humanos para descrever o comportamento do sistema diminui. Ele argumenta que os problemas complexos não podem ser traduzidos em números, mas sim em rótulos de conjuntos *Fuzzy*.

GOMES e GOMES (2014) apresentam a lógica *Fuzzy* da seguinte forma:

“A teoria é uma extensão da lógica convencional (booleana), para introduzir o conceito de verdade não absoluta, e funciona como ferramenta para tratar imprecisões na linguagem natural. A matemática nebulosa é uma tentativa de

aproximar a precisão característica da matemática à inerente imprecisão do mundo real. O número nebuloso não surge, normalmente de observações reais, mas de conceitos ou concepções mais ou menos conhecidos”.

Os conjuntos nebulosos, de acordo com WANG (1980), são uma forma de representar imprecisões encontradas, as quais os seres humanos tratam com grande habilidade, normalmente existentes em problemas reais, os quais os conjuntos tradicionais não podem representar adequadamente.

Para YAGER (1977), a usabilidade de conjuntos *Fuzzy* deriva do fato de que nós podemos representar ambos os modos, muito vagos ou objetivos *Fuzzy*, bem como objetivos precisamente definidos. Ademais, nos permite lidar com objetivos que são muito subjetivos, assim como aqueles muito objetivos. Ainda segundo YAGER (1977), deve ser enfatizado que os conjuntos *Fuzzy* não eliminam a subjetividade, que é um fenômeno real humano, porém, na maioria das tomadas de decisão, o decisor estaria ciente da sua subjetividade. O que os conjuntos fazem é permitir manipular o fenômeno subjetivo.

GOMES e GOMES (2014) esclarecem que, na matemática clássica, um subconjunto  $U$  de um conjunto  $S$  aos elementos do conjunto  $[0, 1]$ .  $U: S \rightarrow [0, 1]$ .

Essa aplicação pode ser representada como um conjunto de pares ordenados: o primeiro, é elemento de  $S$  e o segundo, é elemento do conjunto  $[0, 1]$ . Essa função é denominada função de pertinência. A função de pertinência é o fator caracterizador do conjunto nebuloso. Ela associa a um elemento do universo um número real do intervalo  $[0, 1]$ . O grau de pertinência 1 equivale ao clássico símbolo de pertencimento  $\in$ , e o grau de pertencimento 0 equivale ao símbolo  $\notin$  (BRAGA *et al.* 1995).

A teoria dos conjuntos nebulosos indica com que grau cada elemento pertence ao conjunto. O valor 0, ou valor nulo, indica que não pertence, representa a “total não pertinência”; e o valor 1 indica “total pertinência”. Outro tipo de pertinência é dado pelos valores intermediários entre 0 e 1. Esses valores representam os “graus de pertinência” – também interpretados como “grau de veracidade” – da afirmativa, ou seja, essa teoria transforma o conceito de Falso e Verdadeiro em números reais, no intervalo 0 a 1, em que 0 é Falso e 1, Verdadeiro KAUFMANN (1975).

Apresentam-se a seguir, os principais conceitos associados à lógica *Fuzzy*, que serão adotados ao longo da dissertação.

### **2.6.1 - Conjuntos *Fuzzy***

Um conjunto *Fuzzy*  $A$  em um universo  $X$  é definido por uma função de pertinência  $(x) \mu_A(x): X \rightarrow [0, 1]$ , e representado por um conjunto de pares ordenados

$$A = \{\mu_A(x)/x\} \quad x \in X$$

Onde  $\mu_A(x)$  indica o quanto  $x$  é compatível com o conjunto  $A$ . Um determinado elemento pode pertencer a mais de um conjunto *Fuzzy*, com diferentes graus de pertinência.

### 2.6.2 - Variáveis linguísticas

Uma variável linguística é uma variável cujos elementos são nomes de conjuntos *Fuzzy*. Sua principal função é fornecer uma forma de caracterizar a complexidade dos fenômenos e falta de clareza. Esta permite o tratamento de sistemas mais complexos para serem analisados por meio de termos matemáticos tradicionais.

### 2.6.3 - Funções de pertinência

As funções de pertinência, comumente representada na literatura por  $\mu_A(x)$ , podem ter diferentes formas, dependendo do conceito que se deseja representar e do contexto em que serão utilizadas. De acordo com GOMES e GOMES (2014), a função de pertinência  $\mu_A(x)$ , onde  $0 \leq \mu_A(x) \leq 1$ , está associada aos eventos  $x_i$ , em que  $i$  varia de 1 até  $n$ . Dessa forma, o conjunto nebuloso é representado também por  $A = \{\mu_A(x_i)/x_i\}$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ . Alguns exemplos padrões de funções de pertinência são apresentados nas Figuras 2.7, 2.8, 2.9 e 2.10.

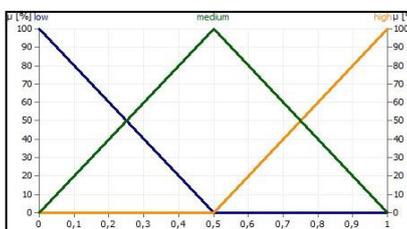


Figura 2.7 - Função de pertinência triangular.

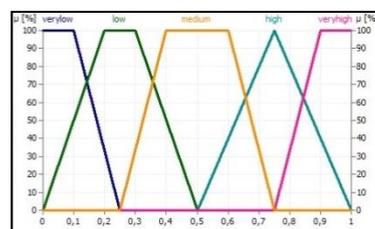


Figura 2.8 - Função de pertinência trapezoidal.

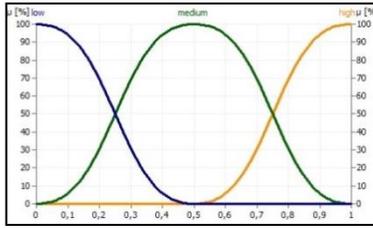


Figura 2.9 - Função de pertinência gaussiana.

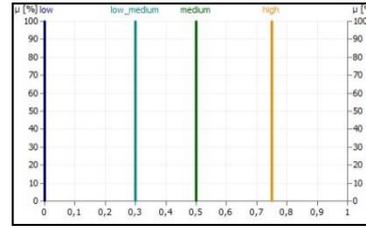


Figura 2.10 - Função de pertinência singleton.

As funções citadas – triangular, trapezoidal, gaussiana e *singleton* (representação de apenas um ponto, ou *crisp*) – são as mais clássicas e trabalhadas por diversos autores.

## 2.7 - PROCESSO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA FUZZY (FAHP)

A criação da técnica semi quantitativa, do Processo de Análise Hierárquica Fuzzy, tradução proposta para *Fuzzy Analytic Hierarchy Process* (FAHP), mencionada e explorada por CHANG (1996), visou enriquecer a sua precedente, Processo de Análise Hierárquica Fuzzy tradução proposta para *Fuzzy Analytic Hierarchy Process* (FAHP), desenvolvida pelo Professor Thomas Saaty. OAHF é um método muito utilizado em tomada de decisões complexas. No entanto, problemáticas com crescentes níveis de dificuldade fazem com que a percepção humana adquira um papel relevante. Imprecisões e ambiguidades estão, assim, presentes em tais processos e não são tratadas pelo método AHP.

Segundo TANG e BEYNON (2005), é exatamente a existência de tais imprecisões e ambiguidades nas decisões que enfraquece o poder do AHP, abrindo espaço para a aplicação da lógica Fuzzy ao mesmo.

SAXENA *et al.* (2010), também enfatizam o enfraquecimento do método AHP. Ele faz parte do princípio de que o usuário do modelo possui informação completa sobre o assunto, o que na realidade, raramente acontece. Em função disso, o FAHP se propõe a considerar essa realidade e admitir que os julgamentos são imprecisos. A lógica Fuzzy adquire, assim, papel importante no tratamento desse grau de imprecisão.

O método FAHP é baseado na definição de critérios e alternativas de escolha. Os critérios surgem a partir da decomposição do processo decisório em diferentes aspectos e são representados pelo vetor  $C_n = (C_1, C_2, C_3, \dots, C_n)$ . O mesmo se aplica para os subcritérios representado pelo vetor  $S_n = (S_1, S_2, S_3, \dots, S_n)$ . As alternativas de escolha,

por seu lado, constituem as diferentes alternativas que serão analisadas e hierarquizadas pelo método FAHP no processo de tomada de decisão. Essas são representadas pelo vetor  $A_n = (A_1, A_2, A_3, \dots, A_n)$ . De acordo com COYLE (2004), tanto os critérios quanto as alternativas de escolha devem ser independentes entre si.

A primeira etapa do método consiste em comparações pareadas de todos os critérios. Tais comparações permitirão a atribuição de pesos aos critérios definidos e a consequente verificação de quais aspectos do processo decisório são mais relevantes. Em seguida, serão realizadas comparações pareadas das alternativas sob o ponto de vista de cada um dos critérios. A atribuição de pesos às alternativas será, assim, realizada e as mesmas poderão ser hierarquizadas. Tal hierarquização representa o *output* do modelo FAHP.

Vale ressaltar que tanto as comparações pareadas dos critérios, quanto as das alternativas, são baseadas na escala de nove itens apresentada na Tabela 2.5, na escala de Saaty (TANG e BEYNON, 2005).

Tabela 2.5 - Escala de preferência relativa baseada em SAATY (1980).

Intensidade da preferência (Valor Numérico)	Definição (Escala Verbal)	Observações
1	Igualdade de preferência	Os dois elementos contribuem igualmente para o alcance do objetivo
3	Fraca preferência de um dos elementos	Julgamento levemente favorável a um dos dois elementos
5	Forte preferência de um dos elementos	Julgamento favorável a um dos dois elementos
7	Muito forte preferência de um dos elementos	Um dos elementos é muito forte e sua dominância pode ser demonstrada na Prática
9	Preferência absoluta de um dos elementos	A superioridade de um dos elementos é evidente demais
2,4,6,8	Valores intermediários entre os dois julgamentos adjacentes	Utilizados quando houver necessidade de uma redução dos valores anteriormente apresentados
Valores recíprocos (não negativos)	Se um elemento $i$ obtiver um dos valores apresentados acima quando comparado com o elemento $j$ , então $j$ possuirá o valor recíproco quando comparado com $i$	

Fonte: Tradução livre TANG e BEYNON (2005).

Um determinado número *Fuzzy* é caracterizado por uma função de pertinência  $\mu_A(x)$  que assume valores no intervalo  $[0,1]$ .

Segundo SAXENA *et al.* (2010), há diferentes possibilidades de funções de lógica *Fuzzy* pertinência: triangular, trapezoidal, gaussiana etc. A mais utilizada delas, é a triangular apresentada na Figura 2.11, uma vez que essa possui uma simplicidade computacional que facilita o tratamento de dados.

Um número *Fuzzy* triangular pode ser descrito da seguinte forma:

$(l, m, u)$ , onde:

$l$ = limite inferior;

$m$ = valor modal (valor de pertinência = 1);

$u$  = limite superior.

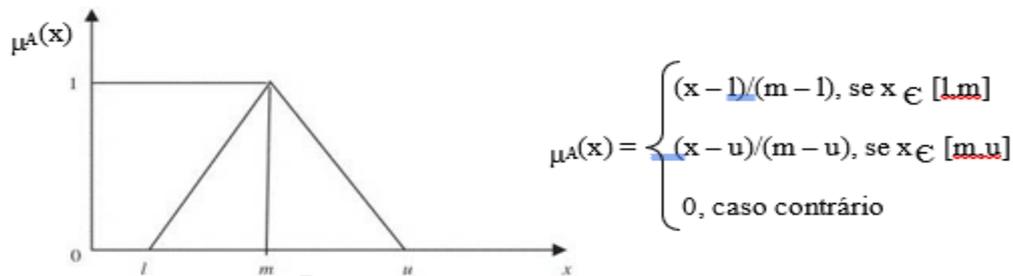


Figura 2.11 - Número *Fuzzy* triangular.  
Fonte: LINHARES *et al.* (2012).

Cada uma das comparações pareadas, sejam essas dos critérios ou das alternativas de escolha, terá, assim, um número *Fuzzy* triangular associado. Tais resultados podem ser apresentados como na matriz da Tabela 2.6. Estes, permitirão a partir de operações matemáticas com números *Fuzzy*, calcular em primeiro lugar, os pesos dos critérios. Posteriormente, poder-se-á comparar os números *Fuzzy* triangulares associados a cada par de alternativas de escolha e, ponderando pelo peso de cada um dos critérios, chegar a uma hierarquização final. Todas as operações matemáticas necessárias serão apresentadas, em ordem de realização, nesta sessão.

Tabela 2.6 - Matriz de comparações *Fuzzy*.

	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_n$
$C_1$	(1,1,1)	(L12,M12,U12)	(L13,M13,U13)	(L14,M14,U14)	(L1n,M1n,U1n)
$C_2$	(L21,M21,U21)	(1,1,1)	(L23,M23,U23)	(L24,M24,U24)	(L2n,M2n,U2n)
$C_3$	(L31,M31,U31)	(L32,M32,U32)	(1,1,1)	(L34,M34,U34)	(L3n,M3n,U3n)
$C_4$	(L41,M41,U41)	(L42,M42,U42)	(L43,M43,U43)	(1,1,1)	(L4n,M4n,U4n)
$C_n$	(L51,M51,U51)	(L52,M52,U52)	(L53,M53,U53)	(L54,M54,U54)	(1,1,1)

Fonte: LINHARES *et al.* (2012).

A primeira operação a ser realizada é a soma, para cada um dos elementos do processo decisório (critérios ou alternativas), dos valores encontrados para  $l$ ,  $m$  e  $u$ , nas colunas e nas linhas da matriz de comparações. Nesse sentido, para cada um desses elementos, ter-se-á um número *Fuzzy* triangular que representará a soma de  $l$ ,  $m$  e  $u$  da sua linha ( $l_{linhai}$ ,  $m_{linhai}$ ,  $u_{linhai}$ ) e um outro que representará a soma de  $l$ ,  $m$  e  $u$  da sua coluna ( $l_{colunai}$ ,  $m_{colunai}$ ,  $u_{colunai}$ ).

Em seguida, é necessário realizar a soma das somas das colunas de todos os elementos da matriz ( $l_{\Sigma coluna}$ ,  $m_{\Sigma coluna}$ ,  $u_{\Sigma coluna}$ ).

Nesse momento, têm-se todos os elementos necessários para o cálculo da Medida Sintética *Fuzzy* ( $S$ ), a qual servirá de base para a hierarquização dos elementos da matriz de comparações. Tal cálculo pode ser representado pela expressão matemática abaixo:

$$S_i = (l_{linhai}, m_{linhai}, u_{linhai}) \cdot (1/l_{\Sigma coluna}, 1/m_{\Sigma coluna}, 1/u_{\Sigma coluna}) \quad (2.15)$$

Onde representa a multiplicação *Fuzzy* que por sua vez, deve obedecer à seguinte regra matemática:

$$A \cdot B = (l_1, m_1, u_1) \cdot (l_2, m_2, u_2) = (l_1 * l_2, m_1 * m_2, u_1 * u_2)$$

Tanto no caso da hierarquização dos critérios, quanto no das alternativas, após a obtenção de todas as medidas sintéticas *Fuzzy* ( $S$ ), a comparação entre o “S” de cada um dos elementos com o dos demais deverá ser realizada. Tal comparação deve ser feita, inicialmente, dois a dois, através do cálculo de  $V(S_i \geq S_j)$ , que representa o grau de possibilidade de  $S_i$  ser maior ou igual a  $S_j$ .

Sejam  $S_1 (l_1, m_1, u_1)$  e  $S_2 (l_2, m_2, u_2)$  dois números *Fuzzy* triangulares convexos que se interceptam. Tem-se que:

$$V(S_2 \geq S_1) = \text{Maior Valor } (S \text{ } V(S_1 \geq S_2) = 1 \text{ se e somente se } m_1 \cap S_2) = (l_1 - u_2) / [(m_1 \geq m_2 - u_2 e_2) - (m_1 - l_1)] \quad (2.16)$$

A Figura 2.12, ilustra os cálculos acima apresentados. Nesse caso,  $M_2$  e  $M_1$  são dois números *Fuzzy* triangulares convexos e  $V(M_2 \geq M_1) = d$  (notação que será utilizada adiante):

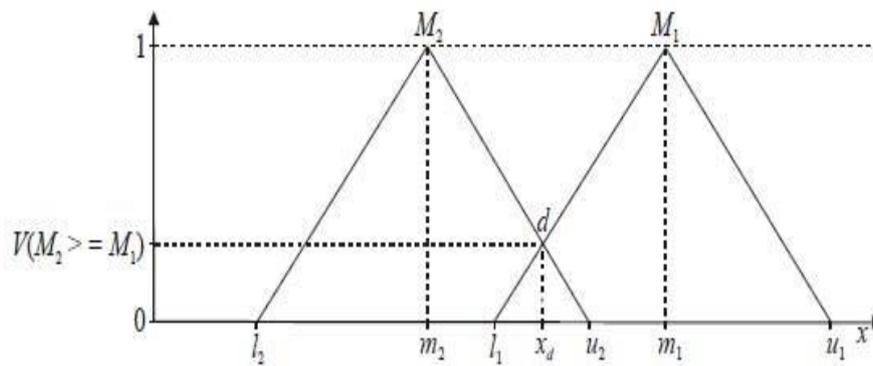


Figura 2.12 - A comparação entre dois números Fuzzy M1 e M2.  
 Fonte: TANG e BEYNON (2005).

$$V(S \geq S_1, S_2, \dots, S_n) = V[(S \geq S_1) \text{ e } (S \geq S_2) \text{ e } \dots \text{ e } (S \geq S_n)] = \min V(S \geq S_i), i = 1, 2, \dots, n \quad (2.17)$$

Assim, após todas as comparações pareadas de “S” possíveis, a comparação global do “S” de um elemento  $C_i$  com o de todos os demais, deverá ser realizada e é abaixo apresentada:

$$d(C_i) = V(S_i \geq S_a, S_b, S_c, \dots, S_n) = \text{Min} (V(S_i \geq S_a), V(S_i \geq S_b), V(S_i \geq S_c), \dots, V(S_i \geq S_n)) \quad (2.18)$$

O vetor  $W'$ , definido como  $W' = [d(C_i), d(C_a), d(C_b), d(C_c), \dots, d(C_n)]$ , após ser normalizado, ( $W$ ) será nesse sentido, o vetor dos pesos dos elementos (sejam esses critérios ou alternativas de escolha).

Vale ressaltar que o vetor final dos pesos das alternativas, por considerar a ponderação pelos pesos dos critérios, será definido da seguinte forma:

$$W_a \times W_A \quad (2.19)$$

Onde  $W_C$  é o vetor linha normalizado dos pesos dos critérios e  $W_A$  é o vetor normalizado dos pesos das alternativas, segundo cada um dos critérios, possuindo dimensão  $n \times n'$ , sendo  $n$  o número de critérios e  $n'$  o número de alternativas.

Até o momento, o método FAHP, foi apresentado considerando que apenas um participante responde com relação às preferências. No entanto, os processos decisórios são cada vez mais grupais, aproveitando as sinergias entre os participantes. Dessa

maneira, a agregação das avaliações dos diversos participantes do processo é fundamental.

Segundo MEIXNER (2009), uma maneira adequada de agregar os julgamentos dos diversos participantes do processo decisório é baseada no cálculo da média geométrica e está apresentada abaixo, sendo  $K$  o número de participantes:

$$\begin{pmatrix} l_{ij} \\ \vdots \\ l_{ij} \\ \vdots \\ l_{ij} \end{pmatrix}^{1/K} = \prod_{k=1}^K l_{ijk} \quad \begin{pmatrix} u_{ij} \\ \vdots \\ u_{ij} \\ \vdots \\ u_{ij} \end{pmatrix}^{1/K} = \prod_{k=1}^K u_{ijk} \quad \begin{pmatrix} m_{ij} \\ \vdots \\ m_{ij} \\ \vdots \\ m_{ij} \end{pmatrix}^{1/K} = \prod_{k=1}^K m_{ijk} \quad (2.20)$$

Sendo  $ij$  a referência à comparação pareada entre os elementos  $i$  e  $j$ .

A partir de tal agregação, o método FAHP pode ser aplicado como foi descrito, considerando as análises dos participantes do processo decisório.

Baseado em SAATY (2003), uma sistemática do modelo AHP *Fuzzy* para atingir a meta de tomada decisão, seguindo os passos que são resumidos da seguinte forma:

- i. Forme um comitê de especialistas e defina a meta da decisão;
- ii. Decomponha o problema em uma hierarquia de controle para determinar as prioridades dos critérios e subcritérios. O objetivo da hierarquia de controle, é calcular a importância relativa dos critérios, com base nos critérios de controle que se pretende alcançar. Isso é feito através da comparação pareada da importância dos critérios de controle em relação a meta da decisão e da comparação pareada da importância dos méritos em relação a cada critério de controle, como pode ser visto na Figura 2.13;

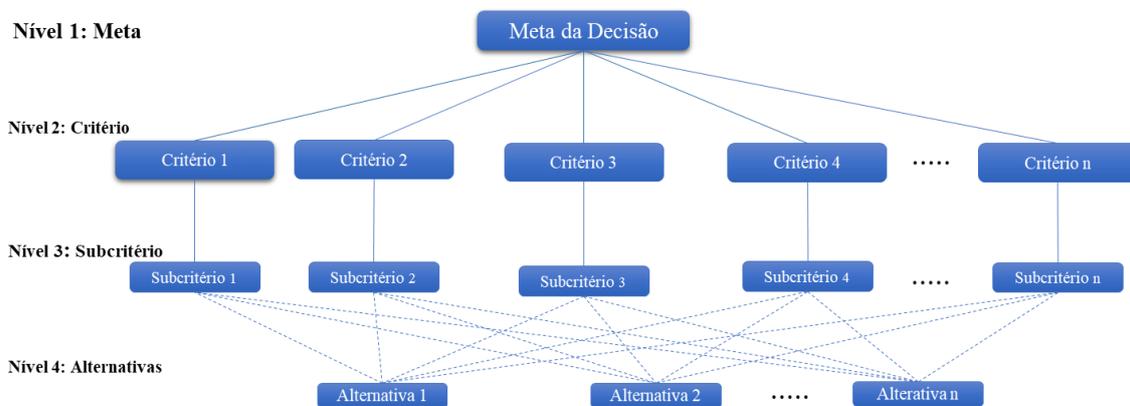


Figura 2.13 - Exemplo de estrutura hierárquica de problemas de decisão (em quatro níveis).

Fonte: SAATY (1991).

- iii. Decomponha o problema em uma hierarquia de critérios e subcritérios de tomada de decisão. Com base na revisão de literatura e opiniões de especialistas, uma hierarquia na forma como na Fig. 2.13 é construída. Os critérios, que refletem os impactos positivos e negativos da meta da decisão, devem ser considerados na consecução do objetivo geral. Uma sub-hierarquia é formada para cada um dos critérios;
- iv. Formule um questionário baseado nas hierarquias com proposta de avaliar a importância relativa dos critérios de decisão. Especialistas em campo são solicitados a preencher o questionário da escala conforme Tabela 2.7, seguindo os termos linguísticos para avaliação de critério, estabelecido por CHANG (1996);

Tabela 2.7 - Conjunto de termos linguísticos para avaliação de critérios.

Variáveis linguísticas	Números Fuzzy
Importância Igual	(ll, nl, ul)
Importância Moderada	(lM, nM, uM)
Importância Forte	(lF, nF, uF)
Importância Muito Forte	(lMF, nMF, uMF)
Importância Absoluta	(lA, nA, uA)

Fonte: CHANG (1996).

- v. Formule um questionário com a proposta de avaliar o desempenho de cada alternativa. Especialistas em campo são solicitados a preencher o questionário para cada subcritério qualitativo, conforme Tabela 2.8, seguindo os termos linguísticos para avaliação de critério em uma escala comparativa;

Tabela 2.8 - Conjunto de termos linguísticos da escala comparativa para avaliação do desempenho das alternativas.

Sigla	Valores linguísticos	Valor da nota
<b>P</b>	<b>Péssimo</b>	1
<b>RU</b>	<b>Ruim</b>	2
<b>RE</b>	<b>Regular</b>	3
<b>B</b>	<b>Bom</b>	4

- vi. Calcule pesos de importância relativa *crisp* (vetor prioritário) para critérios de controle para atingir a meta. A partir dos resultados de cada questionário de cada especialista, estabeleça pesos de importância *Fuzzy* para os critérios de controle de acordo com as funções de afiliação definidas na Tabela 2.7. A propriedade de consistência dos resultados de comparação de cada especialista é examinada primeiro. A Eq. (2.21) deve ser usada para converter os números *Fuzzy* triangulares em números *crisp*. Após a desfuzificação, a verificação da consistência dos julgamentos pode ser conduzida como no Método AHP tradicional. Julgamentos consistentes devem satisfazer à condição  $RC \leq 0,20$ . Julgamentos que não satisfaçam a esta condição devem ser revistos. Para verificar a consistência dos julgamentos, deve-se calcular a razão de consistência dos julgamentos (RC), conforme Eq. (2.21) e Eq. (2.22), em que  $\lambda$  é o autovalor máximo e  $n$  é a ordem da matriz de comparações;

$$M_{crisp} = \frac{(4 * m + u + l)}{6} \quad (2.21)$$

$$RC = \frac{\lambda - n}{(n - 1) * RI} \quad (2.22)$$

A razão de consistência dos julgamentos também considera um erro de consistência aleatória (random consistency index – RI), cujos valores são determinados de acordo com a ordem da matriz de comparações, obtido na Tabela 2.4. Se uma inconsistência for encontrada no resultado de um especialista, ele é convidado a revisar a parte inconsistente do questionário até que uma consistência seja finalmente atendida.

Uma maneira adequada de agregar os julgamentos dos diversos participantes do processo decisório é baseada no cálculo da média geométrica e está apresentada abaixo, sendo  $K$  o número de participantes, segundo MEIXNER (2009), na Eq. (2.20).

- vii. Calcule pesos de importância relativa *crisp* (vetor de prioridade) com relação a cada critério de controle (Critério 1,...,Critério  $n$ ), descrito na Figura 2.13, usando um procedimento similar ao passo **vi**;

- viii. Calcule pesos de importância relativa *crisp* (vetor prioritário) para subcritérios (Subcritério 1,...,Subcritério n) com relação ao mesmo mérito usando um procedimento similar ao passo **vi**.
- ix. Calcule prioridades relativas *crisp* para as alternativas em relação a cada Subcritério. O desempenho de cada alternativa em cada critério quantitativo detalhado é previsto pelos especialistas. O valor é normalizado em um número entre zero e um, com base nos valores de todos os fornecedores e no limite superior (ou inferior) no subcritério. Para que os subcritérios quantitativos diretamente proporcional, quanto maior o valor, melhor o desempenho. Para aqueles subcritérios inversamente proporcional, quanto maior o valor, pior o desempenho.

Para cada subcritério qualitativo, o desempenho de cada alternativa é gerado através das avaliações de especialistas com base em cinco níveis, de ~ 1 a ~ 5, conforme a tabela 4.7, realizado no passo **v**. Um valor nítido para cada alternativa em cada subcritério qualitativo é obtido através do método centróide, e o valor é transformado em um valor entre zero e um. Estabelecemos o mesmo método para os subcritérios qualitativos, mantendo assim, o método atual da empresa pesquisada.

- x. Calcule prioridades relativas *crisp* para as alternativas sob cada subcritério, sintetizando os vetores de prioridade dos passos **vii**, **viii** e **ix**.
- xi. Calcule as prioridades gerais das alternativas, sintetizando as prioridades de cada alternativa sob cada subcritério do passo **x** com os respectivos pesos de prioridade.

## CAPÍTULO 3

### MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 - ESTUDO DE CASO DA INDÚSTRIA DE TELEVISORES E AUDIO

Neste tópico, serão apresentados e discutidos os resultados alcançados com as análises realizadas no estudo de caso.

O estudo é focado inicialmente em analisar e avaliar detalhadamente o processo de seleção de fornecedores de peças, que foi desenvolvido como um case de sucesso por uma indústria de fabricação de televisores e áudio, localizada no pólo industrial de Manaus Amazonas.

Na realização do trabalho, foi examinada também a metodologia empregada pela empresa neste processo estruturado, sistematizado e documentado que a companhia desenvolveu, identificando também os elementos constituintes do mesmo como as ferramentas de gestão de qualidade, utilizadas como critérios para seleção de fornecedores.

##### 3.1.1 - Perfil da empresa

A empresa onde foi realizado o estudo é uma fábrica de um grupo multinacional, bastante conhecido no mercado pelas marcas que representam comercialmente, que são extremamente reconhecidas pelos consumidores como marcas de sinônimo de qualidade nos seus produtos.

É uma indústria de fabricação de televisores e aparelhos de áudio. Especificamente, o trabalho foi desenvolvido na fábrica localizada no pólo industrial da cidade de Manaus na região amazônica.

É uma companhia muito bem estruturada com diversos departamentos, com atuações similares na matriz e suas filiais em todo o mundo. O departamento que desenvolveu este estudo de caso foi o de *Supply Chain Management* (SCM), que é composto por diversas divisões setoriais, responsáveis por inúmeros processos relacionados com aquisições de matérias-primas, componentes e preços, expedição, logística e distribuição de seus produtos, envolvendo grande quantidade de fornecedores.

O setor dentro do departamento SCM, responsável pelo processo de seleção, qualificação e desenvolvimento de fornecedores e peças, é denominado internamente de *Sourcing*, composto matricialmente por uma gerência, um coordenador e um grupo de 2 Engenheiros com suporte de mais dois estagiários de Engenharia, responsáveis por estes processos com os 45 fornecedores nacionais e regionais da base que atendem a fábrica.

Estes fornecedores da base local fornecem matérias-primas e/ou componentes e são fornecedores de diversos segmentos, tais como: injeção de peças plásticas, estampagem de peças metálicas, fabricação de componentes elétricos, como cabos de força, montagem de placas eletrônicas e até mesmo fornecimento de itens gráficos, manuais, calços, caixas de embalagem, memórias e etiquetas. Detalhe interessante é que não existe processo diferenciado em função do tipo de item que o fornecedor fornece, ambos são classificados seguindo o mesmo processo de seleção e qualificação, tendo como base, os mesmos critérios de aprovação.

### 3.2 - FUNDAMENTAÇÃO

O trabalho de dissertação foi conduzido por meio de uma pesquisa descritiva e qualitativa com a utilização da estratégia de estudo de casos de uma empresa industrial de fabricação de televisores e aparelhos de áudio, através da sua planta brasileira, localizada no Pólo Industrial de Manaus – PIM no Amazonas.

O trabalho foi realizado com a definição do processo de avaliação para a seleção dos fornecedores, onde dividiu-se em cinco etapas: Identificação das variáveis de decisão; Reunião de definição das variáveis de decisão; Julgamentos pelo time de especialistas; Processo de Análise Hierárquica *Fuzzy* (FAHP); Ferramenta para implementação do modelo FAHP. Tal método estrutura-se segundo a Figura 3.1.

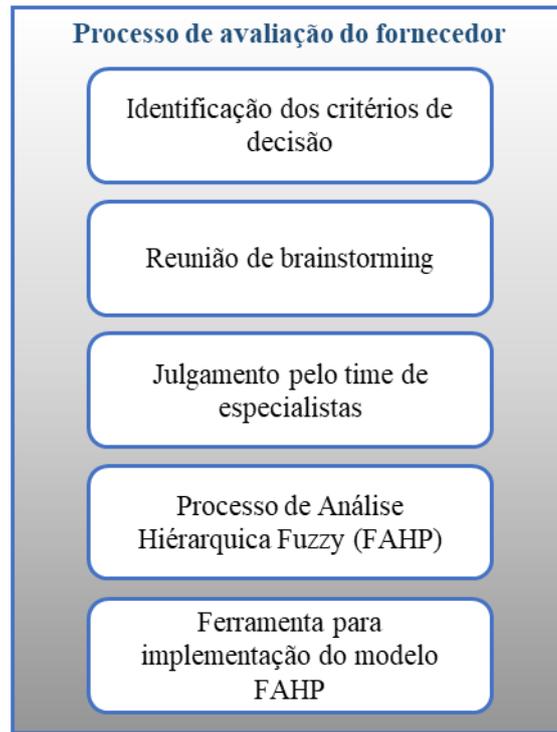


Figura 3.1 - Método da pesquisa.

### 3.2.1 - Processo de avaliação do fornecedor

O processo de avaliação do fornecedor divide-se em cinco etapas, como pode ser observado na Figura 3.1. Na sequência, discutem-se, detalhadamente, cada uma delas.

#### 3.2.1.1 - Identificação preliminar dos critérios de decisão

Identificação dos critérios para a seleção de fornecedores baseados na literatura e na necessidade da empresa.

#### 3.2.1.2 - Reunião de *brainstorming*

Realizada pelo time de especialistas, esta etapa em questão, tem como objetivos principais:

- Definição da lista final dos critérios de tomada de decisão;
- Desenvolvimento da estruturados níveis de hierarquia.

### 3.2.1.3 - Julgamento através dos especialistas

Nesta etapa, realiza-se o julgamento dos especialistas através de questionários de comparação de acordo com tópicos a seguir:

- Por meio de julgamentos par-a-par entre os elementos de cada nível de hierarquia descrito na etapa anterior;
- Avaliação de desempenho dos fornecedores em relação a cada critério de decisão.

### 3.2.1.4 - Processo de análise hierárquica *Fuzzy* (FAHP)

Nesta etapa, gera-se a priorização dos critérios de tomada de decisão para demonstração do peso de cada um, da lista final de critérios e subcritérios de decisão, referente ao processo de seleção de fornecedor, por meio dos questionários respondidos pelo time de especialistas, que foram utilizados como entrada para a execução do modelo de FAHP, e como saída da execução, resulta-se deste modelo, a meta de seleção do fornecedor.

### 3.2.1.5 - Ferramenta para implementação do modelo FAHP

Nesta última etapa, desenvolve-se uma ferramenta para implementação do modelo FAHP, que auxilie na tomada de decisão da seleção do fornecedor.

## CAPÍTULO 4

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 4.1 - PROCESSO DE AVALIAÇÃO DO FORNECEDOR

O processo de avaliação do fornecedor divide-se em cinco etapas:

##### 4.1.1 - Identificação preliminar dos critérios de decisão

Ao todo, foram verificados, 13 obras na literatura científica com critérios de tomada de decisão para seleção de fornecedores com denotações diferentes, aos quais se adicionaram mais 4 já aplicados na própria empresa.

A lista com a identificação dos critérios de decisão comparados aos já aplicados a empresa, localiza-se na Tabela 4.1. Ela se divide em duas colunas: a primeira traz os critérios identificados dispostos em ordem alfabética, enquanto a segunda, exhibe as referências de onde os critérios foram observados.

Tabela 4.1 - Lista de critérios de decisão para seleção de fornecedores.

Proposto por	Chan <i>et al.</i> (2008)	Lee (2009)	Ordobadi (2009)	Boranet <i>et al.</i> (2009)	Amin e Razmin (2009)	Ku, Chang e Ho (2009)	Wang (2010)	Lin, Chen e Ting (2011)	Büyükoçkan e Çifçi (2011)	Amindoust <i>et al.</i> (2012)	Prajogoet <i>et al.</i> (2012)	Garcia <i>et al.</i> (2013)	Sureyatanapaset <i>et al.</i> (2018)	A empresa (2018)
Critério														
Avaliação de desenvolvimento														X
Avaliação de qualidade		X	X		X		X	X	X				X	X
Avaliação de serviço	X	X												X
Capabilidade de transação eletrônica														
Capabilidade para redução de custo	X													
Capabilidade técnica	X				X									X
Capabilidades de manufatura avançada		X												
Certificação de Qualidade e Ambiental													X	X
Complementaridades de capacidades		X												

Compromisso com a qualidade	X					X		X	X	X	X	X	X	X	
Condições de pagamento														X	X
Confiabilidade de entrega	X	X	X		X										
Controles e programas ambientais inadequados		X													
Cotação planilha aberta															X
Custo em formar a parceria		X													
Custo Extra	X	X													
Desempenho de entrega dentro do prazo		X	X	X		X		X		X	X		X	X	X
Desenvolvimento de tecnologia avançada	X	X												X	
Desenvolvimento em parceria de tecnologia do produto		X												X	
Dificuldade de aquisição de matéria-prima		X													
Distância geográfica	X					X		X		X	X	X	X	X	
Estabilidade de relacionamento		X													
Estoque e Depósito														X	
Estrutura da empresa	X													X	X
Fácil comunicação	X	X	X				X	X					X	X	
Fatores ambientais									X	X			X		
Fatores sociais									X					X	
Faturamento da nota fiscal														X	
Flexibilidade para alteração de pedido	X														
Garantia			X				X	X							
Histórico de parada de linha de produção															X
Histórico de péssimo desempenho e reputação	X	X			X									X	
Histórico de reajuste de preço		X													
Incompatibilidade entre cliente e fornecedor		X													
Limite de capacidade		X													
Limite de capacidade de produção		X												X	
Organização e controle de processo de produção														X	X
Poder de barganha		X													
Poder financeiro					X	X	X		X	X	X				
Prazo de entrega pedido		X			X	X	X	X	X	X		X			X
Preço	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Proximidade de relacionamento		X		X	X			X							
Reajuste de preço mensal															X
Resposta a mudança			X			X	X								
Risco financeiro	X													X	X
Sistema Tecnológico		X												X	
Taxa de juros	X														X
Tempo em formar a parceria		X													

#### 4.1.2 - Reunião de *brainstorming*

Nesta etapa, atendem-se os passos **i**, **ii** e **iii** do FAHP, da seção 2.7 do referencial teórico desta dissertação.

O problema aqui tomado tem quatro níveis de hierarquia: com objetivos, critérios, subcritérios e alternativas de decisão no primeiro, no segundo, no terceiro e no quarto nível, respectivamente. Nesta dissertação, classificamos os critérios de decisão com base na revisão intensiva das pesquisas disponíveis na área de seleção de fornecedores.

Seguindo o referencial teórico, reuniões livres de *brainstorming* são utilizadas como ferramentas para hierarquizar problemas SAATY (1991), aliado à baixa demanda por recursos e praticidade de execução, a elaboração da definição da lista final dos critérios de tomada de decisão e o desenvolvimento da estrutura dos níveis de hierarquia foram realizados por meio de reunião de *brainstorming* conforme OSBORN (1963).

Foram selecionados<sup>2</sup> engenheiros especialistas em desenvolvimento de fornecedores do setor de SCM, 2 engenheiros de produto do setor de Engenharia de Produto, 1 engenheiro de qualidade do setor de Qualidade para compor a reunião de *brainstorming*, a qual teve como facilitador o autor deste trabalho.

Na escolha, buscaram-se duas principais características: elevado grau de conhecimento e bastante experiência prática. Para tanto, estabeleceu-se o limite mínimo de dois anos de atuação de cada área de atuação.

A reunião formal de *brainstorming* seguiu-se os processos, conforme OSBORN (1963), relatado no referencial teórico.

Assim, definiram-se como objetivos para o *brainstorming* com especialistas supracitados para esta etapa.

A preparação prévia dos participantes ocorreu por meio de reuniões individuais entre facilitador e especialista. Em cada reunião, os aspectos relevantes da pesquisa ao sucesso da reunião de *brainstorming* foram elucidados, tais como tema, objetivos e método. Além do mais, cada participante recebeu um documento (Apêndice A) contendo: um quadro para identificação do perfil do participante; o tema da dissertação; os objetivos do *brainstorming*; reflexões a serem consideradas previamente à reunião com todos os participantes.

Durante a reunião de *brainstorming*, os primeiros minutos foram dedicados à apresentação individual das ideias de cada participante, com o mínimo de interferências

para comentários ou críticas, visando, assim, coletar o máximo de opiniões possível. Em seguida, os participantes foram encorajados pelo facilitador a debaterem seus pontos de vista, com o intuito de chegar ao entendimento quanto à definição da lista final dos critérios de tomada de decisão e o desenvolvimento da estrutura dos níveis de hierarquia mais adequadas a aplicabilidade da empresa que participa da pesquisa.

Após se atingir consenso em relação à lista final dos critérios de tomada de decisão, procedeu-se à estruturação da hierarquia, decompondo o processo em níveis. A primeira, diz respeito a um Processo de Análise Hierárquica *Fuzzy* (FAHP) que ao operar corretamente, é fundamental que os elementos de um mesmo nível sejam mutualmente independentes, mas comparáveis. Em outras palavras, a hierarquia do processo deve garantir o máximo de independência entre os elementos de um mesmo nível.

O produto final desta etapa foi a definição da lista final dos critérios de tomada de decisão e o desenvolvimento da estrutura dos níveis de hierarquia, ambos utilizados como entrada para a próxima etapa.

Os perfis dos participantes da reunião de *brainstorming* são apresentados na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Perfil dos participantes da reunião de *brainstorming*.

Participante	Setor	Experiência (anos)		
		Desenvolvimento de Fornecedor	Engenharia de Produto	Qualidade
Participante A	Sourcing	5		
Participante B	Sourcing	2		
Participante C	Engenharia	13		
Participante D	Engenharia	19		
Participante E	Qualidade		10	5

Em primeiro lugar, os participantes definiram os 22 critérios de tomada de decisão que mais se identificavam com necessidade de aplicação na empresa. A tabela dos selecionados é apresentada na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 - Lista final dos critérios de tomada de decisão definido por meio da reunião de *brainstorming*.

---

<b>Crítérios de Decisão</b>
Avaliação de desenvolvimento
Avaliação de qualidade
Avaliação de serviço
Capabilidade para redução de custo
Capabilidade técnica
Certificação de Qualidade e Ambiental
Condições de pagamento
Cotação planilha aberta
Desempenho de entrega dentro do prazo
Dificuldade de aquisição de matéria-prima
Distância geográfica
Estrutura da empresa
Flexibilidade para alteração de pedido
Histórico de parada de linha de produção
Histórico de péssimo desempenho e reputação
Histórico de reajuste de preço
Limite de capacidade de produção
Organização e controle de processo de produção
Prazo de entrega pedido
Preço
Risco financeiro
Taxa de juros

---

Em seguida, desenvolveram-se os níveis de hierarquia, construída em quatro níveis, sendo:

- Nível 1: meta;
- Nível 2: critérios;
- Nível 3: subcritérios;
- Nível 4: alternativas.

Visando tanto agrupar os 22 critérios de maneira coerente, quanto atender ao limite de elementos de  $7 \pm 2$  para cada nível, estabeleceram-se cinco categorias de critérios para o Nível 2, conforme a Tabela 4.4.

Tabela 4.4 - Lista de critérios nível 2.

<b>Critérios</b>	<b>Código</b>
Serviço e entrega	C1
Custo	C2
Capabilidade e facilidade	C3
Risco	C4
Qualidade	C5

As categorias de critérios apresentadas na Tabela 4.4, definidas na reunião de *brainstorming* para hierarquizar os critérios de decisão identificados, foram também verificadas na literatura científica pesquisada. CHAN e WANG (2013), ao avaliarem os critérios de tomada de decisão, por meio do FAHP, dividiram o problema em duas áreas (macro e micro). Para a primeira, estabeleceram quatro categorias de critérios (serviço e entrega, custo, capabilidade e facilidade, riscos, qualidade), ao passo que, para a segunda, definiram outros subcritérios, entretanto, nós utilizamos os critérios definidos em reunião de *brainstorming*.

Após definirem-se as categorias de critérios, os 22 subcritérios foram hierarquizados segundo a correlação categoria-risco, compondo, então, o Nível 3. Com o intuito de atender à condição de contorno delimitada pelo “número mágico” de Miller de  $7 \pm 2$  elementos para cada nível, alguns subcritérios foram agrupados em apenas um, no entanto, mais amplo, como ilustra a Figura 4.1.

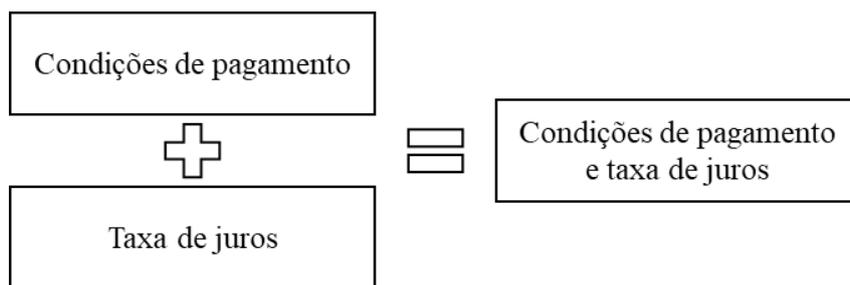


Figura 4.1 - Exemplo de agrupamento de subcritério.

Ao final do processo, realizou-se 1 agrupamento, compilando um total de 21 subcritérios para originar outros mais abrangentes, como exhibe a Tabela 4.5. A segunda coluna desta tabela traz os critérios resultantes dos agrupamentos realizados, os quais foram utilizados para construção da lista final de subcritérios para a tomada de decisão disposta na Tabela 4.6. Salienta-se que tanto os agrupamentos, como os termos trazidos

para os critérios resultantes foram definidos pelos participantes da reunião de *brainstorming*.

Tabela 4.5 - Agrupamento de subcritérios.

<b>Subcritérios agrupados</b>	<b>Subcritério resultante</b>
Condições de pagamento	Condições de pagamento e taxa de juros
Taxa de juros	

Tabela 4.6 - Lista final de critérios e subcritérios.

<b>Crítérios de decisão</b>	<b>Subcritérios de decisão</b>	<b>Código</b>
Serviço e entrega	Histórico de parada de linha de produção	S1
	Desempenho de entrega dentro do prazo	S2
	Avaliação de serviço	S3
	Flexibilidade para alteração de pedido	S4
Custo	Preço	S5
Capabilidade e facilidade	Avaliação de desenvolvimento	S6
	Prazo de entrega pedido	S7
	Condições de pagamento e taxa de juros	S8
	Capabilidade para redução de custo	S9
	Estrutura da empresa	S10
	Certificação de qualidade e ambiental	S11
	Organização e controle de processo de produção	S12
	Capabilidade técnica	S13
	Cotação planilha aberta	S14
Risco	Risco financeiro	S15
	Limite de capacidade de produção	S16
	Histórico de péssimo desempenho e reputação	S17
	Histórico de reajuste de preço	S18
	Dificuldade de aquisição de matéria-prima	S19
	Distância geográfica	S20
Qualidade	Avaliação de qualidade	S21

A lista final de critérios e subcritérios, presente na Tabela 4.6, possui 21 subcritérios, hierarquizados conforme os cinco critérios da Tabela 4.4. Por meio dela, observa-se que o critério “Serviço e entrega” dispõe de quatro subcritérios, enquanto as categorias “Custo” e “Qualidade” têm apenas 1 cada. Por sua vez, o critério “Risco” tem seis subcritérios. Por fim, o critério “Capacidade e facilidade” compreendem nove subcritérios, limite máximo sugerido para a realização do FAHP.

Ao final da reunião de *brainstorming*, ou seja, após a elaboração da lista final de critérios e subcritérios, construiu-se a estrutura de hierarquia de níveis da pesquisa, exibida na Figura 4.2, como resultante do passo **iii**, do FAHP do referencial teórico.

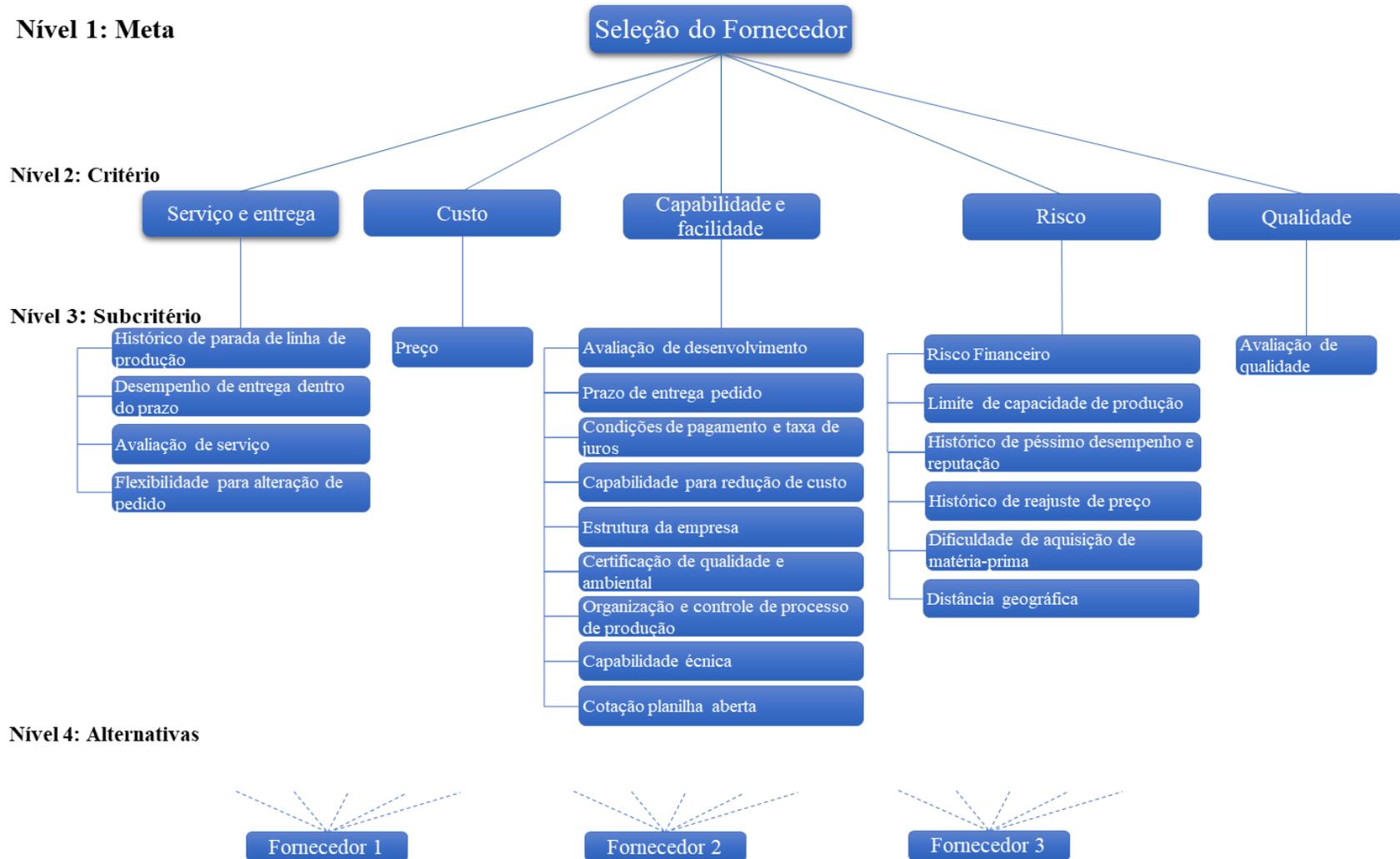


Figura 4.2 - Estrutura dos níveis de hierarquia para seleção de fornecedor.

### 4.1.3 - Julgamento através dos especialistas

Nesta etapa, atende-se o passo **iv e v** do FAHP, seção 2.7 do referencial teórico desta dissertação.

Preencheram-se questionários de comparação, por meio de julgamentos par-a-par entre os elementos de cada nível de hierarquia descrito na etapa anterior. Isto é, associou-se uma relação de preferência a cada par de elementos, refletindo o grau de prioridade de um elemento em relação ao outro.

Seguindo o passo **iv** do referencial teórico, para avaliar a importância desses critérios, foi definida a escala comparativa mostrada na Figura 4.3. Assim como no estudo de CHANG (1996), os termos linguísticos são representados por funções de pertinência triangulares.

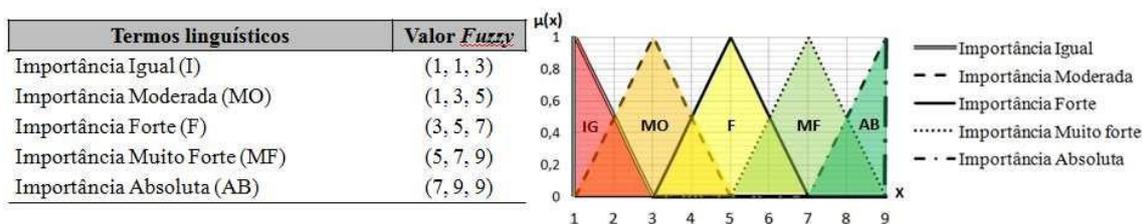


Figura 4.3 - Escala comparativa usada para avaliar a importância dos critérios de decisão.

Fonte: CHANG (1996).

Seguindo o passo **v** do referencial teórico, para avaliar o desempenho dos fornecedores em relação a cada critério de decisão, foi definida a escala mostrada na Tabela 4.7.

Tabela 4.7 - Escala comparativa usada para avaliar o desempenho do fornecedor.

Sigla	Valores linguísticos	Valor da nota
<b>P</b>	<b>P</b> éssimo	1
<b>RU</b>	<b>R</b> uim	2
<b>RE</b>	<b>R</b> egular	3
<b>B</b>	<b>B</b> om	4
<b>O</b>	<b>Ó</b> timo	5

Os membros do time de especialistas, os quais realizaram as comparações par-a-par necessárias ao FAHP, foram selecionados cuidadosamente. Assim como na escolha

dos participantes da reunião de *brainstorming*, buscaram-se duas principais características: elevado grau de conhecimento e bastante experiência prática. Estabeleceu-se o limite mínimo de dois anos de atuação em suas respectivas áreas.

Em seguida, encaminhou-se, a cada um dos 5 especialistas, um e-mail contendo uma breve apresentação da pesquisa (Apêndice B), elucidando seu contexto e objetivos, bem como as atribuições dos especialistas. Nele foi apresentado a avaliação dos pesos dos critérios, onde deve-se avaliar o quanto cada critério é mais importante que os demais e a avaliação do desempenho dos fornecedores, onde será utilizado o modelo de avaliação de fornecedores através de indicadores de desempenho, já utilizado com sucesso na empresa estudada, em conjunto o modelo AHP desenvolvido por SAATY (1980). O fornecedor foi avaliado através de notas de acordo com o seu desempenho em um dado critério.

#### **4.1.4 - Processo de análise hierárquica Fuzzy (FAHP)**

Nesta etapa gera-se a priorização dos critérios de tomada de decisão para demonstração do peso de cada um, da lista final de critérios e subcritérios de decisão, referente ao processo de seleção de fornecedor por meio dos questionários respondidos pelo time de especialistas, que se utilizam como entrada para a execução do modelo de Processo de Análise Hierárquica Fuzzy e como saída da execução, resulta-se deste modelo, a meta de seleção do fornecedor.

Seguindo os passos seguintes, do FAHP, seção 2.7 do referencial teórico desta dissertação temos:

##### **4.1.4.1 - Avaliação dos especialistas quanto ao critério de decisão**

Nesta etapa, atende-se o passo v do FAHP, seção 2.7 do referencial teórico desta dissertação.

Tendo definido os critérios e as alternativas, as opiniões dos especialistas foram coletadas por meio de formulários (Apêndice B) respondidos por eles. Essas correspondem ao elemento m do número triangular *Fuzzy*, os quais devem estar de acordo com a escala atribuída por CHANG (1996). Agregando os julgamentos dos especialistas participantes do processo decisório, baseado no cálculo da média

geométrica e está apresentada abaixo, sendo K o número de participantes, aplicando a Eq. (2.20), resulta-se matriz de comparações pareadas *Fuzzy* dos critérios na Tabela 4.8:

Tabela 4.8 - Matriz agregada de comparações *fuzzy* dos critérios de decisão.

Critérios	C1			C2			C3			C4			C5		
C1	1,00	1,00	1,00	0,84	1,25	2,54	1,93	4,08	6,12	1,00	1,93	4,08	1,48	3,74	5,62
C2	0,39	0,80	1,18	1,00	1,00	1,00	2,14	4,36	6,43	1,00	3,00	5,00	1,55	2,37	4,66
C3	0,16	0,25	0,52	0,16	0,23	0,47	1,00	1,00	1,00	0,84	1,00	2,29	1,00	1,93	4,08
C4	0,25	0,52	1,00	0,20	0,33	1,00	0,44	1,00	1,18	1,00	1,00	1,00	1,25	2,67	4,83
C5	0,18	0,27	0,68	0,21	0,42	0,64	0,25	0,52	1,00	0,21	0,37	0,80	1,00	1,00	1,00

Examinando a propriedade de consistência dos resultados de comparação de cada especialista, aplica-se a Eq. (2.21) para converter os números *Fuzzy* triangulares em números crisp. Após a defuzzificação, verificou-se que a consistência dos julgamentos satisfaz à condição  $RC \leq 0,20$ , aplicando-se a e Eq. (2.22), não necessitando que julgamento seja revisto. A Tabela 4.9 tem-se como resultante a matriz crisp (desfuzzificada) e Razão de Consistência (RC):

Tabela 4.9 - Matriz crisp (desfuzzificada) e razão de consistência (RC) dos critérios de decisão.

Critérios	C1	C2	C3	C4	C5
C1	1,00	1,39	4,06	2,13	3,67
C2	0,80	1,00	4,34	3,00	2,62
C3	0,28	0,26	1,00	1,19	2,13
C4	0,55	0,42	0,94	1,00	2,79
C5	0,32	0,42	0,55	0,42	1,00

$\lambda$ -max 5,483

IC 0,121

RC 0,109

**Julgamento Aceitável  $0,1 < RC < 0,2$**

Da mesma maneira, são apresentadas, na Tabela 4.10, 4.12 e 4.14, também de forma agregada, as matrizes de comparações pareadas *Fuzzy* e a Tabela 4.11, 4.13 e 4.15 com a matriz *crisp* (desfuzzificada) e a Razão de Consistência (RC) dos subcritérios para cada critério:

Tabela 4.10 - Matriz agregada de comparações fuzzy dos subcritérios do critério serviço e entrega (C1).

Subcritérios	S1			S2			S3			S4		
<b>S1</b>	1,00	1,00	1,00	2,37	4,66	6,77	2,54	3,16	5,52	2,29	4,58	6,43
<b>S2</b>	0,15	0,21	0,42	1,00	1,00	1,00	1,90	4,21	6,33	1,25	1,38	3,55
<b>S3</b>	0,18	0,32	0,39	0,16	0,24	0,53	1,00	1,00	1,00	0,82	1,53	3,00
<b>S4</b>	0,16	0,22	0,44	0,28	0,72	0,80	0,33	0,65	1,23	1,00	1,00	1,00

Tabela 4.11 - Matriz crisp (desfuzificada) e razão de consistência (RC) do critério serviço e entrega (C1).

Subcritérios	S1	S2	S3	S4
<b>S1</b>	1,00	4,63	3,45	4,51
<b>S2</b>	0,24	1,00	4,18	1,72
<b>S3</b>	0,31	0,27	1,00	1,66
<b>S4</b>	0,24	0,66	0,70	1,00
<b><math>\lambda</math>-max</b>	4,490			
<b>IC</b>	0,163			
<b>RC</b>	0,184			
<b>Julgamento</b>	<b>Aceitável <math>0,1 &lt; RC &lt; 0,2</math></b>			

Tabela 4.12 - Matriz agregada de comparações *Fuzzy* dos subcritérios do critério capacidade e facilidade (C3).

Subcrit.	S6			S7			S8			S9			S10			S11			S12			S13			S14		
<b>S6</b>	1,00	1,00	1,00	0,72	1,25	3,62	1,00	2,41	4,51	0,95	1,53	2,58	2,41	4,51	6,54	2,41	3,62	5,91	1,55	3,68	5,72	1,93	4,08	6,12	1,72	2,04	4,43
<b>S7</b>	0,28	0,80	1,38	1,00	1,00	1,00	1,55	2,37	4,66	0,53	1,11	2,04	1,25	3,32	5,35	1,55	3,68	5,72	1,12	2,37	4,15	1,12	2,37	4,15	1,31	2,37	3,56
<b>S8</b>	0,22	0,42	1,00	0,21	0,42	0,64	1,00	1,00	1,00	0,39	0,90	1,53	1,25	1,38	3,55	0,72	1,55	3,27	0,72	0,80	2,41	0,68	0,72	1,93	0,80	1,00	2,41
<b>S9</b>	0,39	0,65	1,05	0,49	0,90	1,90	0,65	1,11	2,54	1,00	1,00	1,00	2,14	2,81	3,38	2,18	3,74	5,71	1,55	2,37	4,66	1,55	1,90	4,21	1,90	2,71	5,16
<b>S10</b>	0,15	0,22	0,42	0,19	0,30	0,80	0,28	0,72	0,80	0,30	0,36	0,47	1,00	1,00	1,00	0,72	0,80	2,41	0,38	0,52	1,55	1,00	1,29	2,45	0,72	1,25	3,27
<b>S11</b>	0,17	0,28	0,42	0,17	0,27	0,64	0,31	0,64	1,38	0,18	0,27	0,46	0,42	1,25	1,38	1,00	1,00	1,00	0,38	0,64	1,72	0,68	0,72	1,93	0,53	0,80	2,14
<b>S12</b>	0,17	0,27	0,64	0,24	0,42	0,89	0,42	1,25	1,38	0,21	0,42	0,64	0,64	1,93	2,63	0,58	1,55	2,63	1,00	1,00	1,00	1,00	1,93	4,08	1,55	2,37	4,66
<b>S13</b>	0,16	0,25	0,52	0,24	0,42	0,89	0,52	1,38	1,48	0,24	0,53	0,64	0,41	0,78	1,00	0,52	1,38	1,48	0,25	0,52	1,00	1,00	1,00	1,00	1,25	1,72	3,94
<b>S14</b>	0,23	0,49	0,58	0,28	0,42	0,76	0,42	1,00	1,25	0,19	0,37	0,53	0,31	0,80	1,38	0,47	1,25	1,90	0,21	0,42	0,64	0,25	0,58	0,80	1,00	1,00	1,00

Tabela 4.13 - Matriz *crisp* (desfuzificada) e razão de consistência (RC) do critério capacidade e facilidade (C3).

Subcritérios	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14
<b>S6</b>	1,00	1,56	2,52	1,61	4,50	3,80	3,67	4,06	2,38
<b>S7</b>	0,81	1,00	2,62	1,17	3,31	3,67	2,46	2,46	2,39
<b>S8</b>	0,48	0,42	1,00	0,92	1,72	1,70	1,06	0,92	1,20
<b>S9</b>	0,68	1,00	1,27	1,00	2,79	3,81	2,62	2,23	2,99
<b>S10</b>	0,24	0,37	0,66	0,36	1,00	1,06	0,67	1,43	1,50
<b>S11</b>	0,28	0,32	0,71	0,28	1,13	1,00	0,78	0,92	0,98
<b>S12</b>	0,32	0,47	1,13	0,42	1,83	1,57	1,00	2,13	2,62
<b>S13</b>	0,28	0,47	1,25	0,50	0,75	1,25	0,55	1,00	2,01
<b>S14</b>	0,46	0,46	0,94	0,37	0,82	1,23	0,42	0,56	1,00
<b><math>\lambda</math>-max</b>	9,804								
<b>IC</b>	0,101								
<b>RC</b>	0,069								
<b>Julgamento</b>	Excelente RC $\leq 0,1$								

Tabela 4.14 - Matriz agregada de comparações fuzzy dos subcritérios do critério risco (C4).

Subcritérios	S15			S16			S17			S18			S19			S20		
S15	1,00	1,00	1,00	2,37	3,00	6,77	2,54	3,16	5,52	2,29	2,95	6,43	1,00	1,00	1,00	2,37	3,00	6,77
S16	0,15	0,33	0,42	1,00	1,00	1,00	1,90	2,18	6,33	1,25	1,38	3,55	0,15	0,33	0,42	1,00	1,00	1,00
S17	0,18	0,32	0,39	0,16	0,46	0,53	1,00	1,00	1,00	0,82	1,90	3,00	0,18	0,32	0,39	0,16	0,46	0,53
S18	0,15	0,33	0,42	1,00	1,00	1,00	1,90	2,18	6,33	1,25	1,38	3,55	0,15	0,33	0,42	1,00	1,00	1,00
S19	0,15	0,33	0,42	1,00	1,00	1,00	1,90	2,18	6,33	1,25	1,38	3,55	0,15	0,33	0,42	1,00	1,00	1,00
S20	0,18	0,32	0,39	0,16	0,46	0,53	1,00	1,00	1,00	0,82	1,90	3,00	0,18	0,32	0,39	0,16	0,46	0,53

Tabela 4.15 - Matriz crisp (desfuzificada) e razão de consistência (RC) do critério risco (C4).

Subcritérios	S15	S16	S17	S18	S19	S20
S15	1,00	3,66	4,18	6,11	6,21	6,64
S16	0,30	1,00	2,79	2,79	5,57	5,96
S17	0,27	0,39	1,00	2,79	2,99	3,09
S18	0,17	0,39	0,39	1,00	2,87	2,52
S19	0,17	0,19	0,37	0,40	1,00	2,52
S20	0,15	0,17	0,37	0,48	0,48	1,00

$\lambda$ -max 6,611

IC 0,122

RC 0,098

Julgamento **Excelente**  $RC \leq 0,1$

#### 4.1.4.2 - Vetor de prioridade para os critérios e subcritérios de controle

Os pesos para o vetor de prioridade para os critérios de controle, foram encontrados a partir dos resultados na Tabela 4.16, seguindo o passo vi, do FAHP, seção 2.7, do referencial teórico desta dissertação.

Tabela 4.16 - Soma das linhas e colunas dos diferentes critérios.

<b>Critérios</b>	<b>Soma das Linhas</b>			<b>Soma das Colunas</b>		
<b>C1</b>	6,25308	11,99207	19,35474	1,98084	2,83294	4,37956
<b>C2</b>	6,08721	11,53388	18,28176	2,41399	3,23012	5,64796
<b>C3</b>	3,16299	4,40790	8,35046	5,75630	10,95294	15,73711
<b>C4</b>	3,12772	5,51788	9,01332	4,05122	7,30810	13,16888
<b>C5</b>	1,84470	2,58146	4,12475	6,27335	11,70908	20,19152
	<b>Soma das Colunas</b>			20,47570	36,03319	59,12503

A partir dos dados acima, as Medidas Sintéticas *Fuzzy* (S) puderam ser calculadas de acordo com a Eq. (2.15), resultando os dados abaixo:

$$S_1 = (0,10576, 0,33281, 0,94525) \quad S_2 = (0,10295, 0,32009, 0,89285)$$

$$S_3 = (0,05350, 0,12233, 0,40782) \quad S_4 = (0,05290, 0,15313, 0,44020)$$

$$S_5 = (0,0312, 0,07164, 0,20145)$$

Em seguida, são comparadas entre si através da Eq. (2.16):

$$V(S_1 \geq S_2) = 1 \quad V(S_1 \geq S_3) = 1 \quad V(S_1 \geq S_4) = 1 \quad V(S_1 \geq S_5) = 1$$

$$V(S_2 \geq S_1) = 0,98411 \quad V(S_2 \geq S_3) = 1 \quad V(S_2 \geq S_4) = 1 \quad V(S_2 \geq S_5) = 1$$

$$V(S_3 \geq S_1) = 0,58934 \quad V(S_3 \geq S_2) = 0,60655 \quad V(S_3 \geq S_4) = 0,92014$$

$$V(S_3 \geq S_5) = 1 \quad V(S_4 \geq S_1) = 0,65052 \quad V(S_4 \geq S_2) = 0,66887 \quad V(S_4 \geq S_3) = 1$$

$$V(S_4 \geq S_5) = 1 \quad V(S_5 \geq S_1) = 0,26814 \quad V(S_5 \geq S_2) = 0,28388$$

$$V(S_5 \geq S_3) = 0,74482 \quad V(S_5 \geq S_4) = 0,64574$$

Calculou-se, então, a partir da Eq. (2.18), o vetor  $W'_C = [d(C_1), d(C_2), d(C_3), d(C_4), d(C_5)]$ , e, após a sua normalização, chegou-se ao vetor dos pesos  $W_C$ :

$$W'_C = (1,00000, 0,98410, 0,58934, 0,65052, 0,26814)$$

$$W_C = (0,28636, 0,28181, 0,16877, 0,18628, 0,07678)$$

De forma análoga, obteve-se o vetor de prioridade para os subcritérios em relação a cada critério, seguindo o passo **vii**, do FAHP, seção 2.7, do referencial teórico desta dissertação:

$$W'_{C1} = (1,00000, 0,65314, 0,18724, 0,00726)$$

$$W_{C1} = (0,54123, 0,35350, 0,10134, 0,00393)$$

$$W'_{C3} = (1, 0,90653, 0,57811, 0,85783, 0,44449, 0,36773, 0,64108, 0,42753, 0,27882)$$

$$W_{C3} = (0,18175, 0,16476, 0,10507, 0,15591, 0,08078, 0,06683, 0,11651, 0,07770, 0,05067)$$

$$W'_{C4} = (1,00000, 0,74411, 0,44977, 0,19651, 0,00000, 0,00000)$$

$$W_{C4} = (0,41834, 0,31129, 0,18816, 0,08221, 0,00000, 0,00000)$$

Para os subcritérios preço (S5) e avaliação de qualidade (S21), como foi definido em consenso com os especialistas da empresa pesquisada e o autor, devido os mesmos estarem agregados diretamente aos critérios custo (C2) e qualidade (C5) respectivamente, o mesmo foi adotado como vetor de subcritério prioritário máximo 1 como segue:

$$W_{C2} = (1) \text{ e } W_{C5} = (1)$$

Finalizados os cálculos dos vetores de pesos dos critérios e subcritérios de controle, chegou-se a prioridade relativa local para a determinação de grau de importância para cada critério e subcritério para a tomada de decisão de seleção de fornecedores. A Tabela 4.17, ilustra todos os resultados anteriormente calculados, juntamente com a Figura 4.4 e 4.5.

Observa-se a disparidade no grau de importância para os subcritérios Preço (S5) e Avaliação de qualidade (S21), que representam 46,8% do total das prioridades globais e a insignificância dos subcritérios Distância geográfica (S20) e Dificuldade de aquisição de matéria-prima (S19), que somados representam 0% do total das prioridades globais apresentados na Figura 4.4 e Tabela 4.17.



Figura 4.4 - Grau de importância por subcritério de decisão como prioridades globais.

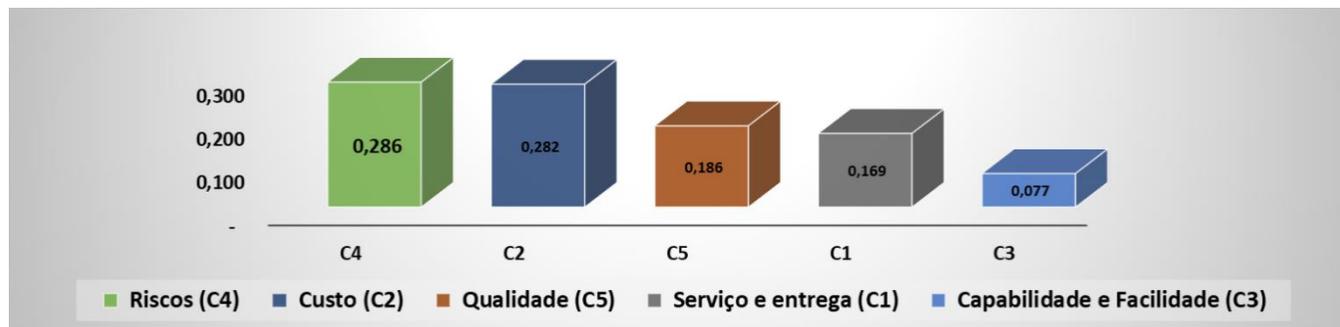


Figura 4.5 - Grau de importância por critério de decisão.

Tabela 4.17 - Prioridade relativa de critério e subcritério de controle.

<b>Critérios</b>	<b>Prioridades</b>	<b>Subcritérios</b>	<b>Prioridades Locais</b>	<b>Prioridades Globais</b>
Serviço e entrega (C1)	0,169	Histórico de parada de linha de produção (S1)	0,541	0,091
		Desempenho de entrega dentro do prazo (S2)	0,353	0,060
		Avaliação de serviço (S3)	0,101	0,017
		Flexibilidade para alteração de pedido (S4)	0,004	0,001
Custo (C2)	0,282	Preço (S5)	1,000	0,282
Capabilidade e Facilidade (C3)	0,077	Avaliação de desenvolvimento (S6)	0,182	0,014
		Prazo de entrega pedido (S7)	0,165	0,013
		Condições de pagamento e taxa de juros (S8)	0,105	0,008
		Capabilidade para redução de custo (S9)	0,156	0,012
		Estrutura da empresa (S10)	0,081	0,006
		Certificação de Qualidade e Ambiental (S11)	0,067	0,005
		Organização e controle de processo de produção (S12)	0,117	0,009
		Capabilidade técnica (S13)	0,078	0,006
Risco (C4)	0,286	Cotação planilha aberta (S14)	0,051	0,004
		Risco financeiro (S15)	0,418	0,120
		Limite de capacidade de produção (S16)	0,311	0,089
		Histórico de péssimo desempenho e reputação (S17)	0,188	0,054
		Histórico de reajuste de preço (S18)	0,082	0,024
		Dificuldade de aquisição de matéria-prima (S19)	-	-
Qualidade (C5)	0,186	Distância geográfica (S20)	-	-
		Avaliação de qualidade (S21)	1,000	0,186
<b>Total</b>	<b>1,000</b>			<b>1,000</b>

Para a disparidade de S5 e S21, conforme os especialistas são explicados pela necessidade de atingir a meta de custo planejado no orçamento anual da empresa estudada, bem como pela qualidade reconhecida de seus produtos de sua marca, mundialmente conhecida.

Para a insignificância de S20, deve-se pelo fato do estudo ter abrangido apenas fornecedores locais e no caso de S19, a dificuldade de aquisição de matéria-prima pode ser controlado, aumentando o estoque de segurança do fornecedor ou aumentando o tempo de entrega, de forma que cubra o tempo extra que venha a ocorrer, devido a esta dificuldade de compra por parte do fornecedor.

Considerando apenas os critérios de decisão na Figura 4.5 e Tabela 4.17, destaca-se para o grande grau de importância para o critério Riscos (C4) de 28,6%, que conforme os especialistas, estes riscos representam uma grande ameaça ao negócio da empresa estudada, podendo gerar, o não atendimento do produto aos seus clientes e até mesmo, o cancelamento de seu produto no mercado.

#### 4.1.4.3 - Vetor de desempenho dos subcritérios e vetor de decisão

Atendendo o passo **ix** do FHAP, seção 2.7 do referencial teórico desta dissertação. O desempenho de cada alternativa em cada critério quantitativo foi previsto pelos especialistas, seguindo o passo **iv**. O valor foi normalizado em um número entre zero e um, com base nos valores da avaliação de desempenho de cada fornecedor, no limite superior (inferior) exigido pela empresa para os subcritérios. Para que os subcritérios quantitativos preço (S5) e prazo de entrega de pedido (S7) mereçam, quanto maior o valor, pior o desempenho do fornecedor e são coletados da cotação de preço apresentado pelo fornecedor. Para cada subcritério qualitativo, o desempenho de cada alternativa foi gerado por meio de avaliações de especialistas, seguindo o passo **ix**, explicado na seção 4.1.3, com base no relatório de avaliação de fornecedores realizado na empresa pesquisada. Os dados de avaliação de desempenho qualitativo foram calculados através de média geométrica apurada nos últimos 6 meses de avaliação de desempenho, é aplicado método centróide, e o valor é transformado em um valor entre zero e um. O mesmo método para os subcritérios quantitativos, entretanto, faz-se necessário efetuar a harmonização para os subcritérios que quanto maior o valor, pior o desempenho do fornecedor. A Tabela 4.18 apresenta a avaliação de desempenho dos fornecedores.

Tabela 4.18 - Resultado do fornecedor vencedor da concorrência.

		Vetor de prioridade																				Vetor de Decisão	Melhor Opção	
Subcritério	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21			
Normalização	<b>Prioridade</b>	0,091	0,060	0,017	0,001	0,282	0,014	0,013	0,008	0,012	0,006	0,005	0,009	0,006	0,004	0,120	0,089	0,054	0,024	-	-	0,186		
	<b>Fornecedor I</b>	0,417	0,364	0,500	0,333	0,429	0,455	0,517	0,417	0,500	0,455	0,500	0,400	0,455	0,500	0,500	0,500	0,417	0,364	0,455	0,455	0,417	0,438	<b>Fornecedor I</b>
	<b>Fornecedor II</b>	0,333	0,455	0,400	0,333	0,263	0,364	0,241	0,333	0,300	0,364	0,300	0,400	0,273	0,300	0,400	0,300	0,333	0,364	0,364	0,364	0,333	0,327	
	<b>Fornecedor III</b>	0,250	0,182	0,100	0,333	0,308	0,182	0,241	0,250	0,200	0,182	0,200	0,200	0,273	0,200	0,100	0,200	0,250	0,273	0,182	0,182	0,250	0,235	
		Avaliação de desempenho																						
<b>Fornecedor I</b>	5	4	5	4	R\$ 5,10	5	7	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5			
<b>Fornecedor II</b>	4	5	4	4	R\$ 8,30	4	15	4	3	4	3	4	3	3	4	3	4	4	4	4	4			
<b>Fornecedor III</b>	3	2	1	4	R\$ 7,10	2	15	3	2	2	2	2	3	2	1	2	3	3	2	2	3			
	∑	12	11	10	12	20,500	11	37,000	12	10	11	10	10	11	10	10	10	12	11	11	11	12		
Harmonização					4,020		5,286																	
					2,470		2,467																	
					2,887		2,467																	
		∑			9,377		10,219																	

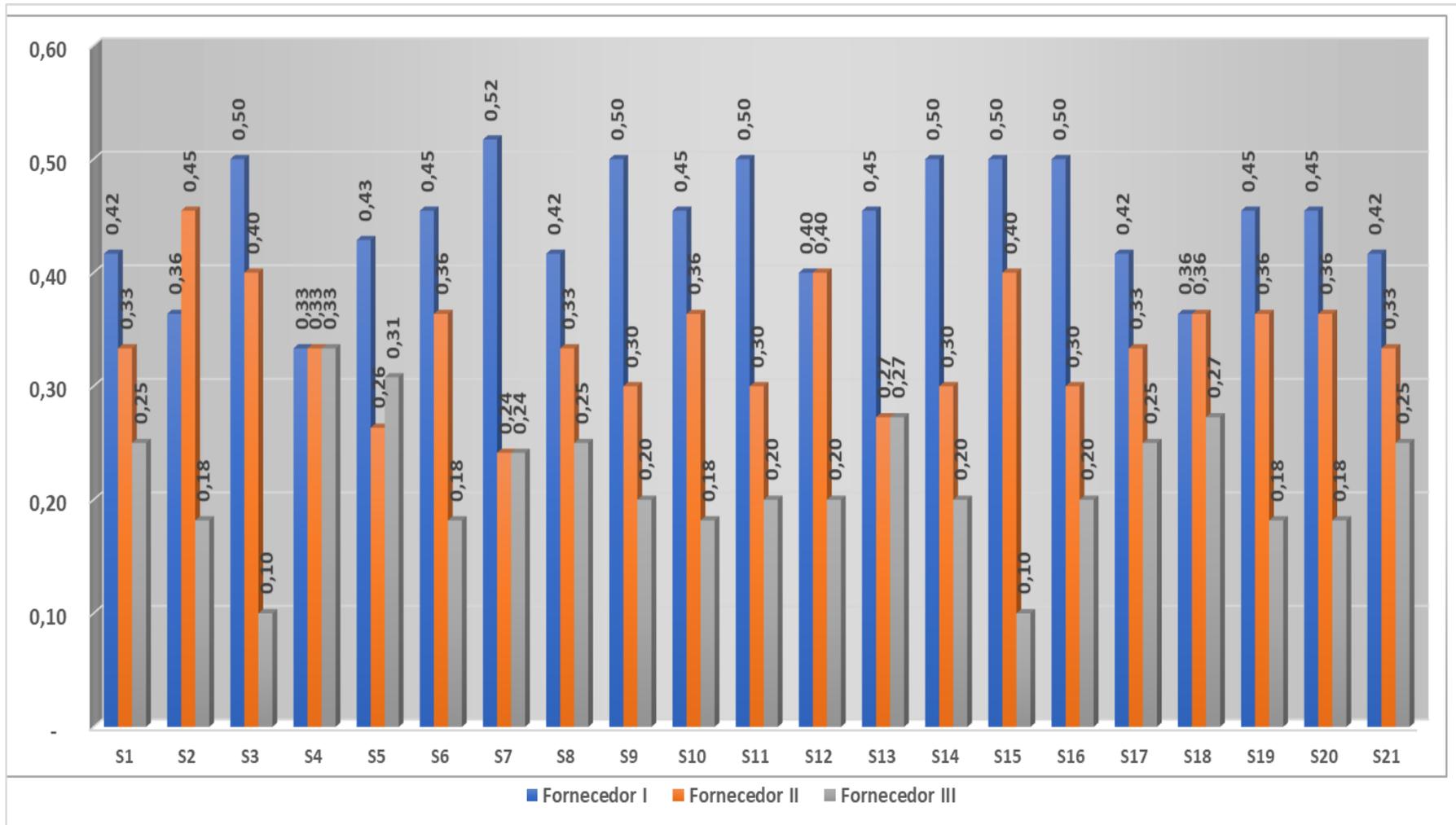


Figura 4.6 - Desempenho dos fornecedores por subcritério.

Aplicando-se os passos **x** e **xi** do FAHP, seção 2.7, pode ser conferido também na Tabela 4.18, após cálculo das prioridades relativas *crisp* e gerais das alternativas (vetor de decisão) respectivamente.

O fornecedor vencedor da concorrência, conforme o método desenvolvido nesta dissertação foi o fornecedor 1, pode ser visualizado graficamente na Figura 4.7.

Destaca-se que devido aos subcritérios Preço (S5) e Avaliação de qualidade (S21) apresentado pelo fornecedor 1, representando o desempenho respectivamente de 42,9% e 41,7%, mostrado na Tabela 4.18 e Figura 4.6, fez com que o mesmo, fosse melhor colocado, devido o alto grau de prioridade dosubcritério que representam juntos 46,8% do total das prioridades globais, podendo ser conferido na Tabela 4.17.

Observa-se na Figura 4.6, que o fornecedor 1, obteve o melhor desempenho em quase todos os subcritérios, perdendo apenas no subcritério Desempenho de entrega dentro do prazo (S2), contudo, neste subcritério, seu desempenho foi de 36,4%, colocando-se em segundo lugar, não comprometendo o seu excelente desempenho apresentado, proporcionando ao fornecedor 1, como o vencedor da concorrência, apresentando 43,8% do total do critério de desempenho, mostrado na Figura 4.7.

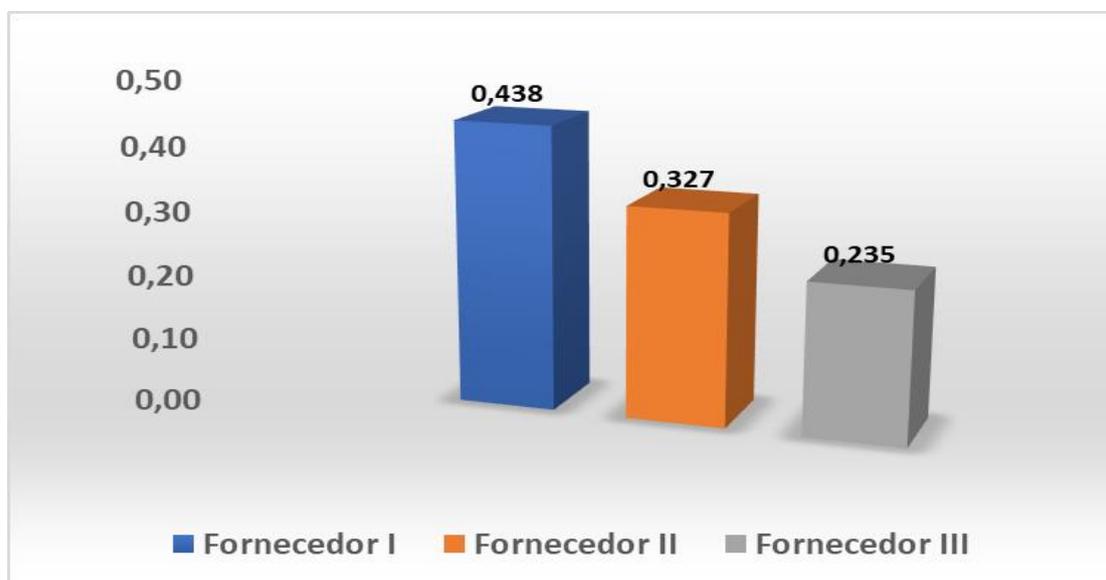


Figura 4.7 - Definição do fornecedor vencedor, conforme vetor de decisão.

#### 4.1.5 - Ferramenta para implementação do modelo FAHP

Para auxiliar a tomada de decisão de forma automática, rápida e precisa, desenvolveu-se uma ferramenta usando as equações formuladas no método deste trabalho para uso contínuo na empresa estudada.

O autor, em conjunto com os especialistas e gestores da empresa estudada, definiram que a ferramenta seria desenvolvida em planilha Excel. A dificuldade no uso em outros softwares deve-se o fato da aquisição de licença e a dependência de especialistas para manutenção, alteração e alimentação de dados, enquanto a planilha Excel, é de uso comum em qualquer empresa manufatureira de conhecimento de grande parte de seus especialistas.

#### 4.1.5.1 - Etapas apresentadas pela ferramenta desenvolvida

A ferramenta desenvolvida e implementada apresenta as seguintes etapas do processo de seleção de fornecedores:

- i. Avaliação dos especialistas por grau de prioridade de um elemento em relação ao outro. As opiniões dos especialistas coletadas por meio de formulários (Apêndice B). A Figura 4.8 apresenta a opinião de cada especialista:

ESPECIALISTA 1															
	Risco			Custo			Serviço e entrega			Qualidade			Capabilidade e Facilidade		
Risco	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	3,00	5,00	7,00	1,00	3,00	5,00	7,00	9,00	9,00
Custo	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	5,00	1,00	3,00	5,00	3,00	5,00	7,00
Serviço e entrega	0,14	0,20	0,33	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	1,00	3,00	5,00
Qualidade	0,20	0,33	1,00	0,20	0,33	1,00	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	5,00
Capabilidade e Facilidade	0,11	0,11	0,14	0,14	0,20	0,33	0,20	0,33	1,00	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00

ESPECIALISTA 2															
	Risco			Custo			Serviço e entrega			Qualidade			Capabilidade e Facilidade		
Risco	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	5,00	3,00	5,00	7,00	1,00	1,00	3,00	1,00	3,00	5,00
Custo	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	5,00	1,00	3,00	5,00	3,00	5,00	7,00
Serviço e entrega	0,14	0,20	0,33	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	1,00	3,00	5,00
Qualidade	0,33	1,00	1,00	0,20	0,33	1,00	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	5,00
Capabilidade e Facilidade	0,20	0,33	1,00	0,14	0,20	0,33	0,20	0,33	1,00	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00

ESPECIALISTA 3															
	Risco			Custo			Serviço e entrega			Qualidade			Capabilidade e Facilidade		
Risco	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	3,00	5,00	7,00	1,00	1,00	3,00	1,00	3,00	5,00
Custo	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	5,00	7,00	1,00	3,00	5,00	1,00	3,00	5,00
Serviço e entrega	0,14	0,20	0,33	0,14	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	1,00	3,00	5,00
Qualidade	0,33	1,00	1,00	0,20	0,33	1,00	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	5,00	7,00
Capabilidade e Facilidade	0,20	0,33	1,00	0,20	0,33	1,00	0,20	0,33	1,00	0,14	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00

ESPECIALISTA 4															
	Risco			Custo			Serviço e entrega			Qualidade			Capabilidade e Facilidade		
Risco	1,00	1,00	1,00	1/7	1/5	1/3	1,00	3,00	5,00	1,00	3,00	5,00	1,00	3,00	5,00
Custo	3,00	5,00	7,00	1,00	1,00	1,00	5,00	7,00	9,00	1,00	3,00	5,00	1,00	1,00	3,00
Serviço e entrega	0,20	0,33	1,00	0,11	0,14	0,20	1,00	1,00	1,00	1/7	1/5	1/3	1,00	1,00	3,00
Qualidade	0,20	0,33	1,00	0,20	0,33	1,00	3,00	5,00	7,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	5,00
Capabilidade e Facilidade	0,20	0,33	1,00	0,33	1,00	1,00	0,33	1,00	1,00	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00

ESPECIALISTA 5															
	Risco			Custo			Serviço e entrega			Qualidade			Capabilidade e Facilidade		
Risco	1,00	1,00	1,00	3,00	5,00	7,00	1,00	3,00	5,00	1,00	3,00	5,00	1,00	3,00	5,00
Custo	0,14	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	3,00	5,00	7,00	1,00	3,00	5,00	1,00	1,00	3,00
Serviço e entrega	0,20	0,33	1,00	0,14	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	3,00	5,00	7,00	1,00	1,00	3,00
Qualidade	0,20	0,33	1,00	0,20	0,33	1,00	0,14	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00
Capabilidade e Facilidade	0,20	0,33	1,00	0,33	1,00	1,00	0,33	1,00	1,00	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Figura 4.8 - Opinião de cada especialista por grau de prioridade.

ii. A média geométrica da opinião dos especialistas, cuja apresentação pode ser vista na Figura 4.9.

Critérios	Risco			Custo			Serviço e entrega			Qualidade			Capabilidade e Facilidade		
Risco	1,00	1,00	1,00	0,84	1,25	2,54	1,93	4,08	6,12	1,00	1,93	4,08	1,48	3,74	5,62
Custo	0,39	0,80	1,18	1,00	1,00	1,00	2,14	4,36	6,43	1,00	3,00	5,00	1,55	2,37	4,66
Serviço e entrega	0,16	0,25	0,52	0,16	0,23	0,47	1,00	1,00	1,00	0,84	1,00	2,29	1,00	1,93	4,08
Qualidade	0,25	0,52	1,00	0,20	0,33	1,00	0,44	1,00	1,18	1,00	1,00	1,00	1,25	2,67	4,83
Capabilidade e Facilidade	0,18	0,27	0,68	0,21	0,42	0,64	0,25	0,52	1,00	0,21	0,37	0,80	1,00	1,00	1,00

Figura 4.9 - Média geométrica da opinião dos especialistas.

iii. A Matriz *Crisp* (desfuzzificada) e a Razão de Consistência (RC) dos critérios e subcritérios de decisão. Ela é apresentada na Figura 4.10.

**Matriz Crisp (Desfuzzificada)**

	1,00	1,39	4,06	2,13	3,67
	0,80	1,00	4,34	3,00	2,62
	0,28	0,26	1,00	1,19	2,13
	0,55	0,42	0,94	1,00	2,79
	0,32	0,42	0,55	0,42	1,00
$\Sigma$	2,95	3,50	10,88	7,74	12,22
$\lambda$ -max	5,482579				
IC	0,1206				
RC	0,109				
<b>Julgamento</b>	<b>Aceitável <math>0,1 &lt; RC &lt; 0,2</math></b>				

Figura 4.10 - Matriz *crisp* (desfuzzificada) e a razão de consistência (RC) dos critérios de decisão.

iv. Vetor de prioridade para os critérios e subcritérios de controle. Ele é apresentado na Figura 4.11.

<b>Critério</b>	<b>Vetor de Prioridade</b>
<b>Risco</b>	0,286
<b>Custo</b>	0,282
<b>Serviço e entrega</b>	0,169
<b>Qualidade</b>	0,186
<b>Capabilidade e Facilidade</b>	0,077
$\Sigma$	1,000

Figura 4.11 - Vetor de prioridade para os critérios de decisão de controle.

- v. Gráficos de grau de importância dos critérios e subcritérios de decisão, apresentados na Figura 4.12.

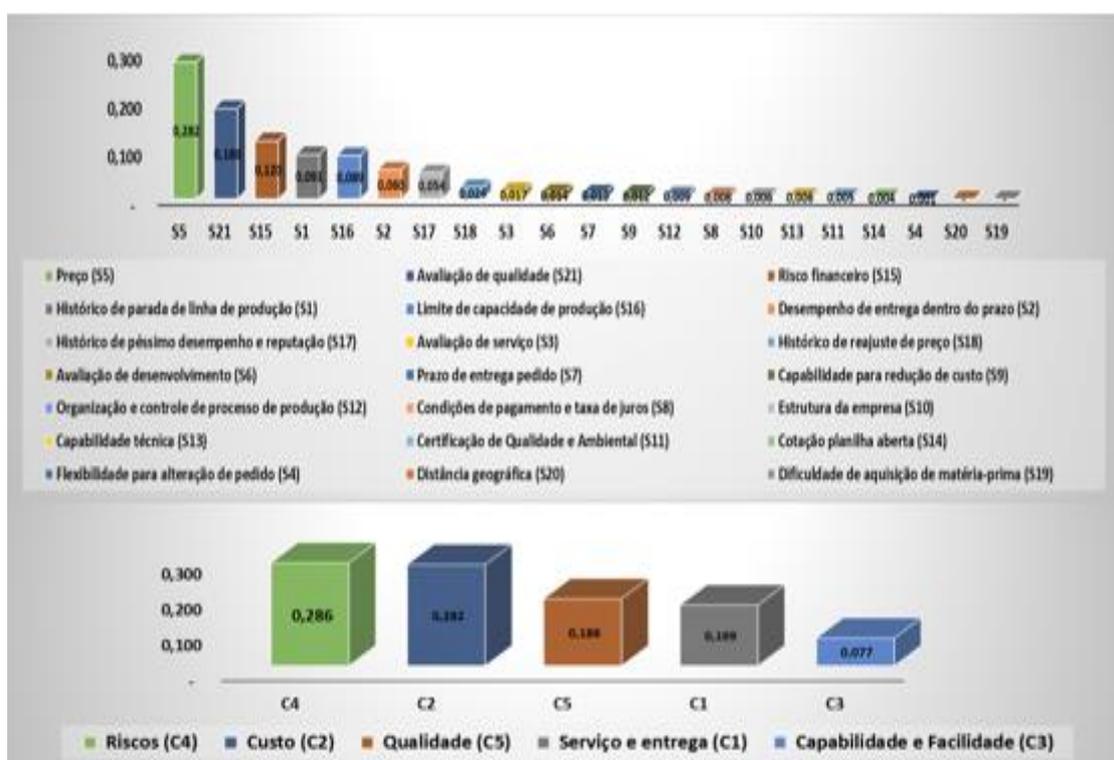


Figura 4.12 - Gráficos de grau de importância dos critérios e subcritérios de decisão.

- vi. Matriz de decisão, onde se calcula o vetor de desempenho, coletado pela avaliação dos especialistas por meio de formulários (Apêndice B) e pelo orçamento apresentado pelos fornecedores e vetor de decisão com o resultado do fornecedor vencedor da concorrência. A matriz de decisão é apresentada na Figura 4.13.
- vii. Gráficos de desempenho dos fornecedores por subcritérios e gráfico de definição do fornecedor vencedor da concorrência. Estes gráficos são apresentados na Figura 4.14.

	Serviço e entrega (C1)				Custo (C2)	Capabilidade e Facilidade (C3)										Risco (C4)						Qualidade (C5)	Vetor de Decisão	Melhor Opção
	Histórico de parada de linha de produção (S1)	Desempenho de entrega dentro do prazo (S2)	Atualização de serviço (S3)	Flexibilidade para alteração de pedido (S4)		Preço (S5)	Atualização de desenvolvimento (S6)	Prazo de entrega pedido (S7)	Condições de pagamento e taxa de juros (S8)	Capabilidade para redução de custo (S9)	Estrutura da empresa (S10)	Certificação de Qualidade e Ambiental (S11)	Organização e controle de processo de produção (S12)	Capabilidade técnica (S13)	Cotação planilha aberta (S14)	Risco financeiro (S15)	Limite de capacidade de produção (S16)	Histórico de pior desempenho e reputação (S17)	Histórico de reajuste de preço (S18)	Dificuldade de aquisição de matéria-prima (S19)	Distância geográfica (S20)			
	0,091	0,060	0,017	0,001	0,282	0,014	0,013	0,008	0,012	0,006	0,005	0,009	0,006	0,004	0,120	0,089	0,054	0,024	-	-	0,186			
Fornecedor I	0,417	0,364	0,500	0,333	0,429	0,455	0,517	0,417	0,500	0,455	0,500	0,400	0,455	0,500	0,500	0,500	0,417	0,364	0,455	0,455	0,417	0,438	Fornecedor I	
Fornecedor II	0,333	0,455	0,400	0,333	0,263	0,364	0,241	0,333	0,300	0,364	0,300	0,400	0,273	0,300	0,400	0,300	0,333	0,364	0,364	0,364	0,333	0,327		
Fornecedor III	0,250	0,182	0,100	0,333	0,308	0,182	0,241	0,250	0,200	0,182	0,200	0,273	0,200	0,100	0,200	0,250	0,273	0,182	0,182	0,182	0,250	0,235		
<b>Normalização</b>																								
Fornecedor I	5	4	5	4	R\$ 5,10	5	7	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5			
Fornecedor II	4	5	4	4	R\$ 8,30	4	15	4	3	4	3	4	3	3	4	3	4	4	4	4	4			
Fornecedor III	3	2	1	4	R\$ 7,10	2	15	3	2	2	2	2	3	2	1	2	3	3	2	2	3			
Σ	12	11	10	12	20,5	11	37	12	10	11	10	11	10	10	10	10	12	11	11	11	12			
<b>Harmonização</b>																								
Fornecedor I					4,020						5,286													
Fornecedor II					2,470						2,467													
Fornecedor III					2,887						2,467													
Σ					9,377						10,219													

Figura 4.13 - Matriz de decisão.

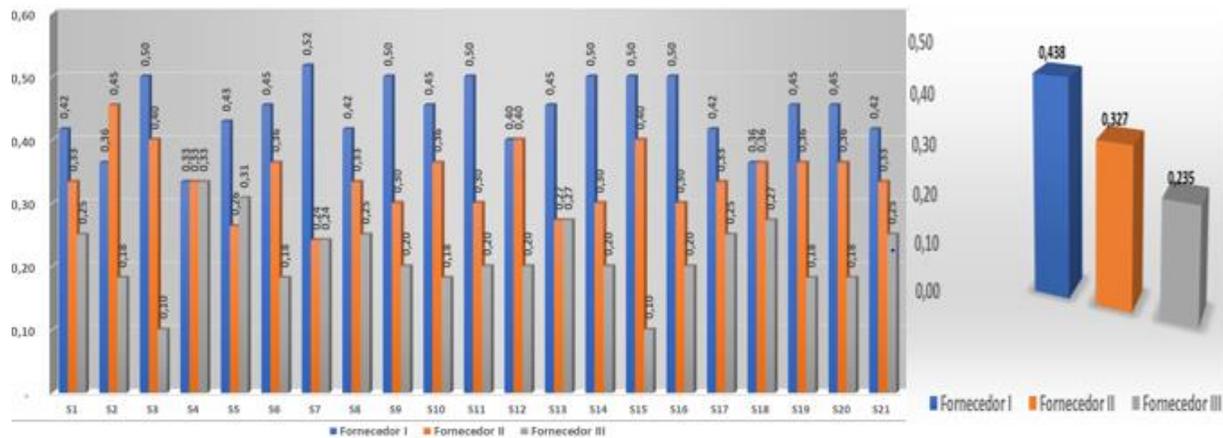


Figura 4.14 - Gráficos de desempenho de fornecedores por subcritérios e definição de fornecedor.

#### 4.1.5.2 - Validação da ferramenta desenvolvida

KABIR e HASIN (2011) utilizaram o modelo FAHP, para obter como resultado, a matriz de comparação dos critérios de classificação de inventário.

Aplicando-se a ferramenta em Excel desenvolvida nesta dissertação, obteve-se o mesmo resultado apresentado, como pode ser conferido na Figura 4.15.

Crítérios	Unit Price			Annual			Criticatily			Last Use Day			Durability		
Unit Price	1,00	1,00	1,00	0,89	1,60	2,25	0,66	1,07	1,88	0,83	1,47	2,76	0,80	1,37	3,19
Annual	0,44	0,62	1,12	1,00	1,00	1,00	2,02	3,08	4,64	0,80	1,00	1,47	1,17	2,36	4,53
Criticatily	0,53	0,93	1,53	0,22	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	0,68	1,11	1,66	0,80	1,00	1,72
Last Use Day	0,36	0,68	1,21	0,68	1,00	1,26	0,60	0,90	1,47	1,00	1,00	1,00	0,76	0,93	1,25
Durability	0,31	0,73	1,26	0,22	0,42	0,85	0,58	1,00	1,26	0,80	1,08	1,32	1,00	1,00	1,00

#### Matriz Crisp (Desfuzzificada)

1,00	1,59	1,14	1,58	1,58
0,68	1,00	3,16	1,04	2,52
0,97	0,34	1,00	1,13	1,09
0,72	0,99	0,95	1,00	0,96
0,75	0,46	0,97	1,07	1,00

$$\sum \begin{matrix} 4,11 & 4,38 & 7,22 & 5,82 & 7,14 \end{matrix}$$

$$\lambda\text{-max } 5,4234$$

$$IC \ 0,1058$$

$$RC \ 0,095$$

Julgamento **Excelente**  $RC \leq 0,1$

Crítério	Vetor de Prioridade
Unit Price	0,244
Annual	0,274
Criticatily	0,166
Last Use Day	0,165
Durability	0,150
$\sum$	1,000

Figura 4.15 - Resultado apresentado pela ferramenta, para matriz de comparação dos critérios de classificação de inventário.

Há uma diferença entre o resultado apresentado por KABIR e HASIN (2011)  $W = (0,246, 0,273, 0,167, 0,164, 0,150)$  e a ferramenta em Excel desenvolvida, na terceira casa decimal para os critérios *Unit Price*, *Annual* e *Criticatily*, deve-se pelo fato da matriz de comparação *Fuzzy* coletada do artigo pesquisado, ter apresentado apenas duas casas decimais, ocultando assim as demais dízimas.

Pode-se validar positivamente, através do resultado apresentado pela ferramenta proposta nesta dissertação, ao aplicar-se ao artigo apresentado nesta seção.

## 4.2 - PONTOS IMPORTANTES ENCONTRADOS

Alguns pontos importantes encontrados, durante este trabalho relatados:

- Através do time de especialistas, identificaram-se 44 critérios de tomada de decisão aos quais se adicionaram mais 4 já aplicados na própria empresa. Esses 48 critérios de tomada de decisão compuseram a lista de identificação preliminar dos critérios de decisão. Durante a reunião de brainstorming, os participantes sugeriram a eliminação de 26 critérios de decisão, por avaliarem que muitas delas eram similares ou que estes critérios não se aplicavam ao processo da empresa estudada. Apesar da identificação dos critérios de decisão seja a primeira etapa do processo de avaliação, ela deve ser realizada com bastante atenção, pois, ao longo da pesquisa, constatou-se que ela possui fundamental importância ao processo. Critérios de decisão não identificados nesta etapa não integrarão as atividades subsequentes, colocando os objetivos da tomada de decisão não satisfatória. Conseqüentemente, a consideração dos principais critérios, dentro do contexto estabelecido para a avaliação, é fator-chave para a obtenção de resultados válidos, confiáveis e que retratam a realidade;
- Durante a hierarquização dos subcritérios, observou-se que a estrutura dos níveis de hierarquia, enquanto representação prática de determinado sistema, pode diferenciar-se de pessoa para pessoa na tentativa de retratar a realidade. Portanto, um mesmo problema pode ser definido por mais de uma estrutura dos níveis de hierarquia, sem que uma delas esteja incorreta. Ademais, verificou-se a dificuldade existente em delimitar a influência dos critérios de decisão apenas à categoria preestabelecida na composição da estrutura dos níveis de hierarquia;
- A ferramenta desenvolvida, devido a simplicidade das equações formuladas no método deste trabalho, as quais foram aplicadas com auxílio de planilha Excel e criada uma planilha padrão para uso contínuo. Destaca-se a simplicidade para o preenchimento para a obtenção da informação dos critérios de são prioritários, bem como a seleção de fornecedor de forma automática. A definição da ferramenta em Excel deve-se pelo fato do uso contínuo na empresa estudada, bem como em outras empresas que venha utilizar esta ferramenta. A dificuldade no uso em outros softwares, deve-se ao fato da aquisição de licença, enquanto a planilha Excel, é de uso comum em qualquer empresa manufatureira;

- O resultado encontrado para o vetor peso dos critérios chama a atenção pelo fato de dois dos vinte e um subcritérios terem obtido peso nulo, representando 9,2% do total dos subcritérios. O pesquisador atribui parte deste resultado ao fato de os participantes do processo decisório terem respondido graus de preferência extremos em diversas comparações pareadas. Além disso, tal resultado é decorrente da própria característica do algoritmo, que na comparação global das medidas sintéticas *Fuzzy*, seleciona o menor valor dentre as comparações. Em um caso com um número razoável de critérios e de alternativas, a probabilidade de que um ou mais resultados para o vetor de pesos seja igual a zero é, assim, elevada;
- Destaca-se também, o limite estabelecido para Razão de Consistência (RC) das matrizes agregada de comparações, que influenciou a hierarquização dos riscos. Para a obtenção de  $RC \leq 0,20$ , o autor sugere a adoção de uma abordagem mais precisa também exposta neste trabalho: a realização de reuniões com os especialistas em dois momentos distintos, a fim de identificar as imprecisões inerentes aos julgamentos.

## CAPÍTULO 5

### CONCLUSÕES E SUGESTÕES

#### 5.1 - CONCLUSÕES

Quando se iniciou esta dissertação, constatou-se que a seleção de fornecedores é um problema decisório muito crítico, com um processo complexo, devido a presença de vários critérios existentes, propensa a riscos e depende da ampla comparação de fornecedores usando um conjunto comum de critérios, além dos tradicionais: preço, qualidade e prazo de entrega. A frequente mudança nos fornecedores não é viável no atual mercado globalizado e competitivo, portanto isso deve ser feito com grande precisão. A pouca existência de literatura referente ao tema aplicado pelo setor de fabricação de televisores e áudio, motivaram a importância do estudo sobre a Seleção de Fornecedores de Peças usando *Fuzzy* AHP no setor de Produção de Áudio e Televisão.

Esta dissertação teve como objetivo desenvolver um modelo que auxilie a tomada de decisão da seleção de fornecedores de peças, por meio do Processo de Análise Hierárquica *Fuzzy* (FAHP).

Pelos resultados e discussões deste trabalho, concluiu-se que o modelo apresentado para a seleção de fornecedores de peças utilizando *Fuzzy* AHP é confiável e de simples execução. No entanto, ele depende da expertise e dos conhecimentos técnicos dos participantes sobre o assunto em questão.

Os parâmetros para a seleção das variáveis de decisão do processo de seleção de fornecedor foram descritos satisfatoriamente, identificando os critérios finais para a tomada de decisão após a reunião de *Brainstorming* realizada com o time de especialistas.

A elaboração da estrutura de critérios para tomada de decisão, hierarquizando-os em categorias, foi atendida de forma satisfatória, também após a reunião de *Brainstorming* realizada com o time de especialistas.

Um método de priorização de critérios de tomada de decisão para demonstração do peso de cada foi proposto com êxito, aplicando-se o modelo FAHP.

Desenvolveu-se com êxito, a ferramenta para a implementação do modelo FAHP. Ela possui uma simples execução, apresentando-se resultados de forma automática.

Durante o trabalho, verificou-se a necessidade da validação da ferramenta, então, fez-se o teste através da aplicação da ferramenta desenvolvida em um artigo já publicado, onde se confirmou de forma satisfatória.

Apesar de algumas necessidades de ajustes, cabe destacar que a hierarquização obtida fato, representa a realidade da empresa estudada. Isso porque os riscos de não abastecimento de seu processo produtivo podem ocasionar perdas de negócios por falta de atendimento dos produtos aos seus clientes. O método FAHP mostrou-se assim eficiente na hierarquização dos riscos do estudo realizado, podendo auxiliar a empresa estudada na gestão de *Supply Chain* para no processo de seleção de fornecedores.

## 5.2 - SUGESTÕES

Este estudo é aplicado pela empresa estudada apenas para fornecedores que estão ativos, ou pelo menos, possuem um histórico de fornecimento de peças em seu banco de dados, não sendo aplicado para situações de participação de novos fornecedores no processo de seleção.

A empresa estudada possui um processo de qualificação de fornecedores, onde minimiza este impacto, gerando um histórico de alguns critérios de decisão, contudo, sete critérios de decisão, há necessidade de histórico de fornecimento, para que se realize uma avaliação de desempenho. Os critérios são: Histórico de parada de linha de produção (S1), Desempenho de entrega dentro do prazo (S2), Avaliação de serviço (S3), Flexibilidade para alteração de pedido (S4), Avaliação de desenvolvimento (S6), Capabilidade para redução de custo (S9) e Histórico de reajuste de preço (S18).

Devido a este contexto, sugere-se para trabalhos futuros, um modelo que atenda a participação de um novo fornecedor no processo de seleção.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGAN, A. **A resource-based approach to supply chain integration.** Pro Quest Dissertations and Theses, v.0454, n.1194, pp.127, 2005.

BALAKRISHNAN, S., & KOZA, M. P. **Information Asymmetry, Adverse Selection and Joint Ventures.** Journal of Economic Behavior and Organization, 20, 99-117, 1993.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial.** 5. ed. Porto Alegre: Boockman, 2007.

BHATTACHARYA, A.; GERAGHTY, J.; YOUNG, P. **Supplier selection paradigm: an integrated hierarchical QFD methodology under multiple-criteria environment.** Applied Soft Computing Journal, v. 10, n. 4, pp. 1013–1027, 2010.

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

BRAGA, A. **Evolução estratégica do processo de compras ou suprimentos de bens e serviços nas empresas.** Instituto Coppead, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

BRAGA, M. J. E.; BARRETO, J. M.; SOARES, M. A. **Conceitos da matemática nebulosa na análise de risco.** Rio de Janeiro: Artes & Rabiskus. 1995.

CARR, A. S., PEARSON, J.N.,–**Strategically Managed Buyer-Supplier Relationships and Performance Outcomes.** Journal of Operations Management 17(5), 497-519. 1999.

CHAN, H. K.; WANG, X. **Fuzzy hierarchical model for risk assessment: principles, concepts, and practical applications.** 169 p. Springer-Verlag. London, 2013.

CHANG, D.Y. **Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP,** European Journal of Operational Research, 95, 649-655, 1996.

CHOPRA, S. MEINDL, P. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos. Estratégia, Planejamento e Operação.** São Paulo: Prentice Hall, 2003.

CHOY, K. L., LEE, W. B., & LO, V. **Design of an intelligent supplier relationship management system: A hybrid case based neural network approach.** *Expert Systems with Applications*, 24, 225–237, 2003.

CHRISTOPHER, M. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégias para redução de custos e melhoria dos serviços.** São Paulo: Pioneira, 2002.

CHRISTOPHER, M. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: criando redes que agregam valor.** Thomson Learning, 308p. 2007.

COOPER, M. C.; ELLRAM, L. M. Characteristics of supply chain management and the implications for purchasing c:md logistics strategy. **International Journal of Logistics Management.** v. 4, n. 2, pp. 13-24. 1993.

COSTA, H. G. **Auxílio multicritério à decisão: Método AHP.** Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO), Rio de Janeiro, Brasil, 2006

COYLE, G., The Analytic Hierarchy Process, In: **Practical Strategy: Structured Tools and Techniques**, Glasgow: Pearson, 2004.

CRAVENS, K., PIERCY, N., & CRAVENS, D. **Assessing the performance of strategic alliances: Matching metrics to strategies.** *European Management Journal*, 18(5), 529–541, 2000.

DACIN, M. T., & HITT, M. A. **Selecting partners for successful international alliances: Examination of US and Korean firms.** *Journal of World Business*, 32(1), 3–16, 1997.

DRAKE, P. R.; LEE, D. M.; HUSSAIN, M. The lean and agile purchasing portfolio model. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 18, n. 1, 2013.

DYER, J.F., OUCHI, W.G. **Japanese style partnership: giving companies a competitive advantage.** *Sloan Management Review* 35 (1), 51–63.1993.

DYER, J.H. **How Chrysler created an American Keiretsu.** *Harvard Business Review* 74 (4), 42–56.1996.

FAWCETT, S. E. *et al.* Information sharing and supply chain performance: the role of connectivity and willingness. **Supply Chain Management**, v.12, n.5, p.358. 2007.

FAWCETT, S. E. MAGNAM, G. M. The rhetoric and reality off supply chain integration. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v.32, n.5, p.339. 2002.

GERINGER, J. M. **Joint venture partner selection: Strategies for develop countries**. Westport: Quorum Books, 1993.

GHODSYPOUR, S. H., & O'BRIEN, C. **A decision support system for supplier selection using an integrated analytic hierarchy process and linear programming**. International Journal of Production Economics, 199–212, 1998.

GHODSYPOUR, S. H., & O'BRIEN, C. **Fuzzy multiobjective linear model for supplier selection in a supply chain**. International Journal of Production Economics, 394-407, 2006.

GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S. **Tomada de decisão gerencial – enfoque multicritério**. 5.ed. São Paulo: Editora Atlas S.A, 2014.

GONZÁLEZ, M.E. *et al.* Determining the importance of supplier selection process in manufacturing: a case study. **International Journal of Physical Distribution & logistics Management**, v. 34, p. 492-504. 2004.

GULATI, R. **Does familiarity breed trust? The implications of repeated ties for contractual choice in alliances**. The Academy of Management Journal, 38(1): 85-112, 1995.

GULATI, R. **Alliances and networks**. Strategic Management Journal, 19(4): 293-317, 1998.

GUNIPERO, L.C. **Motivating and monitoring JIT supplier performance**. Journal of Purchasing and Materials Management 26(3), 19–24.1990.

HARLAND, C.M. **Supply chain management: relationships chains and networks**. British Journal of Management 7 (1), S63–S80.1996.

HINES, T. **Supply chain strategies: Customer driven and customer focused**. Oxford: Elsevier, 2004.

HONG, G. H. *et al.* **An effective supplier selection method for constructing a competitive supply relation ship**. Expert Systems with Applications, 28, 629–639, 2005.

HWANG, I.; RADHAKRISHNAN, S.; SU, L. **Vendor Certification and Appraisal: Implications for Supplier Quality.** *Management Science*. v.52, pp. 1472-1482. 2006.

KABIN, G, HASIN, M.A.A, **Comparative Analysis of AHP and Fuzzy AHP Models for Multicriteria Inventory Classification.** *International Journal of Fuzzy Logic Systems*. v.1, n. 1, pp. 1-162011.

KASLINGAM, R., LEE, C. **Selection of vendors – a mixed integer programming approach.** *Computers and Industrial Engineering*, v. 31, pp. 347–350, 1996.

KAUFMANN, A. **Introduction to theory of fuzzy subsets: fundamental theoretical elements.** New York: Academic Press,1975.

KIM, S. W. The effect of supply chain integration on the alignment between corporate competitive capability and supply chain operational capability .**International Journal of Operations & Production Management**, v.26, n.10, pp.1084-1107. 2006.

KRAUSE, D.R., HANDFIELD, R.B., SCANNELL, T.V. **An empirical investigation of supplier development: reactive and strategic processes.** *Journal of Operations Management*, v. 17, n. 1, pp. 39–58, 1998.

KRAUSE, D. R., SCANNELL, T.V., CALANTONE, R.J. **A Structural Analysis of the Effectiveness of Buying Firm’s Strategies to Improve Supplier Performance.** *Decision Sciences* 31 (1), 33-55. 2000.

LEE, S. **Determination of Priority Weights under Multiattribute Decision-Making Situations: AHP versus Fuzzy AHP.** *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 141(2): 05014015. 2015.

LEWIS, J. D. **Partnership for profit-structuring and management strategic alliance.** New York: The Free Press, 1990.

LI, F. *et al.* **Improved AHP Method and Its Application in Risk Identification.** *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 139(3), p. 312320. 2013-a.

LIN, C.-W. R., CHEN, H.-Y. S. **A fuzzy strategic alliance selection framework for supply chain partnering under limited evaluation resources.** *Computers in Industry*, 55, 159–179, 2004.

LINHARES, C. G, GUSSEN, C. T. G, RIBAS, J. R., **O Método Fuzzy AHP Aplicado à Análise de Riscos de Usina Hidrelétricas em Fase de Construção**, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012.

LIU, F.-H. F., HAI, H. L. **The voting analytic hierarchy process method for selecting supplier**. *International Journal of Production Economics*, 97, 308–317, 2005.

LÓPEZ, R. F., **Strategic supplier selection in the added-value perspective: A CI approach**, *Information Sciences*, v. 177, n. 5, pp. 1169–1179, 2007.

LORANGE, P., ROOS, J. **Strategic alliances: Formation, implementation, and evolution**. Cambridge: Blackwell Business, 1993.

LORANGE, P., ROOS, J., & BRONN, P. S. **Building successful strategic alliances**. *Long Range Planning*, 25(6), 10–18, 1992.

MASELLA, C; RANGONE, A contingent approach to the design of vendor selection systems for different types of co-operative customer/supplier relationships, **International Journal of Operations & Production Management**, v. 20, n. 1, pp. 70-84, 2000.

MCCUTCHEON, D., STUART, F. I. **Issues in the choice of supplier alliance partners**. *Journal of Operations Management*, 18, 279–301, 2000.

MCLAREN, T., *et al.* Supply chain collaboration alternatives: Understanding the expected cost and benefits. **Internet Research**, v. 12, n. 4, pp. 348-364, 2002.

MELLO, A. F. P. **Monitoramento e avaliação da regulamentação sobre recolhimento de alimentos no Brasil: proposição de indicadores e métricas**. 185p. Rio de Janeiro, 2015. Dissertação Pós Graduação Metrologia para Qualidade e Inovação, Pontifícia Universidade Católica – Rio de Janeiro.

MELNYK, S.A. *et al.* “**Outcome-driven supply chains**”, *Sloan Management Review*, Vol. 51 No. 2, pp. 33-38. 2000.

MILLER, G.A., **The magical number seven plus or minus two: some limitations on our capacity for processing information**. *Psychol. Rev*, 63, 81–97, 1956.

MONCZKA, R.M., Trent, R.J., Callahan, T.J. **Supply base strategies to maximize supplier performance.** International Journal of Physical Distribution and Logistics Management 23 (4), 42–54.1993.

MORAES, A. Gestão de Compras. **Apostila do Curso de Administração Industrial. CEFDET.** Rio de Janeiro, 2005.

MURALIDHARAN, C., ANANTHARAMAN, N., & DESHMUKH, S. G. **A multi-criteria group decisionmaking model for supplier rating.** Journal of Supply Chain Management, 38(4), 22–33, 2002.

NABAVI, M. Integrating information resources in supply chain: A simulation analysis of delivery performance and resource utilization. **ProQuest Dissertations and Theses,** v.0454, n.0138, p.276p. 2006.

NARASIMAHN, R.**An analytical approach to supplier selection.** Journal of Purchasing and Materials Management, 19(4), 27–32, 1983.

NDUBISI, N. O., JANTAM, M., HING, L. C., AYUB, M. S. Supplier Selection and Management Strategies and Manufacturing Flexibility. **The Journal of Enterprise Information Management,** v.18, p.330-349. 2005.

NYDICK, R. L., & HILL, R. P. **Using the analytic hierarchy process to structure the supplier selection procedure.** Journal of Purchasing and Materials Management, 25(2), 31–36, 1992.

OSBORN, A.F. **Applied imagination: Principles and procedures of creative problem solving.** 3. ed. New York: Charles Scribner's Sons, 1963.

PARTOVI, F. Y., BURTON, J., & BANERJEE, A. **Application of analytic hierarchy process in operations management.** International Journal of Operations and Production Management, 10(3), 5–19, 1989.

PIRES, S. R. **Gestão da cadeia de suprimentos (Supply Chain Management): Conceitos, estratégias, práticas e casos.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2004.

POWER, D. **Supply chain management integration and implementation: a literature review.** Supply Chain Management. V.10, n.3/4, p.253-263. 2005.

RAFELE, C. Logistic service measurement: a reference framework. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v.15, n.3, p.280-290, 2004.

SAATY, R. W. (2003). **Decision making in complex environment: The analytic hierarchy process (AHP) for decision making and the analytic network process (ANP) for decision making with dependence and feedback**. Pittsburgh: Super Decisions, 2003.

SAATY, T. L. **Scaling method for priorities in hierarchical structures**. Journal of Mathematical Psychology, v.15, p.234-281, 1977.

SAATY, T. L. **The Analytic Hierarchy Process**. New York: McGraw-Hill, 1980.

SAATY, T. L. **Physics as a decision theory**. European Journal of Operational Research, v. 48, p.98-104, 1990.

SAATY, T. L. **Método de análise hierárquica**. São Paulo: Mc-Graw-Hill, Makron, 1991.

SAATY, T. L. **Decision making for leaders**. Pittsburg: RWS Publications, 2000.

SAATY, T.L. **Decision making with the analytic hierarchy process**, Int. J. Services Sciences, v.1, n. 1, pp.83–98, 2008.

SAATY, T. L., SHANG, J. S. **Group decision-making: Head-count versus intensity of preference**. Socio-Economic Planning Sciences, 41, 22–37, 2007.

SAATY, T.L., VARGAS, L.G. **Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process**. 2.ed. New York: Springer, 2012

SAXENA, V.; JAIN, M.; SINGH, P., SAXENA, P.K., **Fuzzy Delphi Hierarchy Process and its Application to Improve Indian Telemedical Services**. Acesso em 16/01/2012, disponível em <  
[http://www.knu.edu.tw/lecture/%E8%AA%B2%E7%A8%8B%E8%B3%87%E6%96%99/ANP/Proceedings/Final\\_Papers/77\\_Saxena\\_FuzzyDelphiHierarchyProcessIndianTelemedicine\\_REV\\_FIN.pdf](http://www.knu.edu.tw/lecture/%E8%AA%B2%E7%A8%8B%E8%B3%87%E6%96%99/ANP/Proceedings/Final_Papers/77_Saxena_FuzzyDelphiHierarchyProcessIndianTelemedicine_REV_FIN.pdf)>, 2010.

SIMCHI-LEVI, D., Kaminsky, P. and Simchi-Levi, E. **Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies, and Case Studies**, Irwin/McGraw-Hill, Boston,MA. 2008.

SLACK, N. *et al.* **Gerenciamento de Operações e de Processos: Princípios e Práticas de Impacto Estratégico**. Porto Alegre: Bookman, 552 p. 2008.

STADLER, H.; KILGER. **Supply chain management and advanced planning: concepts, models, software and case studies**. New York: Springer, 2005.

SUDRAJAT, I. Supply chain integration practices in the U.S. electronics industry. **ProQuest Dissertations and Theses**. V.0546, n.0180, p.n/a. 2007.

TAM, M. C. Y., TUMMALA, V. M. R. **An application of the AHP in vendor selection of a telecommunications system**. Omega: The International Journal of Management Science, 29, 171–182, 2001.

TANG, Y. ,BEYNON, M. **Application and Development of a Fuzzy Analytic Hierarchy Process within a Capital Investment**. Study, *Journal of Economics and Management*, v.1, n.2, 207-230, 2005.

TEZUKA, H. **Success as a source of failure? Competition and cooperation in the Japanese economy**. Sloan Management Review38 (2), 83–93.1997.

THOMAS, D. J.; GRIFFIN, P. M. **Coordinated Supply Chain Management**. European Journal of Operation Research, n. 94, pp. 1-15, 1996.

TODEVA, E., KNOKE, D. **Strategic alliances and models of collaboration**. Management Decision, 43(1), 123–148, 2005.

TRKMAN, P., *et al.* Process approach to supply chain integration. **Supply Chain Management**, v. 12, n. 2, pp. 116. 2007.

TUBINO, D. F. **Manual de Planejamento e Controle da Produção**, 2ª. Edição. São Paulo: Atlas, 2000.

VANHAVERBEKE, W., DUYSTERS, G., & NOORDERHAVEN, N. **External technology sourcing through alliances or acquisitions: An analysis of the application-specific integrated circuits industry**. Organization Science, 13(6): 714-733, 2002.

VIANA, J. C., & ALENCAR, L. H. **Metodologias para Seleção de Fornecedores: uma revisão da literatura.** *Produção*, pp. 625-636. set./dez. 2012.

WANG, P. P.; CHANG, S. K. **Fuzzy sets, theory applications to policy analysis and information system.** New York: Plenum Press, 1980.

WEBER, C. A., CURRENT, J. R. **A multi-objective approach to vendor selection.** *European Journal of Operational Research*, 68(2), 173–184, 1993.

WEBER, C. A., CURRENT, J. R., DESAI, A. (1998). **Non-cooperative negotiation strategies for vendor selection.** *European Journal of Operational Research*, 108, 208–223, 1998.

WEBER, C. A., & DESAI, A. **Determination of path to vendor market efficiency using parallel coordinates representation: A negotiation tool for buyers.** *European Journal of Operational Research*, 90, 142–155, 1996.

YAGER, R. R. Fuzzy Decision Making Including Unequal Objectives. **Fuzzy Sets and Systems**, v. 1, p. 87-95, 1977.

YIN, R. K. Estudo de Caso: **Planejamento e Métodos.** 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

ZADEH, L. A. **Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision process.** *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, SMC-3, n. 1, pp. 28 - 44, 1973.

ZAILANI, S.; RAJAGOPAL. P. Supply chain integration and performance: US versus East Asian companies. **Supply Chain Management**, v. 10, n. 5, pp. 379-393, 2005.

## APÊNDICE A

### **BRAINSTORMING COM ESPECIALISTAS**

Tabela A. 1 - Perfil individual do participante.

<b>Setor que atua</b>						
<b>Cargo</b>						
<b>Experiência profissional (anos)</b>	Desenvolvimento Fornecedor		Engenharia de Produto		Qualidade	

**Tema da dissertação** Seleção de Fornecedores usando *Fuzzy* AHP no Setor Produção de Áudio e TV.

**Objetivos do *brainstorming*** Definição da lista final dos critérios de tomada de decisão;

Desenvolvimento dos níveis de hierarquia que servirá de entrada para a análise dos critérios de tomada de decisão.

### REFLEXÕES PARA A SEÇÃO *BRAINSTORMING*

A condição de contorno refere-se ao número máximo de elementos que uma pessoa pode comparar, com discernimento, ao mesmo tempo. Isto se deve à descoberta experimental do psicólogo MILLER (1956), na qual ele sugere que as pessoas conseguem lidar apenas com poucos fatores simultaneamente. Desta forma, a quantidade máxima de elementos, em cada nível, deve ser igual a  $7 \pm 2$  no FAHP, segundo o “número mágico” de Mille SAATY (1990) e LEE (2015). LI *et al.* (2013) corroboram com este número ao constatarem, por meio de simulações, que se torna mais difícil de obterem-se matrizes de avaliação consistentes para um número de elementos superior a cinco.

## APÊNDICE B

### APRESENTAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

#### 1. Contextualização e objetivos

O objetivo desta dissertação é a tomada de decisão para seleção de fornecedores através da técnica *fuzzy AHP*, técnica esta escolhida, por ser bastante adotada em pesquisas acadêmicas.

Esta técnica é baseada em lógica *fuzzy*, o que permite que as avaliações dos fornecedores sejam feitas utilizando julgamentos linguísticos (Exemplo: “Bom”, “Ruim”, “Ótimo”) que será utilizada em conjunto ao modelo já utilizado na avaliação de fornecedores desta conceituada empresa. Desta forma, a avaliação da relevância dos critérios para a tomada de decisão para a seleção de fornecedores deve ser utilizando somente a percepção e experiência do entrevistado, e por isso não requer dados históricos de compras. Já a etapa de avaliação de desempenho dos fornecedores, serão considerados o histórico existente para os critérios já trabalhados atualmente. Já os novos critérios definidos na reunião de *brainstorming*, deverão ser julgados por vossas senhorias.

O entrevistado deve avaliar a importância de cada um dos critérios de seleção usados, bem como os critérios de avaliação de desempenho, onde deverá ser usado a base de dados já existente em vossa empresa.

#### 2. Avaliação de fornecedores no *Fuzzy AHP*

No *Fuzzy AHP*, são necessárias avaliações da importância dos critérios de seleção e do desempenho dos mesmos fornecedores. As avaliações devem ser feitas de forma comparativa. Para isso, nas matrizes de comparação a seguir, deve-se comparar a alternativa de cada linha com as demais alternativas (mostradas nas colunas).

– **Avaliação dos critérios de seleção**

Na avaliação dos pesos dos critérios, deve-se avaliar o quanto cada critério é mais importante que os demais. Para isso, os valores linguísticos abaixo devem ser utilizados para preencher a tabela de avaliação dos pesos dos critérios.

Tabela B.1 - Conjunto de termos linguísticos com escala comparativa para avaliar a importância dos critérios de decisão.

Sigla	Valores linguísticos	Valor <i>Fuzzy</i>	Valor <i>Fuzzy</i> Inverso
<b>I</b>	Importância Igual	(1,1,3)	(1/3,1,1)
<b>MO</b>	Importância Moderada	(1,3,5)	(1/5,1/3,1)
<b>F</b>	Importância Forte	(3,5,7)	(1/7,1/5,1/3)
<b>MF</b>	Importância Muito Forte	(5,7,9)	(1/9,1/7,1/5)
<b>A</b>	Importância Absoluta	(7,9,9)	(1/9,1/9,1/7)

Tabela B.2 - Avaliação dos pesos dos critérios de decisão.

Critérios de decisão	Risco (C4)	Custo (C2)	Serviço e entrega (C1)	Qualidade (C5)	Capabilidade e facilidade (C3)
<b>Risco (C4)</b>					
<b>Custo (C2)</b>					
<b>Serviço e entrega (C1)</b>					
<b>Qualidade (C5)</b>					
<b>Capabilidade e facilidade (C3)</b>					

– **Avaliação dos subcritérios de seleção**

Na avaliação dos pesos dos subcritérios, deve-se avaliar o quanto cada subcritérios é mais importante que os demais. Para isso, os valores linguísticos abaixo devem ser utilizados para preencher a tabela de avaliação dos pesos dos subcritérios:

Tabela B.3 - Avaliação do peso dos subcritérios de Serviços e entrega (C1).

<b>Subcritérios de decisão Serviços e entrega (C1)</b>	<b>Histórico de parada de linha de produção (S1)</b>	<b>Desempenho de entrega dentro do prazo (S2)</b>	<b>Avaliação de serviço (S3)</b>	<b>Flexibilidade para alteração de pedido (S4)</b>
<b>Histórico de parada de linha de produção (S1)</b>				
<b>Desempenho de entrega dentro do prazo (S2)</b>				
<b>Avaliação de serviço (S3)</b>				
<b>Flexibilidade para alteração de pedido (S4)</b>				

Tabela B.4 - Avaliação dos pesos dos subcritérios de Capacidade e facilidade (C3).

Subcritérios de decisão Capabilidade e Facilidade (C2)	Avaliação de desenvolvimento (S6)	Prazo de entrega pedido (S7)	Condições de pagamento e taxa de juros (S8)	Capabilidade para redução de custo (S9)	Estrutura da empresa (S10)	Certificação de Qualidade e Ambiental (S11)	Organização e controle de processo de produção (S12)	Capabilidade técnica (S13)	Cotação planilha aberta (S14)
Avaliação de desenvolvimento (S6)									
Prazo de entrega pedido (S7)									
Condições de pagamento e taxa de juros (S8)									
Capabilidade para redução de custo (S9)									
Estrutura da empresa (S10)									
Certificação de Qualidade e Ambiental (S11)									
Organização e controle de processo de produção (S12)									
Capabilidade técnica (S13)									
Cotação planilha aberta (S14)									

Tabela B.5 - Avaliação dos pesos dos subcritérios de Risco (C4).

Subcritérios de decisão Risco (C4)	Risco financeiro (S15)	Limite de capacidade de produção (S16)	Histórico de péssimo desempenho e reputação (S17)	Histórico de reajuste de preço (S18)	Dificuldade de aquisição de matéria-prima (S19)	Distância geográfica (S20)
Risco financeiro (S15)						
Limite de capacidade de produção (S16)						
Histórico de péssimo desempenho e reputação (S17)						
Histórico de reajuste de preço (S18)						
Dificuldade de aquisição de matéria-prima (S19)						
Distância geográfica (S20)						

– **Avaliação do desempenho dos fornecedores**

Na avaliação do desempenho dos fornecedores iremos utilizar o modelo de avaliação de fornecedores através de indicadores de desempenho, já utilizado com sucesso na empresa estudada, em conjunto o modelo AHP desenvolvido por SAATY (1980). O fornecedor é **avaliado através de notas de acordo com o seu desempenho** em um dado critério. Para isso, os valores linguísticos abaixo devem ser utilizados para os critérios qualitativos:

Tabela B.6 - Valores linguísticos para os critérios qualitativos.

<b>Sigla</b>	<b>Valores linguísticos</b>	<b>Valor</b>
<b>P</b>	<b>Péssimo</b>	1
<b>RU</b>	<b>Ruim</b>	2
<b>RE</b>	<b>Regular</b>	3
<b>B</b>	<b>Bom</b>	4
<b>O</b>	<b>Ótimo</b>	5

Para avaliar os fornecedores, o entrevistado deve preencher a tabela abaixo, atribuindo um único valor de desempenho para o fornecedor em cada critério:

Tabela B.7 - Avaliação de Desempenho do Fornecedor 1.

<b>Desempenho do Fornecedor 1</b>	
<b>Histórico de parada de linha de produção</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Desempenho de entrega dentro do prazo</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Avaliação de serviço</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Flexibilidade para alteração de pedido</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Avaliação de desenvolvimento</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Condições de pagamento e taxa de juros</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Capabilidade para redução de custo</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Estrutura da empresa</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Certificação de Qualidade e Ambiental</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Organização e controle de processo de produção</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O

<b>Capabilidade técnica</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Cotação planilha aberta</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Risco financeiro</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Limite de capacidade de produção</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Histórico de péssimo desempenho e reputação</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Histórico de reajuste de preço</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Dificuldade de aquisição de matéria-prima</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Distância geográfica</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Avaliação de qualidade</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O

Tabela B.8 - Avaliação de Desempenho do Fornecedor 2.

<b>Desempenho do Fornecedor 2</b>	
<b>Histórico de parada de linha de produção</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Desempenho de entrega dentro do prazo</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Avaliação de serviço</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Flexibilidade para alteração de pedido</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Avaliação de desenvolvimento</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Condições de pagamento e taxa de juros</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Capabilidade para redução de custo</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Estrutura da empresa</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Certificação de Qualidade e Ambiental</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Organização e controle de processo de produção</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Capabilidade técnica</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Cotação planilha aberta</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Risco financeiro</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Limite de capacidade de produção</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Histórico de péssimo desempenho e reputação</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Histórico de reajuste de preço</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Dificuldade de aquisição de matéria-prima</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Distância geográfica</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Avaliação de qualidade</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O

Tabela B.9 - Avaliação de Desempenho do Fornecedor 3.

<b>Desempenho do Fornecedor 3</b>	
<b>Histórico de parada de linha de produção</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Desempenho de entrega dentro do prazo</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Avaliação de serviço</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Flexibilidade para alteração de pedido</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Avaliação de desenvolvimento</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Condições de pagamento e taxa de juros</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Capabilidade para redução de custo</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Estrutura da empresa</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Certificação de Qualidade e Ambiental</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Organização e controle de processo de produção</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Capabilidade técnica</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Cotação planilha aberta</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Risco financeiro</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Limite de capacidade de produção</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Histórico de péssimo desempenho e reputação</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Histórico de reajuste de preço</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Dificuldade de aquisição de matéria-prima</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Distância geográfica</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O
<b>Avaliação de qualidade</b>	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> RU <input type="checkbox"/> RE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> O