**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

ANDRÉ FELIPE CORRÊA CERVI

Fazer ou Comprar: proposta de uma estrutura para o processo decisório e aplicação de métodos de decisão multicritério

**SÃO CARLOS
2017**

ANDRÉ FELIPE CORRÊA CERVI

Fazer ou Comprar: proposta de uma estrutura para o processo decisório e aplicação de métodos de decisão multicritério

Tese apresentada a Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo como exigência parcial para a obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Processos e Gestão de Operações.

Orientador: Prof. Titular Luiz Cesar Ribeiro Carpinetti

**SÃO CARLOS
2017**

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Cervi, André Felipe Corrêa

C419f Fazer ou Comprar: proposta de uma estrutura para o processo decisório e aplicação de métodos de decisão multicritério / André Felipe Corrêa Cervi; orientador Luiz Cesar Ribeiro Carpinetti. São Carlos, 2017.

Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Área de Concentração em Processos e Gestão de Operações -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2017.

1. Fazer ou comprar. 2. Tomada de decisão multicritério. 3. Categorização. 4. Ordenação. 5. Sobreclassificação. 6. Fuzzy. 7. Fuzzy 2-Tuple. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Engenheiro **ANDRÉ FELIPE CORRÊA CERVI**.

Título da tese: "Fazer ou Comprar: proposta de uma estrutura para o processo decisório e aplicação de métodos de decisão multicritério".

Data da defesa: 07.04.2017.

Comissão Julgadora:

Resultado:

Prof. Titular **Luiz Cesar Ribeiro Carpinetti**
(Orientador)
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

APROVADO

Prof. Dr. **Marcel Andreotti Musetti**
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

APROVADO

Prof. Dr. **Lauro Osiro**
(Universidade Federal do Triângulo Mineiro/UFTM)

APROVADO

Prof. Dr. **Roberto Antonio Martins**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

APROVADO

Prof. Dr. **Francisco Rodrigues Lima Júnior**
(Centro Universitário da Fundação Educacional de Guaxupé/UNIFEG)

APROVADO

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Produção:

Prof. Associado **Aldo Roberto Ometto**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:
Prof. Associado **Luís Fernando Costa Alberto**

A Deus e à minha família.

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original”.

Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador de doutorado, Prof. Titular Luiz C. R. Carpinetti pela orientação, trabalhos conjuntos e ensinamentos durante a condução desse trabalho e nas demais atividades (Estágio PAE, publicação de artigos, entre outros).

À minha mãe Edna Corrêa Cervi, ao meu pai Jorge Antônio Cervi (em memória) e à minha irmã Ana Cristina Corrêa Cervi pelo auxílio tanto financeiro quanto emocional em todos os momentos que me guiaram até a finalização deste trabalho.

À minha família pelo suporte e companhia em todos os momentos, em especial aos meus tios (Dirceu e Adivaldo), minhas tias (Eunice e Márcia) e meus avós (Aurora e Hélio).

Ao meu orientador iniciação científica e de mestrado, Prof. Livre Docente Otávio José de Oliveira pelos ensinamentos e trabalhos que deram suporte no início da minha carreira acadêmica.

À CAPES por financiar a minha pesquisa.

Ao meu amigo Francisco Rodrigues Lima Junior pelos muitos ensinamentos sobre um campo de estudo novo para mim, discussões e trabalhos conjuntos, contribuindo com meu crescimento profissional e pessoal.

À minha amiga e parceira de estudos Nadya Regina Galo pelos estudos conjuntos, ensinamentos, discussões e pelo companheirismo.

Aos meus amigos do grupo de pesquisa Carolina Belotti e Lucas Calache pela parceria nos trabalhos, companheirismo e momentos de descontração.

À engenheira Euriane Cristina Ferreira pela amizade, companheirismo e auxílio durante a pesquisa.

À Henrique Carreão pela amizade e auxílio durante a pesquisa.

À Shandell Grekul pela amizade e auxílio durante a pesquisa.

Aos professores Lauro Osiro e Roberto Antônio Martins pelas valiosas contribuições durante a banca de qualificação.

À Camila Fabricio Poltronieri pela amizade e auxílio nos momentos difíceis.

Aos meus amigos do departamento Catarina Caretta, Lie Yamanaka, Ana Bertassini, Ana Carvalho, Ana Laura Pavan, Renata Nobre, Yovana Barrera, Diego Iritani, Diogo Aparecido, Fabio Puglieri, Fabiana Scatolin, Sânia Fernandes, José Augusto Oliveira, Gabriela Mendonça, Nádia Martarelli, Tatiana Kimura e Thales de Souza pela amizade, companheirismo e momentos de descontração.

À Alaíde Espinhel de Jesus e à Kátia Regina Nain Saliba pela atenção para que eu pudesse superar momentos difíceis em minha vida.

Aos professores Aldo Ometto, Kleber Esposto, Mateus Gerolamo, Marcel Musetti, Fabio Guerrini, Deisy Rebelatto, Edson Cazarini e Henrique Rozenfeld pelos ensinamentos nas disciplinas e nas conversas informais.

À Jessyca Duarte pela disposição em ajudar em todos os momentos do doutorado.

À Sueli Ferreira pela amizade e companheirismo.

A todos os funcionários do departamento de engenharia de produção e aos demais servidores da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo que contribuíram com a realização deste trabalho.

Aos meus amigos pelo companheirismo e por todo apoio, em especial Aline Sambugaro, Danielle Victoratti, Mary Gabriela Santos, Marilia Sartori, Cristina Loures, Bruno Garcia, Giovanna Concuruto, Bruno Bertini, Bruno Giacomini, Ivan Moroz, Alice Martins, Marcinha Braga, Ricardo Ranzani, Carla Cassiano, Guilherme Dorini, Leandro Arakelian, Luís Fernando Lion, Paulini Orlandi, Renato e Erica Ranzani, Luís Fernando Sibar, Vinícius Canuto, Denis Miranda, Karen Oseki, Diogo Basseto, Andressa Estadella, Rafael Simon, Renata Lacerda, Danielle Oliveira e Adriana Barreto.

RESUMO

CERVI, A. F. C. **Fazer ou Comprar:** proposta de uma estrutura para o processo decisório e aplicação de métodos de decisão multicritério. 2017. 164f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.

A escolha por fazer ou por comprar é um problema clássico enfrentado pelas empresas. Essa decisão diz respeito à opção de fazer internamente, optar por uma gestão híbrida (interna e externa ao mesmo tempo) ou terceirizar uma atividade. Por envolver diversos critérios, muitos responsáveis por ela utilizam métodos de decisão multicritério para que se obtenha melhores resultados. O objetivo deste trabalho consiste em desenvolver uma estrutura para a tomada de decisão de fazer ou comprar e utilizar métodos de decisão multicritério para conferir maior confiabilidade à essa decisão. Para isso, os objetivos específicos são: (1) realizar uma pesquisa bibliográfica sobre o tema (decisão de fazer ou comprar auxiliada por métodos de decisão multicritério), (2) propor um processo estruturado de decisão para o problema de fazer ou comprar, (3) propor métodos adequados aos propósitos de categorização ou ordenação nas diferentes etapas do processo, incluindo métodos que contemplem a possibilidade de decisão em grupo e (4) realizar um estudo comparativo de métodos de decisão multicritério para a decisão sobre Fazer ou Comprar. Os objetivos desse trabalho foram plenamente alcançados trazendo contribuições como: uma revisão bibliográfica sistemática sobre métodos de decisão multicritério para o problema de fazer ou comprar; uma estrutura de decisão para dar suporte à decisão de fazer ou comprar; a aplicação de métodos ainda não utilizados para o problema de fazer ou comprar; aplicação de métodos que suportem a problemática da decisão em grupo e; a comparação entre dois métodos para o propósito de categorização e duas para o propósito de ordenação.

Palavras-chave: Fazer ou comprar; Tomada de decisão multicritério; Categorização; Ordenação; Sobreclassificação; Fuzzy; Fuzzy 2-Tuple.

ABSTRACT

CERVI, A. F. C. **Make or buy**: proposal of a framework and application of multicriteria decision methods. 2017. 164f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.

The make or buy decision is a classical decision problem in operations management and it is difficult to make because of its very nature (multiple criteria). To better contend with these challenges, many decision makers choose Multi-Criteria Decision Making (MCDM) techniques to support their decisions. The aim of this work is to develop a methodology to support the make or buy decision and the use of the multi-criteria decision methods in this context. The specific objectives are: (1) to conduct a literature research about multi-criteria decision making techniques to support the make or buy decision; (2) to propose a structured decision framework to the make or buy problem; (3) to propose appropriate methods for categorization or ordering at different stages of the process, including methods that support group decisions and; (4) to perform a comparative study of multi-criteria decision-making methods for the make or buy problem. The objectives of this work were fully achieved by bringing contributions such as: a systematic literature review on multi-criteria decision-making methods for the make or buy problem; A decision framework to support the make or buy decision; The application of methods that were not found in the systematic literature review for the problem of make or buy problem; Application of methods that support the group decision problem and; The comparison between two techniques for categorization purposes and two for ordering purposes.

Keywords: Make or buy; Multi-criteria decision making; Categorization; Ordering; Fuzzy; Fuzzy 2-Tuple; Outranking.

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Considerações a favor de fazer e a favor de comprar.....	36
Tabela 2 - Vantagens e desvantagens da integração vertical.....	37
Tabela 3 - Resultados da revisão nas bases de dados	40
Tabela 4 - Resumo das abordagens combinadas com métodos de decisão multicritério	46
Tabela 5 - Critérios utilizados para a avaliação da possibilidade de terceirização.....	48
Tabela 6 - Critérios utilizados na etapa de ordenação das fontes de fornecimento.....	49
Tabela 7 - Formato de matriz combinando alternativas e critérios	83
Tabela 8 - Formato de matriz combinando alternativas e fluxos de rede.....	86
Tabela 9 - Considerações para avaliar a possibilidade de terceirização.....	91
Tabela 10 - Avaliações dos critérios para a Etapa 2.....	99
Tabela 11 - Avaliações dos critérios para a Etapa 3.....	100
Tabela 12 - Avaliações dos critérios para a Etapa 4.....	100
Tabela 13 - Cálculo dos pesos dos RC para a Etapa 2	102
Tabela 14 – Valores linguísticos para a relação RCxCA para a Etapa 2.....	102
Tabela 15 - Cálculos dos pesos dos CA para a Etapa 2.....	103
Tabela 16 - Cálculo dos pesos dos RC para a Etapa 3	103
Tabela 17 – Valores linguísticos para a relação RCxCA para a Etapa 3.....	104
Tabela 18 - Cálculos dos pesos dos CA para a Etapa 3.....	104
Tabela 19 - Cálculo dos pesos dos RC para a Etapa 4	105
Tabela 20 - Valores linguísticos para a relação RCxCA para a Etapa 4	105
Tabela 21 - Cálculos dos pesos dos CA para a Etapa 4.....	106
Tabela 22 - Resultados dos cálculos dos pesos dos critérios.....	106
Tabela 23 - Valores de avaliação das alternativas para a Etapa 2	108
Tabela 24 - Parâmetros do FlowSort-GDSS para a Etapa 2.....	109
Tabela 25 - Resultados dos fluxos dos R's e de A para a Etapa 2	109
Tabela 26 - Valores de avaliação das alternativas para a Etapa 3	111
Tabela 27 - Parâmetros do FlowSort-GDSS para a Etapa 3.....	112
Tabela 28 - Resultados dos fluxos dos R's e de A para a Etapa 3	112
Tabela 29 - Alocação da alternativa na categoria para a Etapa 3	112

Tabela 30 - Valores de avaliação das alternativas para a Etapa 4	114
Tabela 31 - Valores dos julgamentos agregados, cálculo das soluções ideais e pesos dos critérios para a Etapa 4	115
Tabela 32 - Cálculo das distâncias e dos graus de similaridade, e ordenação final	115
Tabela 33 - Cálculo das fronteiras das categorias para o ELECTRE TRI	118
Tabela 34 - Parâmetros para executar o algoritmo do ELECTRE TRI	119
Tabela 35 - Índices de concordância individual para a Etapa 2	119
Tabela 36 - Índices de concordância globais para a Etapa 2	120
Tabela 37 - Índices de discordância individual para a Etapa 2	120
Tabela 38 - Índices de credibilidade para a Etapa 2	120
Tabela 39 - Análise dos resultados do ELECTRE TRI para a Etapa 2	121
Tabela 40 - Cálculo das fronteiras das categorias para a Etapa 3.....	122
Tabela 41 - Parâmetros do ELECTRE TRI para a Etapa 3	123
Tabela 42 - Índices de concordância individual para a Etapa 3	123
Tabela 43 - Índices de concordância globais para a Etapa 3	124
Tabela 44 - Índices de discordância individual para a Etapa 3	124
Tabela 45 - Índices de credibilidade para a Etapa 3	124
Tabela 46 - Análise dos resultados do ELECTRE TRI para a Etapa 3	125
Tabela 47 - Valores das avaliações das alternativas para o PROMETHEE-GDSS	126
Tabela 48 - Diferenças das avaliações dos critérios para o tomador de decisão 1	126
Tabela 49 - Diferenças das avaliações dos critérios para o tomador de decisão 2	127
Tabela 50 - Diferenças das avaliações dos critérios para o tomador de decisão 3	127
Tabela 51 - Funções de preferência para os critérios	127
Tabela 52 - Resultados das preferências para o tomador de decisão 1.....	128
Tabela 53 - Resultados das preferências para o tomador de decisão 2.....	128
Tabela 54 - Resultados das preferências para o tomador de decisão 3.....	129
Tabela 55 - Resultado dos cálculos dos fluxos positivos, negativos e de rede para os tomadores de decisão	129
Tabela 56 - Fluxos de rede resultantes das análises de cada tomador de decisão e pesos dos tomadores de decisão.....	130
Tabela 57 - Agregação dos fluxos e ordenação final.....	130
Tabela 58 - Análise comparativa entre os métodos de categorização	131
Tabela 59 - Comparação dos resultados dos métodos de categorização para a Etapa 2	137

Tabela 60 - Comparação dos resultados dos métodos de categorização para a Etapa 3	138
Tabela 61 - Análise comparativa entre os métodos de ordenação.....	139
Tabela 62 - Comparação dos resultados dos métodos de ordenação para a Etapa 4.....	145

Lista de Figuras

Figura 1 – Etapas da pesquisa.....	30
Figura 2 - Distribuição dos trabalhos por ano	41
Figura 3 - Distribuição dos trabalhos por abordagem	42
Figura 4 - Distribuição dos trabalhos por método utilizado	43
Figura 5 - Distribuição dos trabalhos por resultado da decisão.....	44
Figura 6 - Exemplo de variável linguística temperatura da água e seus termos linguísticos ...	55
Figura 7 - Exemplo de uma função de pertinência triangular	57
Figura 8 - Exemplo de uma função de pertinência trapezoidal	57
Figura 9 - Casa da qualidade	60
Figura 10 - Exemplo de representação linguística <i>2-Tuple</i>	64
Figura 11 - Passos para conversão de valores <i>crisp</i> em representação linguística <i>2-Tuple</i>	64
Figura 12 - Passos para conversão de valores em representação linguística <i>2-Tuple</i> para valores <i>crisp</i>	66
Figura 13 – Função Critério usual	72
Figura 14 - Função Quase-Critério	73
Figura 15 - Função Critério de Preferência Linear.....	73
Figura 16 - Função Critério de Nível.....	74
Figura 17 - Função Critério de Nível.....	75
Figura 18 - Exemplo de fronteiras, categorias e critérios para o ELECTRE TRI.....	80
Figura 19 - Sequência das etapas da estrutura de decisão	87
Figura 20 - Macroestrutura para a tomada de decisão de fazer ou comprar.....	88
Figura 21 - Estágios detalhados da estrutura de decisão	89
Figura 22 - Termos linguísticos para avaliação dos pesos dos critérios.....	101
Figura 23 - Termos linguísticos para a Etapa 4	114

LISTA DE ABREVIACÕES

AHP	Analytic Hierarchy Process
ANP	Analytic Network Process
CA	Crêterios de Avaliação das alternativas
ELECTRE TRI	ELimination Et Choix Traduisant la REalit� TRI
GDSS	Group Decision Suport System
KBS	Knowledge Based System
MFD	Método Fuzzy Delphi
MCDA	Multi-Criteria Decision Analysis
MCDM	Multi-Criteria Decision Methods
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PROMETHEE	Preference Ranking Organisation MeTHod for Enrichment Evaluations
QFD	Quality Function Deployment
RC (QFD)	Requisitos do Cliente
RC (TOPSIS)	Coeficiente de proximidade
RVB	Resourced Based View
SIN	Solução Ideal Negativa
SIP	Solução Ideal Positiva
SMARTS	Simple Multiattribute Rating Technique using Swings
TCE	Transaction Cost Economics
TL	Termos Linguísticos
TOPSIS	Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution
VICA	Visual, Interactive and Comparative Analysis

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	25
1.1.	Objetivos.....	29
1.2.	Fases e classificação da pesquisa	30
1.3.	Estrutura da tese.....	31
2.	DECISÃO SOBRE FAZER OU COMPRAR	33
2.1.	Revisão sistemática da literatura	40
3.	ANÁLISE DE DECISÃO MULTICRITÉRIO	51
3.1.	Tomada de decisão em grupo	52
3.2.	Métodos de decisão multicritério	53
3.2.1.	Conceitos fundamentais da teoria dos conjuntos fuzzy	53
3.2.2.	O método Fuzzy Delphi	58
3.2.3.	O método Fuzzy-QFD	59
3.2.4.	Conceitos fundamentais da representação linguística 2-Tuple.....	62
3.2.5.	O método 2-Tuple TOPSIS	69
3.2.6.	Conceitos fundamentais para os métodos de sobreclassificação	71
3.2.7.	O método FlowSort-GDSS	75
3.2.8.	O método ELECTRE TRI	79
3.2.9.	O método PROMETHEE-GDSS	82
4.	ESTRUTURA PARA A DECISÃO DE FAZER OU COMPRAR	87
4.1.	Etapa 1 – Definição do problema e seleção e ponderação dos critérios.....	90
4.2.	Etapa 2 – Avaliação da possibilidade de terceirização.....	91
4.3.	Etapa 3 – Qualificação das potenciais fontes de fornecimento.....	92
4.4.	Etapa 4 – Ordenação das fontes de fornecimento.....	93
5.	EXEMPLO NUMÉRICO	97
5.1.	Resultados da Etapa 1 utilizando os métodos <i>Fuzzy Delphi</i> e <i>Fuzzy-QFD</i>.....	97
5.1.1.	Seleção dos critérios utilizando o método Fuzzy Delphi.....	98
5.1.2.	Ponderação dos critérios usando o método Fuzzy-QFD.....	101

5.2.	Resultados da Etapa 2 utilizando o método FlowSort-GDSS.....	107
5.3.	Resultados da Etapa 3 utilizando o método FlowSort-GDSS.....	110
5.4.	Resultados da Etapa 4 utilizando o método <i>2-Tuple</i> TOPSIS	113
6.	APLICAÇÃO DE MÉTODOS PARA COMPARAÇÃO	117
6.1.	Resultados da Etapa 2 utilizando o método ELECTRE TRI	117
6.2.	Resultados da Etapa 3 utilizando o método ELECTRE TRI	121
6.3.	Resultados da Etapa 4 utilizando o método PROMETHEE-GDSS.....	125
7.	ANÁLISE COMPARATIVA DA ADEQUAÇÃO DOS MÉTODOS	131
7.1.	Análise comparativa dos métodos de categorização.....	131
7.1.1.	Valores de entrada	132
7.1.2.	Parametrização do método.....	133
7.1.3.	Processamento dos dados	135
7.1.4.	Valores de saída.....	136
7.1.5.	Resultados.....	137
7.2.	Análise comparativa dos métodos de ordenação	138
7.2.1.	Valores de entrada	139
7.2.2.	Parametrização do método.....	140
7.2.3.	Processamento dos dados	142
7.2.4.	Valores de saída.....	144
7.2.5.	Resultados.....	144
8.	CONCLUSÃO.....	147
	Referências	151

1. INTRODUÇÃO

Cada vez mais os sistemas produtivos têm se organizado em cadeias e, esse tipo de arranjo produtivo, faz com que os gestores lidem constantemente com a questão de como delimitar as suas fronteiras. Essa delimitação consiste em decidir o que eles devem manter internamente e o que eles devem deixar sob a responsabilidade de terceiros. Essa escolha é conhecida como a decisão entre fazer ou comprar. Se uma organização decide por realizar uma atividade, ela a fará internamente em um setor ou divisão dentro das suas fronteiras. Por outro lado, se decide comprar, ela contratará outra organização para fazê-la (FILL; VISSER, 2000).

Por envolver atividades importantes para a empresa, tomar esta decisão de forma errada pode comprometer o desempenho da organização implicando em custos adicionais, atrasos em projetos, soluções que não se encaixem nas necessidades reais da empresa, entre outros (MURPHY, 2002 *apud* RUFFO; TUCK; HAGUE, 2007). Por outro lado, tomá-la de forma correta pode alavancar o desempenho financeiro da empresa (VAN DE WATER; VAN PEET, 2006).

Segundo McIvor e Humphreys (2000), a decisão de Fazer ou Comprar impõe aos responsáveis por ela a necessidade de um julgamento que avalie diversos critérios e reconheça todas as alternativas disponíveis. Isso se faz necessário para que se tome uma decisão equilibrada que atenda às necessidades da organização. Com o passar do tempo a gama de critérios utilizados para avaliar esta questão tem crescido. Segundo McIvor, Humphreys e McAleer (1997), até o início da década de 1970 os tomadores de decisão se baseavam em preço, com algumas considerações de qualidade e entrega. Desse ponto em diante, outras questões passaram a ser consideradas pelos tomadores de decisão. Critérios relacionados à confiabilidade, imagem da empresa, flexibilidade, risco, pesquisa e desenvolvimento, e tecnologia, competências essenciais, entre outros também têm sido considerados para a tomada de decisão entre fazer ou comprar (CHESHMBERAH et al., 2011; CHESHMBERAH; AHMAD; SEYEDHOSSEINI, 2010; HWANG; KO; GOAN, 2007; PADILLO; DIABY, 1999; PLATTS; PROBERT; CÁÑEZ, 2002; SENTHIL; SRIRANGACHARYULU; RAMESH, 2012; SHIUE; LIN, 2012; TJADER et al., 2014).

A literatura sobre o assunto apresenta diversos estudos em que os autores propõem a utilização de métodos multicritério para auxiliar essa tomada de decisão. Esses métodos

permitem lidar com situações complexas que envolvem a necessidade de julgar e ponderar diversos critérios, e tratar situações de incerteza (KAHRAMAN, 2008; WANG, 2010). Elas avaliam uma situação levando em conta critérios pré-estabelecidos para que as alternativas sejam ordenadas por preferência ou classificadas em categorias, de acordo com os interesses e conhecimento de um ou mais tomadores de decisão (CHAI; LIU; NGAI, 2013).

Após uma revisão sistemática da literatura, pode-se notar algumas particularidades quando o tema é a utilização de métodos de decisão multicritério para a decisão de fazer ou comprar. Uma delas é quanto às etapas do processo de decisão. Alguns autores consideram que ela deve ser feita analisando-se fontes de fornecimento internas e externas e classificando-as como qualificadas ou desqualificadas e depois ordenando-as por preço (HUMPHREYS; MCIVOR; HUANG, 2002). Outros autores consideram que deve-se somente criar uma ordenação por preferência (HSUEH; LIN, 2015; HWANG; KO; GOAN, 2007; LEE; WALSH, 2011; PADILLO; DIABY, 1999; PLATTS; PROBERT; CÁÑEZ, 2002; SENTHIL; SRIRANGACHARYULU; RAMESH, 2012; SHIUE; LIN, 2012; TJADER et al., 2014; UDO, 2000; VALOIS; ALMEIDA, 2009). No entanto, a abordagem para o processo de decisão usada por esses autores desconsidera um aspecto importante: antes de ordenar fontes internas e externas de fornecimento (segundo preferências com base em determinados critérios) é preciso decidir, considerando aspectos estratégicos e/ou operacionais, se a terceirização é aceitável e viável. Alguns autores avaliam inicialmente se a atividade em questão pode ou não ser terceirizada. Para isso utilizam basicamente questões relacionadas a aspectos legais e vocação para terceirização (VALOIS; ALMEIDA, 2009) ou a teoria das competências essenciais formulada por Prahalad e Hamel (1990) em sua forma original ou com alguma adaptação (HAFEEZ; MALAK; ZHANG, 2007; SHEN *et al.*, 2015; WANG, Q. *et al.*, 2011; WATER, VAN DE; PEET, VAN, 2006; YAO; DONG, 2010).

Sendo assim, o processo de decisão deve incluir uma etapa inicial de avaliação do interesse estratégico ou viabilidade da terceirização. O resultado dessa etapa deve indicar se, na etapa subsequente (de avaliação das fontes de fornecimento), pode-se considerar fontes externas além das fontes internas. Alguns autores consideram essas etapas no processo decisório, mas propõem métodos somente para a etapa de avaliação das fontes de fornecimento (CHESHMBERAH et al., 2011; CHESHMBERAH; AHMAD; SEYEDHOSSEINI, 2010). Outros autores propõem a utilização de métodos de decisão multicritério para a avaliação das competências essenciais, mas não consideram a avaliação das fontes de fornecimento (CHEN;

ZHOU; PHAM, 2008; FU; BI; WANG, 2014; HAFEEZ; MALAK; ZHANG, 2007; SHEN et al., 2015; VAN DE WATER; VAN PEET, 2006; WANG et al., 2011; YAO; DONG, 2010).

Outro ponto a ser destacado é com relação aos métodos de decisão multicritério utilizados. Um dos aspectos norteadores da escolha dos métodos de decisão multicritério diz respeito ao objetivo do processo de decisão: seleção, ordenação ou categorização (DE BOER; LABRO; MORLACCHI, 2001; ROY e SLOWINSKY, 2013; LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2014). Assim, em um primeiro momento, os métodos devem apoiar um processo em que o objetivo é classificar a decisão de terceirização em aceitável/viável ou não aceitável/não viável. Ou seja, deve-se decidir se a atividade em análise é passível de terceirização ou não. Numa etapa seguinte, de avaliação das fontes de fornecimento, no caso em que a terceirização é aceitável/viável, pode-se considerar uma etapa de qualificação, na qual as alternativas são categorizadas como qualificadas ou não, e em seguida uma de ordenação de alternativas de fornecimento por prioridade de escolha (DE BOER; LABRO; MORLACCHI, 2001; LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2013).

No entanto, os trabalhos encontrados na literatura utilizam métodos para categorização e ordenação indistintamente para o mesmo problema. Para a análise da possibilidade de terceirização, seis trabalhos utilizam métodos multicritério para ordenação (CHEN; ZHOU; PHAM, 2008; FU; BI; WANG, 2014; SHEN et al., 2015; VALOIS; ALMEIDA, 2009; VAN DE WATER; VAN PEET, 2006; WANG et al., 2011) e dois utilizam métodos para categorização (HAFEEZ; MALAK; ZHANG, 2007; YAO; DONG, 2010). Já quando a decisão é relacionada à seleção das fontes de fornecimento, doze trabalhos utilizam métodos de ordenação (CHESHMBERAH et al., 2011; CHESHMBERAH; AHMAD; SEYEDHOSSEINI, 2010; HSUEH; LIN, 2015; HWANG; KO; GOAN, 2007; LEE; WALSH, 2011; PADILLO; DIABY, 1999; PLATTS; PROBERT; CÁÑEZ, 2002; SENTHIL; SRIRANGACHARYULU; RAMESH, 2012; SHIUE; LIN, 2012; TJADER et al., 2014; UDO, 2000; VALOIS; ALMEIDA, 2009) e apenas um utiliza método de categorização (HUMPHREYS; MCIVOR; HUANG, 2002).

Com relação aos métodos de categorização utilizados, vale destacar que, dos três trabalhos encontrados, dois utilizam métodos de decisão multicritério criadas originalmente para ordenação e adaptadas para categorização (HAFEEZ; MALAK; ZHANG, 2007; HUMPHREYS; MCIVOR; HUANG, 2002) e somente um utiliza um método que pode ser usado tanto para categorização quanto para ordenação (YAO; DONG, 2010). No entanto, há

um campo de pesquisa inteiro dedicado ao estudo de métodos próprios para categorização (ZOPOUNIDIS; DOUMPOS, 2002).

Outra questão a ser analisada é relacionada aos critérios do processo de decisão. Não há um consenso entre os tomadores de decisão sobre quais critérios usar em cada etapa do processo decisório e, por isso, há uma grande quantidade de critérios distintos utilizados. De Boer, Labro e Morlacchi (2001), citam que é importante uma análise para identificar se todos os critérios são realmente relevantes para o processo decisório e que, se for o caso, sejam eliminados os critérios redundantes para que se tenha uma melhor eficiência do processo decisório. Os autores ainda citam que métodos de decisão multicritério podem ser utilizados para esse propósito. Dodgson et al. (2009) citam que um número excessivo de critérios leva a um esforço analítico adicional na avaliação dos dados de entrada e pode tornar a decisão mais difícil sendo, dessa forma, útil que se faça uma análise para garantir que a quantidade de critérios não seja maior que a necessária. Isso tem sido feito em diversas áreas como seleção de fornecedores (LIMA JUNIOR; CARPINETTI, 2016; SULTANA; AHMED; AZEEM, 2015), avaliações de periódicos (STEFANO, 2014), decisões em políticas públicas (CUTRIM; TRIST, 2010), entre outros, mas não foram encontrados trabalhos sobre a decisão de fazer ou comprar que usem métodos de decisão multicritério para a seleção de critérios.

Por fim, nos trabalhos encontrados na revisão da literatura sobre fazer ou comprar, não foi abordada a problemática da decisão em grupo. A decisão sobre fazer ou comprar é tipicamente um processo em que várias figuras organizacionais opinam sobre a questão. Os métodos de decisão multicritério ajudam em situações específicas, incluindo a tomada de decisão em grupo (DE BOER; LABRO; MORLACCHI, 2001; ISHIZAKA; NEMERY, 2013). Em comparação com a tomada de decisão realizada por apenas um indivíduo, a decisão em grupo possui vantagens como maior quantidade de informações, mais experiências e alternativas, uma maior diversificação das restrições cognitivas, menos erros de avaliação e aumento na aceitação da solução (BAUER; ERDOGAN, 2012; SIMS, 2002). Nesse sentido, diversos métodos têm sido desenvolvidos com a finalidade de incluir a possibilidade da decisão em grupo. Métodos como uma extensão do Analytic Hierarchic Process (AHP) (ISHIZAKA; NEMERY, 2013), uma extensão do FlowSort, o FlowSort-GDSS (LOLLI et al., 2015), uma extensão do PROMETHEE, o PROMETHEE-GDSS (MACHARIS; BRANS, 1998), uma extensão do ELECTRE, o VICA-ELECTRE TRI (BEZERRA; MELO; COSTA, 2014), entre outras, tem sido usadas para dar suporte à decisões que incluem mais de um tomador de decisão.

No entanto, nenhum dos trabalhos revisados utiliza métodos apropriados para a decisão em grupo.

Em síntese, a partir da revisão da literatura, pode-se constatar as seguintes limitações dos estudos sobre o processo de decisão de fazer ou comprar:

- ✓ Não propõem um processo de decisão abrangente, que inclua as etapas de: seleção e ponderação de critérios; decisão sobre a viabilidade de terceirização; e por fim etapas de qualificação e ordenação das alternativas de fornecimento, internas e/ou externas.
- ✓ Não exploram métodos de categorização além da avaliação compreensiva *fuzzy* para a etapa de viabilidade da terceirização. Métodos mais robustos podem ser utilizados para esse propósito.
- ✓ Não aplicam métodos multicritério para a escolha dos critérios a serem utilizados para a decisão sobre fazer ou comprar.
- ✓ Não tratam adequadamente o problema de decisão sobre fazer ou comprar como um processo de decisão em grupo, aplicando métodos mais apropriados, conforme proposto na literatura.

1.1. Objetivos

Está tese tem por objetivo principal o desenvolvimento de estudos para a proposição de um modelo de processo de decisão sobre fazer ou comprar. Adicionalmente propor métodos adequados aos propósitos de seleção, categorização e ordenação para as etapas do processo decisório. Pretende-se dessa forma, preencher as lacunas ainda não abordadas por estudos identificados na pesquisa bibliográfica, trazendo assim contribuições inéditas para o desenvolvimento desta temática.

Para a realização desse objetivo tem-se os seguintes objetivos específicos:

- ✓ Realização de uma revisão da literatura sobre métodos de decisão multicritério para o problema de fazer ou comprar;
- ✓ Proposição de um processo de decisão estruturado, com etapas de seleção e ponderação de critérios, decisão sobre a possibilidade de terceirização e seleção das fontes de fornecimento;

- ✓ Proposição de métodos adequados aos propósitos de categorização ou ordenação nas diferentes etapas do processo de decisão incluindo métodos apropriados para a decisão em grupo; e
- ✓ Realização de uma análise comparativa entre os métodos aplicados para identificar a adequação ao problema estudado.

1.2. Fases e classificação da pesquisa

O desenvolvimento desse trabalho está dividido em quatro fases metodológicas distintas: (1) revisão sistemática da literatura e identificação da lacuna; (2) proposição da estrutura do processo decisório e de métodos de decisão multicritério para a problemática de fazer ou comprar e modelagem computacional (3) modelagem computacional; e (4) comparação de métodos de decisão multicritério aplicados ao problema de fazer ou comprar. A Figura 1 apresenta as fases para o desenvolvimento do trabalho.

Figura 1 – Etapas da pesquisa

Fonte: O autor.

A primeira fase do trabalho é a realização de uma revisão sistemática da literatura. Essa revisão nada mais é que uma metodologia específica de pesquisa para reunir e avaliar evidências pertencentes a um tópico específico (BIOLCHINI et al., 2005). A revisão da literatura normalmente é o passo inicial para qualquer pesquisa uma vez que permite a análise dos

estudos, métodos e ideias já formulados, meios de explorar novos tópicos, identificar a relevância de trabalhos, além de evitar erros e duplicações de trabalhos (BIOLCHINI et al., 2005; WEBSTER; WATSON, 2002). A revisão sistemática consiste em ir um passo além de uma revisão da literatura comum. Para isso, usa-se uma forma mais rigorosa e confiável para realizar buscas e analisar resultados, que permita a repetição por meio de ciclos contínuos até que os objetivos da revisão sejam alcançados (CONFORTO; AMARAL; SILVA, 2011). Essa fase também é classificada como: exploratória, pois permite proporcionar mais informações e familiaridade com relação ao tema; básica, pois tem por objetivo gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos a problemas específicos e; qualitativa, pois não se preocupa com a representatividade numérica (PROVDANOV; FREITAS, 2013; SILVEIRA; GERHARDT, 2009).

A segunda fase consiste na confecção da estrutura de decisão. Ela é classificada como qualitativa pois não se preocupa com a representatividade numérica e básica pois tem por objetivo gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos a problemas específicos (PROVDANOV; FREITAS, 2013; SILVEIRA; GERHARDT, 2009). Essa fase também contempla a proposição de métodos de decisão multicritério para o problema de fazer ou comprar.

A terceira fase do trabalho consiste na modelagem matemática e simulação. Dessa forma, esta fase é uma pesquisa quantitativa pois se baseia no desenvolvimento de modelos descritos em linguagem matemática e computacional que utilizam métodos analíticos para determinar os valores numéricos do sistema em questão (MORABITO; PUREZA, 2010).

Por fim, a quarta e última fase é a comparação dos métodos de decisão aplicados às fases de avaliação da possibilidade de terceirização, qualificação e ordenação das fontes de fornecimento. Ela é classificada como qualitativa pois a representatividade numérica não é abordada e básica pois gera conhecimentos para aplicação prática em problemas específicos (PROVDANOV; FREITAS, 2013; SILVEIRA; GERHARDT, 2009)

1.3. Estrutura da tese

Para o desenvolvimento desta pesquisa, organizou-se o texto em seis capítulos.

O Capítulo 1, nomeado introdução, está relacionado às questões iniciais da pesquisa como a contextualização, definição das lacunas de pesquisa, objetivos, fases e classificação metodológica da pesquisa e estrutura da tese.

O Capítulo 2, compreende a revisão bibliográfica para a decisão de fazer ou comprar. Nele são abordados conceitos para o entendimento das situações de tomada de decisão. Dentre eles pode-se citar conceitos da decisão de fazer ou comprar e uma revisão sistemática da literatura sobre métodos de decisão multicritério para a decisão de fazer ou comprar.

Já o Capítulo 3 apresenta fundamentos da análise de decisão multicritério incluindo conceitos gerais, tomada de decisão em grupo e a teoria dos métodos de decisão multicritério utilizados neste trabalho.

O Capítulo 4 apresenta a estrutura proposta para o problema de fazer ou comprar que inclui as quatro etapas do processo decisório: definição do problema, avaliação da possibilidade de terceirização, qualificação das fontes de fornecimento e ordenação das fontes de fornecimento.

No Capítulo 5 é apresentado um caso ilustrativo com dados simulados para demonstrar a aplicação de métodos de decisão multicritério apropriados para cada etapa da estrutura de decisão considerando o suporte à decisão em grupo.

No Capítulo 6 são apresentadas aplicações de um segundo método para a avaliação da possibilidade de terceirização e para as etapas de qualificação das fontes de fornecimento e ordenação das fontes de fornecimento.

No Capítulo 7 é feita uma análise comparativa entre os dois métodos aplicados para os propósitos de categorização e ordenação.

Por fim, o Capítulo 8 traz as conclusões sobre o trabalho realizado e sugestões para trabalhos futuros.

2. DECISÃO SOBRE FAZER OU COMPRAR

A decisão de fazer ou comprar é um problema da gestão do fornecimento. Ela é uma das decisões mais cruciais para uma empresa e pode ser considerada multidisciplinar pertencendo a campos de estudo como: organização industrial, estratégia corporativa, compras, gestão de fornecimento e gestão estratégica das operações, pesquisa operacional, entre outros (KULKARNI; JENAMANI, 2008).

A teoria sobre fazer ou comprar indica que, quando o gestor de uma empresa opta por fazer internamente, há necessidade de que recursos sejam disponibilizados para a realização daquela atividade. Esses recursos podem ser disponibilizados em um setor da própria planta ou em uma outra unidade da empresa. Já se a opção é por comprar então necessita-se de um fornecedor externo capacitado para desenvolver a atividade (FILL; VISSER, 2000).

Com o passar do tempo, algumas mudanças têm ocorrido no cenário competitivo. Essas mudanças acontecem devido às crescentes exigências de empresas pertencentes a cadeias produtivas, mercados consumidores, legislação, entre outros (DE BOER et al 2001). Esse fato tem feito com que a decisão de fazer ou comprar se torne mais complexa. Segundo McIvor, Humphreys e McAleer (1997), até o início da década de 1970, as empresas tomavam a decisão baseadas apenas em preço com algumas considerações de qualidade e entrega. Desse ponto em diante, alguns tomadores de decisão passaram a considerar outras questões.

Em 1975, Williamson desenvolveu, baseado nos pensamentos de Coarse, a Teoria dos Custos de Transação (*Transaction Costs Economics* - TCE) (WILLIAMSON, 1979). Ela é uma combinação das teorias econômica e de gestão, e tem por objetivo determinar a estrutura de governança (fazer, comprar ou híbrida) analisando a frequência das transações, a especificidade dos ativos, a incerteza na demanda, a racionalidade limitada e o comportamento oportunista (DEKKERS, 2010). Nela, os contratos são vistos como fundamentais e a transação é a unidade de análise. Esta teoria tem sido bastante utilizada, mas também tem sofrido críticas. Essas críticas se devem por ela incentivar o comportamento oportunista das empresas (GHOSHAL; MORAN, 1996) e que, se a empresa basear as decisões somente na TCE, pode haver o enfraquecimento dos benefícios e os valores colaborativos entre as empresas (STURGEON; LEE, 2001).

Outra teoria criada para auxiliar essa tomada de decisão é a da Visão Baseada em Recursos (do inglês *Resourced-Based View* - RBV), desenvolvida logo após a formulação da TCE (DEKKERS, 2010). Ela define os recursos das organizações como ativos tangíveis e

intangíveis que podem ser explorados por meio de acordos com empresas do mercado, ao invés de estender as fronteiras da organização (SILVERMAN, 1999). Esses recursos incluem processos e rotinas organizacionais, habilidades de gestão, e conhecimento e informações específicas da organização, entre outros (BARNEY, 2001). A terceirização ou não desses recursos vai depender de uma análise que envolve os seguintes critérios: imitabilidade, valor, raridade e possibilidade de substituição (ESPINO-RODRÍGUEZ; PADRÓN-ROBAINA, 2006). Esta teoria também tem sofrido críticas. Mahnke (2001) relata que recursos são difíceis de se identificar na prática e constantemente entendidos como as atividades rotineiras da organização. Outra crítica é feita por Holcomb e Hitt (2007), que afirmam que a teoria RBV assume as condições de troca como iguais para todas as empresas e na verdade não são.

Uma terceira teoria utilizada para apoiar a decisão de Fazer ou Comprar é a de competências essenciais (*Core Competences*) (DEKKERS, 2010). As competências essenciais são atividades que são consideradas fundamentais no âmbito organizacional. Abaixo delas estão recursos, capacidades e competências (JAVIDAN, 1998). Dessa forma, antes de discutir a teoria das competências essenciais em si, é necessário que se faça a distinção entre esses conceitos. Segundo Barney (1991), recursos são divididos em três categorias: recursos físicos (equipamento, ativos, entre outros), recursos humanos (experiência, funcionários, entre outros) e recursos organizacionais (reputação e cultura). Em relação à capacidade, Javidan (1998) relata que diz respeito à habilidade da organização de explorar os recursos. Competências dizem respeito à integração *cross-funcional* (entre as várias áreas da organização) das capacidades. Por fim as competências essenciais resultam da interação entre as várias competências da organização (JAVIDAN, 1998).

No que diz respeito à teoria das competências essenciais em si, pode-se dizer que foi desenvolvida por Prahalad e Hamel (1990). Segundo os autores, a avaliação das competências essenciais é feita baseada nas seguintes perguntas:

- ✓ A atividade provê acesso potencial à uma ampla gama de mercados?;
- ✓ A atividade provê contribuição significativa no que diz respeito aos benefícios percebidos pelo consumidor no produto final?; e
- ✓ As atividades são difíceis de imitar pela concorrência?.

Dessa forma, atividades que proveem acesso a uma ampla gama de mercados, contribuem significativamente no que diz respeito aos benefícios percebidos pelo consumidor no produto final e que são difíceis de se imitar pela concorrência, são consideradas

competências essenciais e devem ser mantidos internamente, ou seja, não podem ser terceirizadas.

Segundo Prahalad e Hamel (1990), as competências essenciais da organização são a fundação em que as vantagens competitivas são construídas. Empresas que medem a competitividade apenas com base em custos, acabam sofrendo danos no ponto que as faz diferentes dos concorrentes e, por consequência, as valorizam frente à percepção do consumidor.

Onyeiwu (2003) cita que empresas que se tornam complacentes e letárgicas, podem ver as competências essenciais se tornarem irrelevantes ou desaparecerem. Isso ocorre se produtos substitutos melhores aparecerem no mercado ou se houver mudanças no gosto ou preferência dos consumidores. Assim, a busca pela competência precisa ser inovadora e proativa para manter as competências essenciais da organização.

Por fim, deve-se destacar também que as competências essenciais da organização mudam com o tempo. Sendo assim, a reavaliação periódica da decisão de fazer ou comprar é estrategicamente necessária (BURT; DOBLER; STARLING, 2003).

Essas teorias que, por muitas vezes, dão suporte à decisão de fazer ou comprar são importantes, porém não suficientes. Muitas outros fatores também têm sido consideradas para esta decisão. Motivadores para fazer ou para comprar, vantagens de se fazer e de se comprar, riscos associados a fazer e a comprar, entre outras questões técnicas são levadas em conta para atender as necessidades da organização.

Os fatores motivadores para a escolha por fazer ou por comprar são diversos e numerosos. Burt, Dobler e Starling, (2003) e Leenders et al. (2006) fizeram um levantamento de motivações para realizar uma atividade internamente ou para adquirir de terceiros. A Tabela 1 apresenta estas considerações.

Como pode-se observar na Tabela 1, os motivadores para Fazer ou para Comprar são muitos e contemplam diversos tipos de critérios. Padillo e Diaby, (1999) corroboram essa afirmação relatando que esta discussão tem impacto na quantidade de processos internos, ligações e relações da empresa com fornecedores, distribuidores, clientes, além de influenciar métodos de produção, capacidade, estrutura, competências essenciais e posição competitiva.

Tabela 1 - Considerações a favor de fazer e a favor de comprar

Autores	Motivações para fazer	Motivações para comprar
Burt, Dobler e Starling (2003)	<ul style="list-style-type: none"> - Custo (quando é mais barato fazer) - Desejo de integrar operações da planta - Uso de capacidade excessiva para reduzir custos fixos; - Necessidade de ter controle direto sobre a produção e/ou qualidade; - Manter interno um segredo de design; - Fornecedores não confiáveis; - Desejo de manter estabilidade de mão de obra (em períodos de queda nas vendas). 	<ul style="list-style-type: none"> - Instalações para produção limitadas; - Custo (quando é mais barato comprar); - Necessidade de pequenos volumes; - Utilização de pesquisa e know-how do fornecedor; - Desejo de manter estabilidade de mão de obra (em período de aumento de vendas); - Desejo de manter uma política de várias fontes de fornecimento; - Considerações de controle gerencial indireto; - Considerações sobre aquisição e inventário.
Leenders et al. (2006)	<ul style="list-style-type: none"> - Quantidades pequenas; - Nenhum fornecedor disponível; - Requisitos de qualidade tão exatos ou não usuais; - Há uma grande necessidade do suprimento ou de coordenação do suprimento com a demanda; - É necessário preservar segredos tecnológicos; - Ajuda a organização a ter custos mais baixos; - Ajuda a organização a obter vantagem; - Evita ociosidade de equipamentos e funcionários; - Garante o funcionamento constante das atividades da organização deixando os fornecedores responsáveis pela flutuação na demanda; - Evita dependência do fornecedor; - Forças competitivas, políticas, sociais ou ambientais podem forçar a organização a fazer ao invés de comprar; - Custo (comprar é caro); - A distância do fornecedor mais próximo é grande; - Exigências de um cliente; - O mercado potencial para o produto está se expandindo rapidamente; - A previsão da demanda aponta escassez no mercado ou aumento de preços; - A gerencia leva em conta o orgulho de fazer. 	<ul style="list-style-type: none"> - A organização não possui competência gerencial ou técnica para produção; - A organização não tem capacidade suficiente para produzir; - Fornecedores com reputação impecável na produção do item; - Desafio de manter viabilidade econômica e tecnológica de longo termo para itens não essenciais; - Quando se escolhe por fazer, a decisão é difícil de ser revertida; - Assegura exatidão nos custos; - Há mais opções em fontes potenciais e itens substitutos; - Pode não haver volume suficiente para produzir internamente; - Previsões de demanda mostram grande demanda pelo item ou incerteza tecnológica; - Fornecedores altamente capazes; - A organização deseja se manter enxuta; - Comprar pode abrir mercados para os produtos e serviços da empresa; - Possibilidade de redução no tempo para levar o produto ao mercado; - Um cliente solicita isso; - Encoraja o desenvolvimento da gestão do suprimento da empresa.

Fonte: O autor.

A decisão por Fazer ou Comprar, também está relacionada ao conceito de integração vertical. Este conceito refere-se ao conjunto de processos distintos, desde a extração de matéria prima até a entrega ao cliente final, contidos de dentro das fronteiras de uma mesma empresa (WILLIAMSON, 1985). Segundo Grant (2002), a integração vertical pode ser total (quando a empresa detém o controle dos processos desde a extração de matéria prima até o consumidor

final) ou parcial (quando controla somente parte desses processos). Ainda segundo o mesmo autor, ela pode se dar à montante (quando engloba a extração e/ou produção de insumos) e à jusante (quando a empresa controla a parte de distribuição). Dessa forma, Burt, Dobler e Starling, (2003) relatam que quanto mais decisões por fazer internamente, mais verticalmente integrada as atividades estarão. Alguns autores apontam vantagens e desvantagens da integração vertical. Estas são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Vantagens e desvantagens da integração vertical

Autor	Vantagens	Desvantagens
Williamson (1979)	<ul style="list-style-type: none"> -Facilitar a adaptação em tomadas de decisão sequenciais (economia sobre a racionalidade limitada); - Atenuar o oportunismo; -Promover expectativas convergentes (reduzir incerteza); - Dominar informações; - Obter uma atmosfera de maior satisfação. 	<ul style="list-style-type: none"> - Predisposição a favorecer manutenção ou extensão de operações internas; - Distorções na comunicação; - Oportunismo interno; - Racionalidade limitada; - Adicionamento de burocracia; - Perda de envolvimento moral; - Incentivos.
Silva (1999)	<ul style="list-style-type: none"> - Segurança quanto ao suprimento e escoamento; - Redução de custos; - Apropriação de lucro; - Poder de mercado e barreiras; - Proximidade com o cliente; - Dificuldade para o aparecimento de concorrentes; - Aceleração de mudanças tecnológicas; - Fatores legais e tributários; - Sinergia; - Simplificação tecnológica; - Laços técnicos e econômicos; - Complementaridade; - Falta de opção; - Vantagem competitiva. 	<ul style="list-style-type: none"> - Perda de flexibilidade; - Aumento de custos; - Buraco negro; - Aumento do custo fixo; - Dificuldade de saída; - Vinculação a um tipo de matéria-prima; - Investimentos maiores; - Novo padrão competitivo.
Porter (2004)	<ul style="list-style-type: none"> - Garantir economias de operações combinadas e coordenação/controle interno; - Garantir informação; - Evitar o mercado; - Relacionamentos estáveis; - Tecnologia; - Garantir de oferta e/ou demanda; - Eliminar barganha; - Aumentar o valor agregado; - Aumentar barreiras de entrada e mobilidade; - Entrar em um negócio de alto retorno; - Defender-se contra fechamento do mercado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Custos de passar por barreiras de mobilidade; - Aumento de alavancagem operacional; - Reduzida flexibilidade para mudar de parceiros; - Elevadas barreiras globais de saída; - Necessidade de investimento de capital; - Fechamento de acesso para o fornecedor de pesquisa de mercado know-how; - Manutenção de balanço; - Incentivos; - Necessidades administrativas diferentes.

Fonte: Adaptado de Marques (2012)

As vantagens e desvantagens apresentadas na Tabela 2 se relacionam com a situação em que o tomador de decisão opta por fazer internamente (atividades à montante e à jusante). Já

quando a opção é por buscar externamente um fornecedor para determinadas atividades, alguns benefícios também podem ser alcançados. Kremic, Tukel e Rom (2006), citam como benefícios de se buscar fornecedores externos a redução nos custos, redução de despesas com capital de giro, transferência de custos fixos para variáveis, melhoria na qualidade, aumento na velocidade, maior flexibilidade, acesso à tecnologia/infraestrutura, acesso a habilidades e talentos, aumento do foco em atividades essenciais, se livrar de problemas funcionais, copiar competidores, redução de pressões políticas, obedecer à legislação e melhorar a gestão.

Há também alguns riscos envolvidos nessa decisão. Quando a escolha é por Comprar Burt, Dobler e Starling, (2003) relatam algumas questões que devem ser evitadas. São elas:

- ✓ **Perda de controle/atividades essenciais:** se não houver uma gestão adequada de fornecedores, pode haver perda de controle sobre a atividade e/ou de habilidades causando dependência do fornecedor por parte da empresa compradora. Pode-se também perder informações necessárias para a gestão do negócio e futuro crescimento;
- ✓ **Perda de foco no cliente:** eventualmente, as estratégias das empresas compradora e fornecedora pode se desalinhar. Isso se dá devido ao fato que, em alguns casos, os objetivos das duas empresas são diferentes. Por esse motivo, os recursos do fornecedor podem ser utilizados para dar suporte a outros clientes afetando temporariamente a performance da função terceirizada;
- ✓ **Falta de Clareza:** há necessidade de se especificar com clareza as responsabilidades do fornecedor. Caso isso não ocorra ele poderá justificar custos adicionais e interrupção na produção por ser um trabalho considerado fora do escopo;
- ✓ **Falta de controle de custos:** a empresa compradora deve especificar em contrato os mecanismos apropriados para que o fornecedor controle os custos. Isso garante que os objetivos sejam atingidos e o aumento de preços não vá além do estimado. Quando os custos do fornecedor fogem do controle uma opção é a primarização, mas a organização pode esbarrar em falta de experiência, equipamentos e recursos;
- ✓ **Gestão ineficiente:** muitas vezes selecionar um fornecedor externo pode não prover a função necessária melhor do que quando se faz internamente. Sendo assim, faz-se necessário avaliar muito bem o fornecedor no que diz respeito à eficiência, efetividade e capacidade total;

- ✓ **Perda de confidencialidade:** há necessidade de saber se as informações disponibilizadas aos fornecedores estão bem protegidas. Isso é necessário devido ao fato de que essas estão sujeitas a vários tipos de ameaças e vazamentos; e
- ✓ **Terceirização dupla ou subcontratação:** acontece quando o fornecedor externo, para quem se terceiriza a função, repassa a responsabilidade da execução desta para uma outra empresa (terceirização da função terceirizada). Isso pode gerar problemas quando o fornecedor externo não envolve a empresa compradora no processo de seleção do subcontratado.

Devido a esses diversos fatores, pode haver insatisfação da empresa compradora e, por consequência, a necessidade da alteração da decisão de fazer ou comprar. Leenders et al., (2006) e Valois e Almeida, (2009) afirmam que por razões de erro no processo decisório, mudanças dentro da organização, no mercado ou no ambiente, uma decisão de fazer ou comprar tomada anteriormente pode ser revertida. Nesse caso, segundo esses autores, duas possíveis situações vêm à tona: a primarização (ou *insourcing*) que é a situação em que uma decisão de compra é revertida, ou seja, o tomador de decisão decide por fazer internamente uma atividade que em um período anterior foi passada para terceiros e; a terceirização (ou *outsourcing*) que é a situação em que uma decisão de fazer internamente é revertida, ou seja, o tomador de decisão passa a deixar sob a responsabilidade de terceiros uma atividade que em um período anterior era feita internamente.

A grande quantidade de questões a serem analisadas para que a decisão de fazer ou comprar seja tomada de forma adequada fez com que o processo se tornasse complexo. Essas questões, por muitas vezes conflitantes entre si, podem induzir o tomador de decisão ao erro, gerando perdas para a organização e a necessidade de reversão da decisão (primarização ou terceirização). Por esse motivo, métodos de decisão multicritério passaram a ser utilizados para auxiliar os tomadores de decisão a fazer uma escolha de forma estruturada.

Para entender como os métodos de decisão multicritério estão sendo utilizados para dar suporte à tomada de decisão de Fazer ou Comprar, realizou-se uma revisão sistemática da literatura sobre o tema. Essa revisão é apresentada na Seção 2.1.

2.1. Revisão sistemática da literatura

A busca e seleção de artigos foi realizada nas bases de dados *Scopus* e *Web of Science*. Como alguns autores abordam a questão de Fazer ou Comprar como uma decisão entre terceirizar ou não, escolheu-se como base das linhas de comando as palavras “Fazer ou Comprar” (*Make or Buy*) e o termo terceirização (*Outsourcing*). Dessa forma, esta parte da pesquisa foi feita com as seguintes linhas de comando (*strings*):

- ✓ *Scopus: TITLE-ABS-KEY(("Make or Buy" OR "Outsourcing") AND ("multi-criteria" OR "multicriteria"))*; e
- ✓ *Web of Science: TS=(("Make or Buy" OR "Outsourcing") AND ("multi-criteria" OR "multicriteria"))*.

Um outro ponto importante na questão de Fazer ou Comprar é a analisar se a atividade é uma competência essencial (*core competence*) ou não. Muitos autores consideram que as competências essenciais devem ser mantidas internamente e as demais atividades podem ser terceirizadas. Para contemplar essa situação, buscou-se também artigos que analisassem essa questão nas mesmas bases de dados (*Scopus* e *Web of Science*). Essa busca foi feita com as seguintes linhas de comando:

- ✓ *Scopus: TITLE-ABS-KEY(("Core competence" OR "Core competencies") AND (("multi-criteria" OR "multicriteria") OR ("evaluation")))*; e
- ✓ *Web of Science: TS=(("Core competence" OR "Core competencies") AND (("multi-criteria" OR "multicriteria") OR ("evaluation")))*.

Dessa forma, as buscas realizadas com as linhas de comando nas bases de dados retornaram os resultados apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Resultados da revisão nas bases de dados

Base de Dados	Total (Make or Buy + Outsourcing)	Filtro 1	Filtro 2	Filtro 3
Scopus	158	97	81	14
Web of Science	84	55		
	Total (Core Competencies)			
Scopus	874	505	62	6
Web of Science	458	258		

Fonte: O autor.

O resultado Total (tanto para *Make or Buy* e *Outsourcing* quanto para *Core Competencies*) foi filtrado, selecionando-se primeiro apenas os artigos publicados em periódicos (Filtro 1). Depois os resultados foram filtrados novamente lendo-se o título, as

palavras-chave e os resumos dos artigos e, retirou-se os que não se encaixavam no perfil da pesquisa, os que não se teve acesso e os repetidos (Filtro 2). Posteriormente leu-se a introdução e a conclusão dos artigos restantes retirando-se os que não faziam parte do escopo da pesquisa (Filtro 3). Este resultado compreende os artigos encontrados que realmente utilizam métodos de decisão multicritério para solucionar o problema de Fazer ou Comprar e estes trabalhos foram lidos de forma integral. A forma de filtragem dos trabalhos encontrados, excetuando-se a filtragem por artigos de periódicos, é baseada no trabalho de Conforto, Amaral e Silva (2011).

Com os resultados da pesquisa bibliográfica em mãos, procurou-se identificar como os trabalhos encontrados abordam a decisão de Fazer ou Comprar.

A primeira questão a ser analisada foi o ano de publicação dos trabalhos encontrados na revisão sistemática da literatura. A Figura 2 apresenta a quantidade de trabalhos realizados por ano.

Figura 2 - Distribuição dos trabalhos por ano

Fonte: O autor.

Pode-se notar pela análise da Figura 2 que, apesar da quantidade pequena de trabalhos desenvolvidos no assunto, o tema sobre fazer ou comprar vem sendo desenvolvido de forma constante nos últimos anos.

Uma segunda questão a ser destacada é a forma de abordagem do problema de Fazer ou Comprar. A Figura 3 apresenta a distribuição dos trabalhos conforme a abordagem.

Figura 3 - Distribuição dos trabalhos por abordagem

Fonte: O autor.

De acordo com alguns autores, a decisão de Fazer ou Comprar deve considerar se a atividade em questão é uma competência essencial ou se há fatores impeditivos para a terceirização (CHEN; ZHOU; PHAM, 2008; FU; BI; WANG, 2014; HAFEEZ; MALAK; ZHANG, 2007; SHEN et al., 2015; VAN DE WATER; VAN PEET, 2006; WANG et al., 2011; YAO; DONG, 2010). Para outros autores essa decisão é tratada como uma comparação de fontes de fornecimento internas e externas (HSUEH; LIN, 2015; HUMPHREYS; MCIVOR; HUANG, 2002; HWANG; KO; GOAN, 2007; LEE; WALSH, 2011; PADILLO; DIABY, 1999; PLATTS; PROBERT; CÁÑEZ, 2002; SENTHIL; SRIRANGACHARYULU; RAMESH, 2012; SHIUE; LIN, 2012; TJADER et al., 2014; UDO, 2000). Por fim, há autores consideram que estas duas etapas devem ser sequenciais (CHESHMBERAH et al., 2011; CHESHMBERAH; AHMAD; SEYEDHOSSEINI, 2010; VALOIS; ALMEIDA, 2009).

Uma terceira questão a ser observada é relacionada a quais métodos de decisão multicritério estão sendo utilizados para auxiliar a tomada de decisão no problema de Fazer ou Comprar. A Figura 4 apresenta quais os métodos e a quantidade de trabalhos que fazem uso deles nos trabalhos encontrados na revisão.

Figura 4 - Distribuição dos trabalhos por método utilizado

Fonte: O autor.

Pode-se notar pela Figura 4 que o AHP é o método de decisão multicritério mais utilizado. Ele está presente em dez (nove de forma pura e um combinado com a teoria *fuzzy*) dos vinte trabalhos encontrados (50% dos trabalhos). O segundo método mais utilizado é o *Analytic Network Process* (ANP) que é uma generalização do método AHP (SAATY, 2004). Ele é encontrado em três dos vinte artigos (15% dos trabalhos). Em terceiro lugar aparecem dois métodos utilizados por dois trabalhos (10% cada), a Avaliação Compreensiva *Fuzzy* e o *Fuzzy TOPSIS* (*Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*). Os demais métodos são aplicações únicas. Vale destacar que os trabalhos, por muitas vezes utilizam mais de um método de decisão multicritério. Dessa forma, a soma da quantidade de métodos é igual a vinte e seis e não vinte. Outro ponto a se destacar é que os métodos baseados na Teoria dos Conjuntos *Fuzzy* estão presentes em apenas seis trabalhos.

Outra questão relevante, quando se analisa um problema de decisão para aplicação de métodos de decisão multicritério, é qual o tipo de resultado se pretende alcançar. A Figura 5 apresenta os objetivos finais alcançados com a aplicação dos métodos nos trabalhos encontrados.

Figura 5 - Distribuição dos trabalhos por resultado da decisão

Fonte: O autor.

Como mostra a Figura 5, dentre os trabalhos encontrados, os que buscam identificar se a atividade em questão é uma competência essencial da empresa ou avaliar questões impeditivas com relação à terceirização, seis utilizam métodos de ordenação (CHEN; ZHOU; PHAM, 2008; FU; BI; WANG, 2014; SHEN et al., 2015; VALOIS; ALMEIDA, 2009; VAN DE WATER; VAN PEET, 2006; WANG et al., 2011) e dois utilizam métodos de categorização (HAFEEZ; MALAK; ZHANG, 2007; YAO; DONG, 2010). Já quando o foco é direcionado à comparação de fontes internas e externas para identificar qual a melhor opção para realizar determinada atividade, doze trabalhos utilizam métodos de ordenação (CHESHMBERAH et al., 2011; CHESHMBERAH; AHMAD; SEYEDHOSSEINI, 2010; HSUEH; LIN, 2015; HWANG; KO; GOAN, 2007; LEE; WALSH, 2011; PADILLO; DIABY, 1999; PLATTS; PROBERT; CÁÑEZ, 2002; SENTHIL; SRIRANGACHARYULU; RAMESH, 2012; SHIUE; LIN, 2012; TJADER et al., 2014; UDO, 2000; VALOIS; ALMEIDA, 2009) e apenas um utiliza método de categorização (HUMPHREYS; MCIVOR; HUANG, 2002). Vale ressaltar que mesmo afirmando em seus estudos que a avaliação das competências essenciais é necessária e que essas competências devem ser mantidas internamente, Cheshmberah, Ahmad e Seyedhosseini (2010) e Cheshmberah et al. (2011) não utilizam métodos de decisão multicritério para esta etapa, somente para a comparação de fontes internas e externas.

Dessa forma, procurou-se desenvolver uma tabela que resumisse como os trabalhos encontrados na revisão bibliográfica lidam com o problema de decisão multicritério de Fazer ou Comprar. Os resultados são apresentados na Tabela 4.

A Tabela 4 mostra que diversos trabalhos abordam questões relacionadas tanto à identificação das competências essenciais (que devem ser mantidas internamente) e fatores impeditivos para a terceirização, quanto questões relacionadas à gestão do fornecimento. Apesar destas etapas serem sequenciais, não há trabalhos que englobem todas as etapas do processo decisório de fazer ou comprar.

Outra questão relacionada a este tema, para a qual deve-se observar, são os critérios utilizados nas etapas do processo decisório. Para isso, dividiu-se os critérios em três grupos distintos. O primeiro relaciona os critérios utilizados para lidar com a questão da avaliação da possibilidade de terceirização. O segundo, critérios utilizados para identificar quais fontes de fornecimento estão minimamente aptas para suprir as necessidades da organização. Por fim, o terceiro lista critérios utilizados para a etapa de ordenação das fontes de fornecimento. A Tabela 5 apresenta os critérios do primeiro grupo (avaliação da possibilidade de terceirização).

Para o segundo grupo de critérios, apenas o trabalho de Humphreys, McCivor e Huang (2002), aborda essa questão, considerando os seguintes critérios: controle de custo e qualidade, serviço, entrega, cultura organizacional, atingir os objetivos de venda e atingir os objetivos financeiros. Vale aqui ressaltar que, conforme a necessidade dos tomadores de decisão, critérios adicionais podem ser usando nesta etapa.

Tabela 4 - Resumo das abordagens combinadas com métodos de decisão multicritério

Autores	Definição e ponderação dos critérios	Avaliação da possibilidade de terceirização	Qualificação das fontes de fornecimento	Ordenação das fontes de fornecimento
Padillo e Diaby (1999)	Não consideram métodos para definição dos critérios e utilizam o AHP para ponderação dos critérios	Não consideram	Não consideram	Utilizam programação composta para ordenar as fontes de fornecimento
Udo (2000)	Não considera	Não considera	Não considera	Utiliza o AHP para ordenar as opções de quem deve gerenciar a TI
Platts, Probert e Cáñez (2002)	Não consideram	Não consideram	Não consideram	Utilizam programação linear para comparar fornecedor interno e externo
Humphreys, McIvor e Huang (2002)	Não consideram	Não consideram	Utilizam um Sistema Baseado no Conhecimento para identificar fontes qualificadas	Não utiliza método, só análise de custo
Van De Water e Van Peet (2006)	Não consideram	Utilizam o AHP para ordenar atividades relevantes	Não consideram	Não consideram
Hafeez, Malak e Zhang (2007)	Não consideram	Utilizam uma adaptação do AHP para definir as competências essenciais	Não consideram	Não consideram
Hwang, Ko, Goan (2007)	Não consideram	Não consideram	Não consideram	Usa o AHP para priorizar atividades e a teoria <i>fuzzy</i> pra alocar essas atividades
Chen, Zhou e Pham (2008)	Não consideram métodos para definição dos critérios e utilizam o AHP para ponderação dos critérios	Consideram o Método de Avaliação Grey para identificar qual empresa tem a CE para formar uma Empresa Virtual	Não consideram	Não consideram
Valois e Almeida (2009)	Não consideram métodos de decisão para esta etapa	Avaliam se a terceirização é considerada legal e cria uma ordenação usando o método SMARTS chamada de vocação para terceirização	Não consideram	Utiliza o método SMARTS para alocar cada atividade ordenada na fase de vocação para terceirização
Yao e Dong (2010)	Baseiam a escolha dos critérios nas teorias do Capital Intelectual e do Balanced Scorecard e utilizam o AHP para ponderação	Categorizam os objetos de estudo utilizando a Avaliação Compreensiva <i>Fuzzy</i>	Não consideram	Não consideram

Continuação...

Cheshmberah, Ahmad e Seyedhosseini (2010)	Não consideram	Consideram, mas não utilizam métodos para dar suporte à decisão	Não consideram	Utilizam o <i>Fuzzy</i> TOPSIS para comparar o ambiente interno e externo para terceirização
Wang et al. (2011)	Não consideram métodos para definição dos critérios e utilizam o AHP para ponderação dos critérios	Utilizam a Avaliação Compreensiva <i>Fuzzy</i> para avaliar o nível de competência essencial da organização	Não consideram	Não consideram
Lee e Walsh (2011)	Não consideram	Não consideram	Não consideram	Utilizam o AHP para identificar se é melhor usar uma fonte interna ou externa
Cheshmberah et al. (2011)	Não consideram	Consideram, mas não utilizam métodos para dar suporte à decisão	Não consideram	Utilizam o <i>Fuzzy</i> Promethee II para identificar qual a melhor fonte de fornecimento
Shiue e Lin (2012)	Não consideram	Não consideram	Não consideram	Utilizam o ANP para identificar qual a melhor opção para desenvolver a atividade
Senthil, Srirangacharyulu e Ramesh (2012)	Não consideram métodos para definição dos critérios e utilizam o AHP para ponderação dos critérios	Não consideram	Não consideram	Utilizam o <i>Fuzzy</i> TOPSIS para identificar qual a melhor opção para desenvolver a atividade
Tjader et al. (2014)	Seleciona os critérios do BSC mas não utiliza métodos para definição e ponderação	Não consideram	Não consideram	Utilizam o ANP para identificar qual a melhor opção para desenvolver a atividade
Fu, Bi e Wang (2014)	Não utiliza métodos para definição dos critérios e determina os pesos pelo método da Entropia Ponderada	Cria um ranking para identificar qual empresa tem a competência essencial mais evoluída usando o Método de Correlação Grey	Não consideram	Não consideram
Hsueh e Lin (2015)	Seleciona os critérios baseado no BOCR mas não utiliza métodos para definição e ponderação	Não consideram	Não consideram	Utilizam o ANP para identificar qual a melhor opção para desenvolver a atividade
Shen et al. (2015)	Não consideram métodos para seleção de critérios mas atribuem pesos utilizando o modelo relacional Grey de Deng	Utilizam o Grau Relacional Grey para comparar as competências essenciais das empresas	Não consideram	Não consideram

Fonte: O autor.

Tabela 5 - Critérios utilizados para a avaliação da possibilidade de terceirização

Autores	Critérios
Van De Water e Van Peet (2006)	Qualidade do produto; qualidade do processo; qualidade do serviço; qualidade da informação; entrega no tempo/número de entregas; entregas completas; adiamento do deadline de entrega; eficiência logística; comportamento da empresa; custo de produção/unidade; custo total de aquisição; custo de investimento; planejamento da mão-de-obra durante a produção; horas por lote; mudança da engenharia durante a produção; e progresso da engenharia.
Hafeez, Malak e Zhang (2007)	Raridade; facilidade de imitar; não substituição; atinge vários processos; atinge vários produtos; e atinge vários negócios.
Chen, Zhou e Pham (2008)	Valor da alta tecnologia; número de patentes internacionais; número de patentes nacionais; número de projetos; fundos investidos; contratos com sucesso; e contratos sem sucesso.
Valois e Almeida (2009)	Compleitude; operacionalidade; independência; ausência de redundância e; tamanho máximo.
Yao e Dong (2010)	Taxa de crescimento nas vendas; taxa média de crescimento do lucro; retorno sobre ativos; <i>marketshare</i> ; retenção de clientes; lealdade dos clientes; número de ordens terminadas; número de propriedades intelectuais; grau de coordenação interna; investimento em treinamento; lucro per capita e; qualidade.
Cheshmberah, Ahmad e Seyedhosseini (2010)	Competências essenciais.
Wang et al. (2011)	Porcentagem de gasto com P&D; singularidade da CE; extensão da CE; liderança da CE; patente da CE; porcentagem do benefício da CE em relação ao total; <i>marketshare</i> dos produtos essenciais; plano de marketing; qualidade no pós-venda; estrutura organizacional; organização e coordenação; gestão de talentos; qualificação e capacidade dos talentos; sistemas de informação; aceitação dos objetivos da empresa; lealdade dos funcionários; empreendedorismo dos funcionários; e restrição causada pela cultura corporativa.
Cheshmberah et al. (2011)	Provê acesso a diversos mercados; é importante na percepção dos consumidores e; é difícil de imitar.
Fu, Bi e Wang (2014)	Sistema de gestão; eficiência da organização; satisfação do cliente; capacidade de gerenciamento de informações de custos de engenharia; capacidade de consultoria de projeto; habilidade para pesquisa e desenvolvimento de tecnologia; margem de lucro do produto principal; manutenção e aumento da taxa de capital; proporção dívida/ativos; funcionários; qualidade dos funcionários; introdução e cultivo de talentos; habilidade de aprendizado da organização; <i>marketshare</i> ; contratos fora da região e; taxa de sucesso da licitação.
Shen et al. (2015)	Nível de equipamento e habilidade técnica; número de patentes; produtividade de trabalho; qualidade de gestão; qualidade do conhecimento; relação financeira atual; volume de contas a receber; relação entre ativos e passivos; taxa de retorno dos ativos líquidos; taxa de giro de capital; taxa de giro de inventário; taxa de rotatividade total de ativos; satisfação do consumidor; fatia de mercado dos produtos principais; cobertura de mercado; margem de lucro dos produtos principais; nível educacional dos trabalhadores; custo de treinamento; tempo de treinamento; média de anos de trabalho; número médio de vezes que a empresa participa de eventos públicos; custo médio anual de participação em eventos públicos; perspectiva mental dos empregados; grau de influência da filosofia da empresa no desenvolvimento corporativo; equipe de P&D; habilidade de inovar com universidades/institutos e; habilidade de desenvolvimento.

Fonte: O autor.

Por fim, para o terceiro grupo, diversos autores também apresentam critérios a serem utilizados. A Tabela 6 apresenta os critérios utilizados na etapa de Ordenação das fontes de fornecimento.

Tabela 6 - Critérios utilizados na etapa de ordenação das fontes de fornecimento

Autores	Critérios
Padillo e Diaby (1999)	Qualidade; confiabilidade; imagem; entrega; flexibilidade; custo; relações internas; relações externas; coordenação e planejamento; inteligência funcional; apropriação de risco; difusão da tecnologia; degradação do produto final; risco de descontinuidade; investimento e; retorno sobre o investimento.
Udo (2000)	Importância estratégica; interesse dos <i>stakeholders</i> ; custo; problemas com terceirizados e; ambiente da empresa.
Platts, Probert e Cárnez (2002)	Qualidade; confiabilidade; entrega; flexibilidade; relações externas; custo; capacidade produtiva; capacidade tecnológica; habilidade; controle de inventário; sistemas de informação; treinamento e; engenharia para mudança.
Hwang, Ko, Goan (2007)	Garantia e confiabilidade do suprimento; custo; investimento; retorno sobre o investimento; apropriação de risco; risco de difusão da tecnologia; risco de degradação do produto final; risco relativo à incerteza com relação à tecnologia; importância da tecnologia para vantagem competitiva; maturidade da tecnologia e; benchmarking.
Valois e Almeida (2009)	Qualidade; rapidez; credibilidade; flexibilidade e; custo.
Cheshmberah, Ahmad e Seyedhosseini (2010)	Risco de danos às CE; risco de vazamento de informações; capacidade; habilidade e; custo.
Lee e Walsh (2011)	Aumentar o retorno financeiro; gestão de custos; oportunidades limitadas para o desenvolvimento dos trabalhadores; foco nas atividades principais; competição; perda de controle institucional; recessão e; tendência nacional.
Cheshmberah et al. (2011)	Risco de vazamento de informações sobre o volume do produto; risco de vazamento de informações estratégicas; custo e; capacidade tecnológica.
Shiue e Lin (2012)	Qualidade de vida; imagem da empresa; redução de custos; benefícios econômicos e financeiros; custo de transporte; custo de equipamentos e construção; custo de mão-de-obra; custo de manutenção; custo de oportunidade; custos para aprendizado; risco do cliente; risco financeiro; risco do processo interno; risco de aprendizado e inovação; risco político e de legislação; vantagem competitiva; consciência ambiental; responsabilidade social; economia de energia e; política governamental.
Senthil, Srirangacharyulu e Ramesh (2012)	Flexibilidade; fatores econômicos; gestão; funções da logística reversa e; aplicações de TI.
Tjader et al. (2014)	Qualidade; satisfação do cliente; estabilidade do preço; lucratividade; fluxo de caixa; economia de dinheiro; expertise e <i>know-how</i> ; tecnologia e P&D; satisfação dos funcionários; foco em competências essenciais; certificação; liderança da organização e; banco de dados do cliente.
Hsueh e Lin (2015)	Qualidade de vida; imagem da empresa; redução de custos; benefícios econômicos e financeiros; custo de transporte; custo de equipamentos e construção; custo de mão-de-obra; custo de manutenção; custo de oportunidade; custos para aprendizado; risco do cliente; risco financeiro; risco do processo interno; risco de aprendizado e inovação; risco político e de legislação; vantagem competitiva; consciência ambiental; responsabilidade social; economia de energia e; política governamental.

Fonte: O autor.

Pode-se notar, observando os resultados da revisão sistemática, que uma grande quantidade de critérios vem sendo utilizada para avaliar questões relacionadas ao processo decisório de fazer ou comprar. Soma-se a isso o fato de que, conforme a necessidade de cada situação, outros critérios podem ser utilizados aumentando ainda mais a esse número. Pode-se considerar também nesta etapa, os critérios previamente utilizados (primeiro ou segundo grupo de critérios).

Essa grande quantidade de critérios pode tornar a análise do problema difícil para os tomadores de decisão. Para lidar com esse problema, alguns pesquisadores têm feito uso de métodos de decisão multicritério para reduzir o número de critérios a serem utilizados, ou seja, para considerar no processo decisório apenas critérios que sejam relevantes naquela situação. Esses trabalhos tem sido feitos na área de seleção de fornecedores (LIMA JUNIOR; CARPINETTI, 2016; SULTANA; AHMED; AZEEM, 2015), avaliação de periódicos (STEFANO, 2014), decisões no setor público (CUTRIM; TRIST, 2010), entre outros.

Sendo assim, os resultados da revisão sistemática apontam algumas oportunidades de pesquisa a serem desenvolvidas por este trabalho.

Pode-se observar que diversos métodos de decisão próprios para ordenação, são adaptados para categorização, mas há um campo inteiro de pesquisa voltado somente para métodos de categorização. Eles podem ser explorados no contexto de decisão de fazer ou comprar.

Outra oportunidade de avanço nessa área é a utilização de métodos de decisão em grupo. Entre os trabalhos encontrados na revisão sistemática, nenhum considera a questão da decisão em grupo para a tomada de decisão. Em um ambiente organizacional, a decisão em grupo pode trazer inúmeras vantagens frente à decisão individual (essas vantagens são apresentadas na Seção 3.1).

Na revisão sistemática realizada, não se encontrou trabalhos que considerassem a etapa de seleção de critérios para a problemática de decisão de fazer ou comprar. Essa é uma questão que pode ser trabalhada reduzindo o número de critérios a serem avaliados e, por consequência, a complexidade da decisão.

Sendo assim, o Capítulo 3 trará o embasamento teórico para o preenchimento das lacunas referentes à aplicação dos métodos de decisão multicritério no apoio à decisão de fazer ou comprar.

3. ANÁLISE DE DECISÃO MULTICRITÉRIO

A análise de decisão multicritério (do inglês *Multi-criteria Decision Analysis – MCDA*) pode ser definida como a combinação de três características em um processo decisório: (1) a abordagem formal; (2) a presença de múltiplos critérios; e (3) as decisões são feitas pela avaliação de um indivíduo ou grupos de indivíduos (MENDOZA; MARTINS, 2006). Ela provê um método sistemático para analisar alternativas com relação a determinados critérios, levando em conta as preferências de um ou mais tomadores de decisão e, dessa forma, ajuda a obter o resultado que satisfaça melhor as necessidades da organização (HUANG; KEISLER; LINKOV, 2011).

Diferentemente das decisões tomadas baseadas em um único critério ou medida única agregada (como custo, por exemplo) em que são, por muitas vezes, usados métodos de otimização, as decisões que envolvem múltiplos critérios têm por objetivo categorizar, selecionar ou ordenar alternativas para as quais é necessário avaliar fatores diversos muitas vezes conflitantes entre si (FÜLÖP, 2001; HUANG; KEISLER; LINKOV, 2011; LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2014).

Outro fator importante, quando se trata da análise de decisão multicritério, está relacionado ao tipo de regras utilizadas para julgar as alternativas de acordo com os critérios. Segundo De Boer, Wegen e Telgen (1998), há basicamente dois tipos de regras a serem utilizadas, as compensatórias e as regras não compensatórias. As regras compensatórias são regras em que o desempenho ruim em um ou mais critérios pode ser compensada pelo desempenho bom em outros. Já as regras não compensatórias são regras em que um desempenho ruim em um ou mais critérios não é compensado por um desempenho bom em outros (AISSAOUI; HAOUARI; HASSINI, 2007; DE BOER; WEGEN; TELGEN, 1998).

Esse tipo de análise de decisão é, muitas vezes, apoiado por métodos de decisão multicritério, conferindo-lhe confiabilidade e consistência nos julgamentos ou avaliações dos tomadores de decisão (FÜLÖP, 2001). Esses métodos auxiliam os tomadores de decisão a analisar situações complexas levando em conta critérios pré-estabelecidos (muitas vezes conflitantes) para que se possa chegar a uma solução satisfatória (CHAI; LIU; NGAI, 2013; LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2014)

Os critérios avaliados nesses métodos podem ser tanto qualitativos quanto quantitativos. Segundo Tchemra (2009), os métodos de decisão multicritério se caracterizam pela capacidade de incorporar os dois tipos em sua avaliação. Para Cainta (2010), os critérios quantitativos se concentram em fatos, dados e aspectos numéricos. Já os critérios qualitativos são aqueles que necessitam julgamento de especialistas com habilidade e conhecimento sobre o assunto.

Por muitas vezes, realizar os julgamentos torna-se difícil para os tomadores de decisão devido à incerteza com relação às pontuações dos critérios e alternativas. Azadegan et al. (2011) citam que, quando a decisão envolve questões relacionadas à manufatura, a incerteza pode ser causada por fatores internos (seres humanos, máquinas ou pelo sistema da organização) ou fatores externos (política, forças do mercado, comportamentos competitivos, entre outros). Para lidar melhor com essa incerteza Zadeh (1965), criou a teoria dos conjuntos *fuzzy*. Essa teoria será apresentada na Seção 3.2.1.

3.1. Tomada de decisão em grupo

A análise de decisão multicritério pode ser realizada por um indivíduo ou um grupo de indivíduos. Quando é realizada por um único indivíduo, ele avalia as alternativas de acordo com os critérios estabelecidos e toma uma decisão. Já quando a decisão é realizada por um grupo de indivíduos, há necessidade de que eles interajam entre si para que se chegue a uma decisão (FÜLÖP, 2001).

A habilidade de tomar decisões coletivas apropriadas é crucial para indivíduos e organizações e, para isso, há um campo inteiro de estudo voltado para esse tipo de decisão chamado “Decisão em grupo e negociação” (KILGOUR; CHEN; HIPEL, 2012). Esse tipo de decisão é importante pois, incluir pessoas com características únicas no que se refere a conhecimento, habilidade e personalidade, é um fator relevante para o processo decisório, mas ao mesmo tempo, pode trazer opiniões divergentes (DAHER; ALMEIDA, 2012; FÜLÖP, 2001).

O campo de estudo de decisão em grupo e negociação é dividido em duas grandes áreas que são definidas por Kilgour, Chen e Hipel (2012) como:

- ✓ **Decisão em grupo:** é um problema de decisão compartilhado por duas ou mais partes interessadas, que precisam tomar uma decisão para a qual todas as partes terão responsabilidade.

- ✓ **Negociação:** é um processo em que duas ou mais partes interessadas independentes podem tomar uma decisão coletiva ou não tomar decisão.

Segundo Kilgour, Chen e Hipel (2012) há diferenças claras entre elas. Uma delas é que na decisão em grupo, a decisão precisa ser tomada. Já no que diz respeito à negociação não (uma das partes pode simplesmente deixar a negociação). Outra delas é que a decisão em grupo geralmente é feita por pessoas que tem algo em comum (funcionários de uma empresa por exemplo) e visam um objetivo comum. Na negociação, por outro lado, os envolvidos têm interesses parcialmente ou inteiramente opostos.

O foco desse trabalho, no que tange à decisão coletiva, está voltado para a decisão em grupo, uma vez que, as características da decisão (fazer ou comprar) indicam que ela precisa ser tomada, todas as partes têm responsabilidade e as partes também visam um objetivo comum (não um objetivo parcialmente ou inteiramente oposto).

No que diz respeito às vantagens, a decisão em grupo se mostra superior à decisão individual pois ela apresenta melhor capacidade de processar informações passadas (CHALOS; PICKARD, 1985), apresenta maior racionalidade e entendimento do problema (BORNSTEIN; YANIV, 1998), apresenta melhores resultados (BLINDER; MORGAN, 2000), supera as decisões individuais nos quesitos aprendizado, rapidez e atuação estratégica (COOPER; KAGEL, 2005) e demonstra melhor percepção no equilíbrio entre risco e retorno (ROCKENBACH; SADRIEH; MATHAUSCHEK, 2007).

Devido a essas vantagens, acredita-se que acrescentar conceitos de decisão em grupo para o problema de fazer ou comprar pode trazer vantagens significativas para o processo decisório, resultando em decisões mais racionais, com melhor percepção entre risco e retorno, melhor entendimento do problema e, por consequência, um resultado mais satisfatório para a organização.

3.2. Métodos de decisão multicritério

3.2.1. Conceitos fundamentais da teoria dos conjuntos fuzzy

O termo *fuzzy* significa vago, incerto, impreciso, subjetivo ou difuso (CORCOLL-SPINA, 2010) e, por isso, foi escolhido por Zadeh (1965) para dar nome a um tipo de conjunto diferente dos convencionais (também chamados *crisp* ou não *fuzzy*).

Nos conjuntos *crisp*, os elementos pertencem ou não a um conjunto, ou seja, possuem apenas dois valores possíveis para o grau de pertinência: zero se não pertencem ao conjunto e um se pertencem. A expressão de pertencimento (ou de pertinência) para um conjunto *crisp* é:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{se } x \in A \\ 0 & \text{se } x \notin A \end{cases} \quad (1)$$

Segundo Hanss (2005), um exemplo seria o congelamento da água. Se uma temperatura é zero ou está abaixo de zero, significa que há o congelamento da água. Se está acima de zero significa que não há o congelamento da água. Dessa forma, se houver a necessidade de identificar o conjunto que contém as temperaturas em que a água está congelada, deve-se selecionar o que contém as temperaturas menores ou iguais a zero. A expressão de pertinência para um conjunto *crisp* que possui as temperaturas em que o estado da água é sólido é:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{para } x \leq 0 \\ 0 & \text{para } x > 0 \end{cases} \quad (2)$$

Essa lógica permite uma definição que explicita claramente os elementos que pertencem ao conjunto sem nenhum tipo de ambiguidade. Segundo Hanss (2005), ela atinge seu limite quando as propriedades, que indicam se um elemento deve pertencer ou não ao conjunto, são definidas de tal forma que não é possível decidir claramente pela inclusão ou exclusão do elemento daquele conjunto.

Tomando ainda o exemplo de Hanss (2005) sobre a temperatura da água, o autor cita o conjunto das temperaturas consideradas baixas. Para este conjunto, não faz sentido definir fronteiras claras pois, a temperatura considerada baixa para água varia de acordo com a percepção de cada indivíduo. Como visto no exemplo para a água no estado sólido, a função de pertencimento (ou de pertinência, μ_x) de um conjunto *crisp* possui dois valores, um e zero (ou seja, pertence ou não pertence ao conjunto respectivamente). Na lógica *fuzzy* (teoria mais adequada para caracterizar o conjunto das temperaturas consideradas baixas para a água) o grau de pertinência pode assumir qualquer valor entre zero e um, e representa o quanto aquele elemento pertence ao dado conjunto.

Dessa forma, a Teoria dos Conjuntos *Fuzzy* (*Fuzzy Set Theory –FST*) proposta por Zadeh (1965), traz consigo os seguintes conceitos:

Seja X um conjunto de objetos expressos genericamente por x , então um conjunto $\tilde{A}$ em X é caracterizado por uma função de pertinência que associa cada ponto em X a um número real no intervalo $[0, 1]$ que é representado por (ZADEH, 1965):

$$\mu_{\tilde{A}}(x):X \rightarrow [0, 1] \quad (3)$$

Seja $\mu_{\tilde{A}}(x)$ a função de pertinência de um número *fuzzy* esta deve satisfazer as seguintes condições (ZADEH, 1965):

(1) Convexidade: Um conjunto *fuzzy* é convexo se, e somente se:

$$\mu(\lambda * x_1 - (1-\lambda) * x_2) \geq \text{MIN}\{\mu(x_1), \mu(x_2)\}, \text{ com } \lambda \in [0,1] \text{ e } x_1, x_2 \in X \quad (4)$$

(2) Normalidade: Um conjunto *fuzzy* obedece à regra de normalidade se, e somente se:

$$\mu(x) = 1, \text{ para algum } x \in X \quad (5)$$

A cardinalidade de um conjunto *fuzzy* é definida pelo número de elementos contidos neste mesmo conjunto. Ela pode ser expressa da seguinte forma (ZADEH, 1965):

$$\text{CARD}(A) = |A| \quad (6)$$

Seja X um conjunto de objetos expressos genericamente por x , então um conjunto *fuzzy* $\tilde{A}$ é um conjunto de pares formados por elementos x e graus de pertinência $\mu_{\tilde{A}}(x)$ de acordo com a expressão (ZADEH, 1965):

$$\tilde{A} = \left\{ \left(x, \mu_{\tilde{A}}(x) \right) \mid x \in X, \mu_{\tilde{A}}(x) \in [0,1] \right\} \quad (7)$$

Na lógica *fuzzy*, cada termo linguístico (TL) é representado por uma função de pertinência e o conjunto desses termos linguísticos forma uma variável linguística. Para exemplificar este fato pode-se citar o exemplo da água em que para a variável linguística temperatura da água, pode-se utilizar os TLs fria, morna e quente. A Figura 6 apresenta a variável linguística temperatura da água com seus TLs.

Figura 6 - Exemplo de variável linguística temperatura da água e seus termos linguísticos

Fonte: O autor.

Na Figura 6, pode-se observar que até a temperatura de 12,5 °C a água pertence somente ao conjunto das temperaturas consideradas frias. Sendo assim, o grau de pertinência para o conjunto das temperaturas frias é um e para os demais conjuntos é zero. De 12,5 °C à 22,5 °C a água pertence a dois conjuntos simultaneamente (fria e morna). Dessa forma, os graus de pertinência dos dois conjuntos estão entre zero e um e a soma deles é igual a um. Dessa forma tem-se:

$$\{[0 \leq \mu_f(x) \leq 1 \text{ e } 0 \leq \mu_m(x) \leq 1] \mid \mu_f(x) + \mu_m(x) = 1\} \quad (8)$$

Já para as temperaturas entre 22,5 °C e 27,5 °C tem-se que a água pertence ao conjunto morna, ou seja, o grau de pertinência para este conjunto é 1 e zero para os demais conjuntos. De 27,5 °C à 37,5 °C a temperatura pertence a dois conjuntos simultaneamente (morna e quente) e para os dois conjuntos o grau de pertinência está entre 0 e 1 e a soma deles é igual a um. Dessa forma tem-se:

$$\{[0 \leq \mu_m(x) \leq 1 \text{ e } 0 \leq \mu_q(x) \leq 1] \mid \mu_m(x) + \mu_q(x) = 1\} \quad (9)$$

Por fim, para as temperaturas maiores que 37,5 °C tem-se que a água é considerada quente, ou seja, para estas temperaturas, o grau de pertinência da água para o conjunto quente é 1 e para os demais conjuntos é zero.

As funções de pertinência na teoria *fuzzy* podem ser representadas por diversas formas. Para o exemplo da água foi utilizada uma função trapezoidal, mas as funções de pertinência também podem ser representadas por outras funções dentre as quais se destacam as triangulares (PEDRYCZ; GOMIDE, 2007).

As funções triangulares são aquelas em que a função de pertinência apresenta um valor nulo, depois um comportamento crescente constante (em que o valor de pertencimento vai de zero a um), em seguida um valor decrescente constante (em que o valor de pertencimento vai de um a zero) e por fim um valor nulo novamente (PEDRYCZ; GOMIDE, 2007). A Figura 7 apresenta a representação de uma função triangular.

Figura 7 - Exemplo de uma função de pertinência triangular

Fonte: Pedrycz e Gomide (2007)

Para o cálculo do valor de $\mu_a(x)$ em funções triangulares, tem-se a seguinte expressão (PEDRYCZ; GOMIDE, 2007):

$$\mu_a(x) = \begin{cases} 0, & \text{se } x \leq a \\ \frac{x-a}{m-a}, & \text{se } x \in [a, m] \\ \frac{b-x}{b-m}, & \text{se } x \in [m, b] \\ 0, & \text{se } x \geq b \end{cases} \quad (10)$$

As funções trapezoidais são aquelas que apresentam um comportamento nulo até determinado valor, depois um comportamento crescente constante (em que o valor de pertencimento vai de zero a um), um valor constante em 1, em seguida um valor decrescente constante (em que o valor de pertencimento vai de um a zero) e, por fim, um valor nulo novamente (PEDRYCZ; GOMIDE, 2007). A Figura 8 apresenta a função de pertinência trapezoidal.

Figura 8 - Exemplo de uma função de pertinência trapezoidal

Fonte: Pedrycz e Gomide (2007)

Para o cálculo do valor de $\mu_a(x)$ em funções trapezoidais, tem-se a seguinte expressão (PEDRYCZ; GOMIDE, 2007):

$$\mu_a(x) = \begin{cases} 0, & \text{se } x \leq a \\ \frac{x-a}{m-a}, & \text{se } x \in [a, m] \\ 1, & \text{se } x \in [m, n] \\ \frac{b-x}{b-n}, & \text{se } x \in [n, b] \\ 0, & \text{se } x \geq b \end{cases} \quad (11)$$

A escolha das funções de pertinência para representar os termos linguísticos, depende do comportamento da variável em questão. No caso da água, optou-se pela função trapezoidal por acreditar-se que ela se adequa mais à percepção humana sobre a temperatura do fluido.

3.2.2. O método Fuzzy Delphi

O método Delphi foi desenvolvido por Dalkey e Helmer (1963) na Rand Corporation com a finalidade de se obter consenso entre especialistas em um determinado assunto. Nele os especialistas são consultados de forma individual e separada para que não haja constrangimento na hora dos julgamentos. O resultado do processo é obtido em até quatro rodadas de consultas. O método proporciona relatórios de *feedback* entre as rodadas contendo a média, mediana e desvio padrão das respostas de todos os especialistas, de forma com que estes possam saber o comportamento do grupo (DALKEY; HELMER, 1963; KARDARAS; KARAKOSTAS; MAMAKOU, 2013; STEFANO, 2014).

Uma crítica feita a esse método é que há baixa convergência entre as opiniões dos especialistas e altos custos de execução. Para combater esses problemas uma combinação desse método com a teoria *fuzzy* foi proposta (CHANG; WANG, 2006).

O método *Fuzzy-Delphi* (MFD) não requer diversas rodadas de avaliações uma vez que, a teoria *fuzzy* é própria para lidar com a imprecisão dos julgamentos dos especialistas. O MFD descrito neste trabalho é baseado na teoria utilizada por Chang e Wang (2006), Kuo e Chen (2008) e Wang e Durugbo (2013) e consiste em quatro passos, são eles:

✓ **Passo 1:** organizar um painel de especialistas e aplicar um questionário que permita que eles expressem suas opiniões de acordo com a importância de cada critério. As avaliações devem ser feitas em uma escala numérica de importância variando de um a cinco (menos importante e mais importante respectivamente). Os resultados são computados como $R_{ik} \in S$ onde R_{ik} representa o critério i avaliado pelo especialista k .

✓ **Passo 2:** Após coletadas as opiniões dos especialistas deve-se determinar o número triangular *fuzzy* $O_i = (B_i, M_i, A_i)$ para cada critério i sendo calculados como segue (CHANG; WANG, 2006; KUO; CHEN, 2008; WANG; DURUGBO, 2013).

B_i é dado pelo mínimo valor de avaliação dado pelos especialistas.

$$B_i = \min(M_{ik}) \quad (12)$$

M_i é dado pela média geométrica das avaliações dos especialistas para o critério i , sendo calculado da seguinte forma:

$$M_i = (R_{i1} \times R_{i2} \times \dots \times R_{ik})^{\frac{1}{k}} \quad (13)$$

A_i é dado pelo máximo valor de avaliação dado pelos especialistas.

$$A_i = \max(A_{ik}) \quad (14)$$

✓ **Passo 3:** Após determinar o valor do número triangular *fuzzy* para cada critério, deve-se utilizar um método de desfuzzificação. O método usado pelos autores é o método do centro de área que é calculado da seguinte forma (CHANG; WANG, 2006; KUO; CHEN, 2008; WANG; DURUGBO, 2013):

$$G_i = \frac{(A_i - B_i) + (M_i - B_i)}{3} + B_i \quad (15)$$

✓ **Passo 4:** Definir um limite α e comparar com o valor desfuzzificado de acordo com as seguintes regras (CHANG; WANG, 2006; KUO; CHEN, 2008; WANG; DURUGBO, 2013).

$$\text{Se } G_i \geq \alpha, \text{ então a alternativa é selecionada} \quad (16)$$

$$\text{Se } G_i < \alpha, \text{ então a alternativa é descartada} \quad (17)$$

3.2.3. O método Fuzzy-QFD

O QFD (sigla do inglês *Quality Function Deployment*) foi desenvolvido no final da década de 60 pelos professores Akao e Mizuno como um método capaz de auxiliar a garantia da qualidade durante o processo de desenvolvimento de produtos (MELO FILHO; CHENG, 2007). Ele é constantemente utilizado para entender os requisitos dos clientes e relacioná-los com os atributos técnicos de um determinado produto. Isso é feito por meio de diversas hierarquias chamadas casas da qualidade (CAI; YAN, 2016; SOHN; CHOI, 2001). A Figura 9 apresenta um exemplo de casa da qualidade.

Figura 9 - Casa da qualidade

Fonte: Traduzido de Cai e Yan (2016)

Em sua forma tradicional (não combinada com outra teoria), o QFD expressa as relações entre os requisitos do cliente e os atributos técnicos usando termos linguísticos. Ao associar esses termos linguísticos a números *crisp* (não *fuzzy*), o método falha em lidar com a incerteza dos membros do time de decisão (VINODH et al., 2016).

Para lidar com esse problema, o método de decisão *Fuzzy*-QFD foi proposto. Ela é uma combinação da teoria dos conjuntos *fuzzy* com a ferramenta da qualidade QFD. Há diversas formas de combinar essas duas teorias e elas tem sido aplicadas em diversas áreas como design sustentável (VINODH et al., 2016), seleção de empreiteiros (JUAN et al., 2009), seleção de processos pra reengenharia (HAKIN; GHEITASI; SOLTANI, 2016), seleção de fornecedores (BEVILACQUA; CIARAPICA; GIACCHETTA, 2006), entre outros.

No que diz respeito à ponderação de critérios, o QDF possui uma forma própria de atribuição de pesos por meio da análise da intensidade de relacionamento destes critérios com os requisitos dos clientes. Essa forma de ponderação tem sido utilizada em diversos trabalhos (BEVILACQUA; CIARAPICA; GIACCHETTA, 2006; BOTTANI; RIZZI, 2006; DURSUN; KARSAK, 2013; JUAN et al., 2009; SHEN; TAN; XIE, 2001; TSAI; LO; CHANG, 2003; VINODH et al., 2016; WANG, 1999).

A teoria apresentada neste trabalho sobre a adaptação do QFD para contemplar a teoria dos conjuntos *fuzzy* é baseada no trabalho de Juan et al. (2009) e consiste em sete passos. São eles:

✓ **Passo 1: Identificar os Requisitos dos Clientes (RC):** Para isso, pode-se utilizar questionários ou entrevistas com os interessados.

✓ **Passo 2: Determinar os critérios para avaliar as alternativas (CA):** Para isso, pode-se utilizar a literatura sobre o tema ou entrevistas com especialistas no assunto.

✓ **Passo 3: Computar os pesos dos RC:** Os pesos devem ser baseados em informações dadas pelos clientes. As informações dadas pelos clientes, neste caso, são dadas em forma de termos linguísticos (Baixo, Médio, Alto, Muito Alto, entre outros) e representam números *fuzzy* triangulares que são agregados com a Equação 18 (JUAN et al., 2009).

$$E_i = \frac{1}{k} \otimes (BE_i^k, ME_i^k, AE_i^k) \quad (18)$$

Onde E_i é o número *fuzzy* médio (média aritmética *fuzzy* do i -ésimo CA determinado por todos os k tomadores de decisão) e os valores BE_i , ME_i e AE_i correspondem aos valores baixo, médio e alto do i -ésimo CA.

Para a desfuzzificação, como sugerido por Facchinetti, Ricci e Muzziolli (1998), é utilizada a Equação 19 (JUAN et al., 2009).

$$NF_i = \frac{(BE_i + 2ME_i + AE_i)}{4} \quad (19)$$

Por fim, o peso W_{wi} de cada um dos RC é calculado pela Equação 20 (JUAN et al., 2009).

$$W_{wi} = \frac{NF_i}{\sum_{i=1}^p NF_i} \quad (20)$$

✓ **Passo 4: Construir uma matriz de relação RC x CA:** Obtida por meio da opinião de diferentes clientes, ela define a correlação entre os RC e os CA. Essa matriz é importante para o cálculo dos pesos dos CA, uma vez que eles devem considerar os valores (R_{ij}) dessa matriz que podem ser calculados pela Equação 21 (JUAN et al., 2009).

$$R_{ij} = (BL_{ij}, ML_{ij}, AL_{ij}) = \frac{1}{k} \otimes \left[\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q \sum_{k=1}^m E_{ij}^k \right] \quad (21)$$

Onde R_{ij} é a matriz RC x CA de números ponderados para o i -ésimo RC e o j -ésimo CA determinado por todos os k tomadores de decisão.

✓ **Passo 5: Computar os pesos dos CA:** Baseando-se na matriz de relação RC x CA determina-se as preferências dos clientes para cada critério. Esses pesos são calculados por meio da Equação 22 (JUAN et al., 2009).

$$W_{Hj} = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q (w_{wi} \otimes R_{ij}) \quad (22)$$

✓ **Passo 6: Avaliar as alternativas:** Os clientes avaliam as características das alternativas de acordo com cada serviço ou especificação.

✓ **Passo 7: Criar um ranking de alternativas:** As alternativas são ordenadas de acordo com as informações obtidas nas fases anteriores. Para isso é atribuído um valor de desempenho para cada alternativa por meio das Equações 23 e 24 (JUAN et al., 2009).

$$R_{ij} = (BT_{hj}, MT_{hj}, AT_{hj}) = \frac{1}{k} \otimes \left[\sum_{h=1}^r \sum_{j=1}^q \sum_{k=1}^m E_{hj}^k \right] \quad (23)$$

$$W_{Cj} = \frac{1}{q} \sum_{h=1}^r \sum_{j=1}^q (W_{Hj} \otimes T_{hj}) \quad (24)$$

Onde T_{hj} é a matriz de ordenação dos números *fuzzy* ponderados para a h -ésima alternativas e o j -ésimo CA determinado por todos os k tomadores de decisão por meio das Equações 25 e 26.

$$NF_{hj} = \frac{(BE_{hj} + 2ME_{hj} + AE_{hj})}{4} \quad (25)$$

$$W_{cj} = \frac{NF_{hj}}{\sum_{i=1}^p NF_{hj}} \quad (26)$$

Com W_{Cj} sendo o peso da alternativa. Quanto maior o peso, mais preferível é a alternativa.

3.2.4. Conceitos fundamentais da representação linguística 2-Tuple

Analisando os métodos baseados na representação linguística *fuzzy* para suporte à tomada de decisão, Herrera e Martinez (2000a) observam que os resultados obtidos no processo de agregação (saída), geralmente não coincidiam com os termos linguísticos de entrada. Devido a esse fato, houve a necessidade de que um processo de aproximação fosse desenvolvido para que o resultado fosse expresso no domínio inicial. Esse processo de aproximação, segundo Carlson e Fullér (2000), gera perda de informação e imprecisão na tomada de decisão.

Para superar essa limitação, Herrera e Martínez (2000a) criaram uma nova representação linguística chamada *2-Tuple* que, segundo os autores, tem como maior vantagem ser contínua no universo de discurso.

Essa nova representação linguística é uma extensão da representação linguística utilizada na Teoria dos Conjuntos *Fuzzy* e tem sido utilizada para auxiliar na tomada de decisão

em diversas áreas. Na área de suprimentos, Dursun e Karsak (2012) e Dursun e Karsak (2013) utilizam essa representação linguística combinada com outros métodos para criar uma ordenação para seleção de fornecedores. Já Chang, Wang e Wang (2007) e Balezentis e Balezentis (2011), fazem uso dela para avaliar o desempenho de fornecedores. Também analisando a área de suprimentos mas com relação à cadeia, Yeh, Cheng e Chi (2007) propõem uma forma de avaliação do desempenho da gestão da cadeia de suprimentos baseada em *2-Tuple*. A utilização desta representação linguística também tem sido feita em outras áreas como: a definição da estratégia para o fim de vida do produto (DHOUIB; ELLOUMI, 2011), avaliação de risco para alta tecnologia (YU, 2009), seleção de projetos (HALOUANI; CHABCHOUB; MARTEL, 2009), entre outros.

A representação linguística *2-Tuple* consiste em um par de valores $(s_i, \alpha) \in \bar{S} \equiv S \times [-0.5, 0.5)$. O valor $s_i \in S$ é um termo linguístico (alto, baixo, bom, ruim, entre outros) e o termo de translação simbólica $\alpha \in [-0.5, 0.5)$ é um valor numérico. Essa representação linguística traz consigo a seguinte teoria:

✓ **Definição 1** – O termo de translação simbólica é um valor numérico no intervalo $[-0.5, 0.5)$. Ele dá suporte à diferença entre a informação β avaliada no intervalo de granularidade $[0, g]$ do conjunto de termos S e o valor inteiro mais próximo em $\{0, \dots, g\}$ que indica o índice do termo linguístico mais próximo em S (HERRERA; MARTINEZ, 2000b).

✓ **Definição 2** – Seja $S = \{s_0, \dots, s_g\}$ um conjunto de termos linguísticos e $\beta \in [0, g]$ um valor que suporte o resultado da operação de agregação simbólica então, um valor *2-Tuple* que expressa a informação equivalente para β é obtido conforme a Equação 27 (HERRERA; MARTINEZ, 2000b).

$$\Delta : [0, g] \rightarrow \bar{S} \times [-0.5, 0.5)$$

$$\Delta(\beta) = (s_i, \alpha), \text{ com } \begin{cases} s_i, \text{ arredondamento } (\beta) \\ \alpha = \beta - i, \alpha \in [-0.5, 0.5) \end{cases} \quad (27)$$

Sendo arredondamento a operação usual de arredondamento, i o índice do conjunto mais próximo s_i para β e α o valor da translação simbólica.

Da mesma forma há uma função inversa, representada pela Equação 28 (HERRERA; MARTINEZ, 2000b).

$$\Delta^{-1} : \bar{S} \times [-0.5, 0.5) \rightarrow [0, g]$$

$$\Delta^{-1}(s_i, \alpha) = i + \alpha = \beta \quad (28)$$

Observação 1 – A conversão de um termo linguístico em *2-Tuple* consiste em adicionar um valor 0 como translação simbólica conforme apresentado na Equação 29 (MARTÍNEZ; HERRERA, 2012).

$$s_i \in S \Rightarrow (s_i, 0) \in \bar{S} \quad (29)$$

Para exemplificar esta conversão, supõe-se que $\beta = 4,35$ é um valor representando uma operação de agregação simbólica para os termos $S = \{s_0: Nada, s_1: Muito\ baixo, s_2: Baixo, s_3: Médio, s_4: Alto, s_5: Muito\ alto, s_6: Perfeito\}$, a expressão *2-Tuple* para a informação equivalente de β é $(Alto, 0.35)$. Isso pode ser observado na Figura 10.

Figura 10 - Exemplo de representação linguística *2-Tuple*

Fonte: O autor.

Observação 2 – O modelo linguístico *2-Tuple* pode ser utilizado com qualquer tipo de função de pertinência que suporte a semântica dos TLs (triangular, trapezoidal, entre outros) melhorando a precisão dos métodos simbólicos clássicos, mas o uso de funções de pertinência triangulares produz resultados mais precisos (MARTÍNEZ; HERRERA, 2012).

Conversão de valores *crisp* para valores *2-Tuple* – Para realizar a conversão de valores *crisp* em valores linguísticos *2-Tuple*, usa-se uma sequência de passos que são demonstrados como segue (HERRERA; MARTINEZ, 2000b):

Seja $\vartheta \in [0,1]$ um valor numérico e $S = \{s_0, \dots, s_g\}$ um conjunto de termos linguísticos, obtém-se a representação linguística *2-Tuple* que representa a informação de ϑ convertendo-se ϑ em um conjunto *fuzzy* em S e em seguida convertendo-se o conjunto *fuzzy* na representação linguística *2-Tuple* avaliada em S . A Figura 11 apresenta a sequência de passos para a conversão de valores *crisp* em valores linguísticos *2-Tuple*.

Figura 11 - Passos para conversão de valores *crisp* em representação linguística *2-Tuple*

Fonte: Traduzido de Herrera e Martinez (2000b).

Para o primeiro passo, transformar o número *crisp* em um conjunto *fuzzy*, tem-se a seguinte definição:

Seja $\vartheta \in [0,1]$ um valor numérico e $S = \{s_0, \dots, s_g\}$ um conjunto de termos linguísticos, a função τ transforma ϑ em um conjunto *fuzzy* S conforme a Equação 30.

$$\tau: [0, 1] \rightarrow F(S)$$

$$\tau(\vartheta) = \{(s_0, w_0), \dots, (s_g, w_g)\}, s_i \in S \text{ e } w_i \in [0, 1] \text{ tal que}$$

$$\mu_{s_i} = \begin{cases} 0, & \text{se } \vartheta \notin \text{Suporte}(\mu_{s_i}(x)) \\ \frac{\vartheta - a_i}{b_i - a_i}, & \text{se } a_i \leq \vartheta \leq b_i \\ \frac{b_i - \vartheta}{b_i - c_i}, & \text{se } b_i \leq \vartheta \leq c_i \end{cases} \quad (30)$$

Após converter o valor numérico *crisp* em um conjunto *fuzzy* em S , o passo seguinte consiste em obter a representação linguística *2-Tuple* em S . Para isso utiliza-se a função χ que é definida como segue.

Seja $\tau(\vartheta) = \{(s_0, w_0), \dots, (s_g, w_g)\}$ um conjunto *fuzzy* que representa um valor numérico $\vartheta \in [0,1]$ sobre o conjunto de termos linguísticos $S = \{s_0, \dots, s_g\}$, obtém-se um valor numérico que representa a informação do conjunto *fuzzy* avaliada no intervalo $[0, g]$ por meio da função χ conforme a Equação 31.

$$\chi: F(S_T) \rightarrow [0, g]$$

$$\chi(\tau(\vartheta)) = \chi\{(s_j, w_j), j = 0, \dots, g\} = \frac{\sum_{j=0}^g j w_j}{\sum_{j=0}^g w_j} = \beta \quad (31)$$

Por fim, o valor β obtido pela função χ é transformado em representação linguística *2-Tuple* usando a Equação (26).

Conversão de valores 2-Tuple para valores crisp – Da mesma forma que pode-se converter valores *crisp* em valores *2-Tuple*, a operação inversa também pode ser realizada

(HERRERA; MARTINEZ, 2000b). A Figura 12 apresenta a sequência de passos para a realização desta conversão.

Figura 12 - Passos para conversão de valores em representação linguística *2-Tuple* para valores *crisp*

Fonte: Traduzido de Herrera e Martínez (2000b).

A transformação da representação linguística *2-Tuple* em graus de pertinência *2-Tuple* é feita como segue:

Seja (s_k, α) uma representação linguística *2-Tuple* baseada na translação simbólica com $s_k \in S = \{s_0, \dots, s_g\}$ e $\alpha \in [-0.5, 0.5)$ onde $\Delta^{-1}((s_k, \alpha)) = \beta$ com $\beta \in [0, g]$ então a função que transforma a representação linguística *2-Tuple* para graus de pertinência *2-Tuple* é dada pela Equação 32.

$$\delta : [0, g] \longrightarrow \{S_T \times [0, 1]\} \times \{S_T \times [0, 1]\}$$

$$\delta(\beta) = \{(s_h, 1-\gamma), (s_{h-1}, \gamma)\} \quad (32)$$

Em que

$$h = \text{truncamento}(\beta)$$

$$\gamma = \beta - h$$

Sendo truncamento a operação usual de truncamento.

Por fim, para que se obtenha o valor numérico *crisp* correspondente a partir dos graus de pertinência *2-Tuple*, sendo $(s_h, 1-\gamma)$ e (s_{h-1}, γ) dois *2-Tuples* baseados no grau de pertinência, o equivalente numérico é obtido conforme a Equação 33.

$$\kappa : \{S_T \times [0, 1]\} \times \{S_T \times [0, 1]\} \longrightarrow [0, 1]$$

$$\kappa((s_h, 1-\gamma), (s_{h-1}, \gamma)) = CV(s_h)(1-\gamma) + CV(s_{h+1})(\gamma) \quad (33)$$

Em que $CV(.)$ é uma função provendo um valor característico que pode ser dada pelo centro de área, valor máximo, entre outros (HERRERA; MARTINEZ, 2000b).

Para que essas transformações sejam feitas de forma com que não haja perda de informações, três condições precisam ser respeitadas (HERRERA; MARTINEZ, 2000b).

Seja $S = \{s_0, \dots, s_g\}$ um conjunto de termos linguístico então:

✓ S deve ser uma partição *fuzzy*. Uma família finita $\{s_0, \dots, s_g\}$ de subconjuntos no universo X (nesse caso, $X = [0,1]$) é chamado de partição *fuzzy* se $\sum_{i=0}^g \mu_{s_i}(x) = 1 \forall x \in X$;

✓ As funções de pertinência dos termos de S são triangulares; e

✓ A função $CV(s_i) = \frac{x}{\mu_{s_i}(x)} = 1$, ou seja, a função de valor característico retorna o valor com o maior grau de pertencimento, b_i .

No que diz respeito aos operadores para a representação linguística *2-Tuple*, vários foram desenvolvidos dentre os quais pode-se citar:

Operador de comparação 2-Tuple – É um operador utilizado para identificar qual é o maior valor entre as informações linguísticas apresentadas e é descrito nas Equações 34 e 35 (HERRERA; MARTINEZ, 2000b).

Seja (s_k, α_1) e (s_l, α_2) dois *2-Tuple* então:

Se $k < l$ então

$$(s_k, \alpha_1) \text{ é menor que } (s_l, \alpha_2) \quad (34)$$

Se $k = l$ então

$$\begin{aligned} \text{se } \alpha_1 = \alpha_2 \text{ então } (s_k, \alpha_1) \text{ e } (s_l, \alpha_2) \text{ representa a mesma informação} \\ \text{se } \alpha_1 < \alpha_2 \text{ então } (s_k, \alpha_1) \text{ é menor que } (s_l, \alpha_2) \\ \text{se } \alpha_1 > \alpha_2 \text{ então } (s_k, \alpha_1) \text{ é maior que } (s_l, \alpha_2) \end{aligned} \quad (35)$$

Operador de negação 2-Tuple – O operador de negação para a representação linguística *2-Tuple* é definido na Equação 36 (HERRERA; MARTINEZ, 2000b).

$$\text{Neg}((s_i, \alpha)) = \Delta \left(g - \left(\Delta^{-1}(s_i, \alpha) \right) \right) \quad (36)$$

Em que g é a cardinalidade do conjunto.

Operadores de agregação 2-Tuple – Os operadores para agregar informação da representação linguística *2-Tuple* são baseados nos operadores de agregação clássicos. Este fato se justifica pois, a representação linguística *fuzzy 2-Tuple* tem funções definidas de forma com

que se possa transformar valores numéricos em *2-Tuple* sem perda de informação (HERRERA; MARTINEZ, 2000a).

Um operador de agregação que pode ser utilizado para a representação linguística *2-Tuple* é a média aritmética. Ela consiste na soma dos termos e posterior divisão pelo número de termos somados. A média aritmética para a representação *2-Tuple* pode ser definida como segue:

Seja um conjunto de *2-Tuples* $x = \{(s_1, \alpha_1), \dots, (s_n, \alpha_n)\}$, a média aritmética *2-Tuple* $\bar{x}^e$ é calculada pela Equação 37 (HERRERA; MARTINEZ, 2000a).

$$\bar{x}^e = \Delta \left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{n} \Delta^{-1}(s_i, \alpha_i) \right) = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \beta_i \right) \quad (37)$$

Outro operador de agregação utilizado para a representação linguística *2-Tuple* é a média ponderada. Nela, os diferentes valores x_i tem diferentes importâncias na natureza da variável e, por isso, associa-se a cada elemento um peso w_i . O operador é definido da seguinte forma:

Seja um conjunto de *2-Tuples* $x = \{(s_1, \alpha_1), \dots, (s_n, \alpha_n)\}$ e $W = \{w_1, \dots, w_n\}$ um conjunto de pesos associados aos elementos de x então a média ponderada $\bar{x}^e$ é dada como pela Equação 38 (HERRERA; MARTINEZ, 2000a).

$$\bar{x}^e = \Delta \left(\frac{\sum_{i=1}^n \Delta^{-1}(s_i, \alpha_i) \cdot w_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \right) = \left(\frac{\sum_{i=1}^n \beta_i \cdot w_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \right) \quad (38)$$

Outro operador de agregação utilizado para a representação linguística *2-Tuple* é o operador de agregação média ponderada ordenada (*ordered weighted averaging* - OWA) introduzido por Yager (1988). Ele tem por objetivo computar, além dos pesos da agregação ponderada normal, um conjunto de pesos que não estão ligados aos fatores de forma a diminuir riscos e lidar com *trade-offs*. A agregação ponderada ordenada pode ser definida para a representação linguística *2-Tuple* como segue:

Seja um conjunto de *2-Tuples* $x = \{(s_1, \alpha_1), \dots, (s_n, \alpha_n)\}$ e $W = \{w_1, \dots, w_n\}$ um conjunto de pesos associados aos elementos de x e que satisfaça as condições $w_i \in [0,1]$ e $\sum w_i = 1$, então o operador *2-Tuple* OWA F^e pode ser definido pela Equação 39 (HERRERA; MARTINEZ, 2000a).

$$F^e((s_1, \alpha_1), \dots, (s_n, \alpha_n)) = \Delta \left(\sum_{j=1}^n w_j \cdot \beta_j^* \right) \quad (39)$$

Em que β_j^* é o j -ésimo maior valor de β_i .

3.2.5. O método 2-Tuple TOPSIS

A Técnica para Ordenação por Preferência de Similaridade com a Solução Ideal (*Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution* – TOPSIS) foi proposta por Hwang e Yoon (1981). O método é baseado na ideia de que a melhor alternativa tem a menor distância da solução ideal positiva (SIP) e a maior distância da solução ideal negativa (SIN). A literatura da versão do TOPSIS utilizando a representação linguística 2-Tuple é baseada no trabalho de Li (2008) e consiste em cinco passos.

Seja $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ um conjunto de $n \geq 2$ alternativas, $E = \{e_1, e_2, \dots, e_m\}$ um conjunto de $m \geq 2$ tomadores de decisão para as fases de atribuição de pesos e avaliação das alternativas, $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_l\}$ um conjunto de l critérios, $S = \{s_i \mid i = 1, 2, \dots, T\}$ um conjunto de termos linguísticos para a avaliação das alternativas em relação aos critérios e $S' = \{s'_i \mid i = 1, 2, \dots, T'\}$ um conjunto de termos linguísticos para avaliação da importância dos critérios então tem-se os passos.

✓ **Passo 1** – Identificar os pesos dos critérios.

Supõe-se que os tomadores de decisão deem as importâncias dos critérios utilizando os termos linguísticos S' . Todas as informações linguísticas são transformadas em 2-Tuple por meio da Equação 28 resultando na matriz expressa pela Equação 40.

$$P = \begin{pmatrix} (p_{11}, 0) & \cdots & (p_{1l}, 0) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ (p_{m1}, 0) & \cdots & (p_{ml}, 0) \end{pmatrix} \quad (40)$$

Em seguida, aplica-se o operador de média aritmética linguística é usado para que se obtenha a importância agregada de cada critério Q_j na forma de representação linguística 2-Tuple. Para isso usa-se a Equação 41 (LI, 2008).

$$(p_j, \alpha_j) = \Delta \left(\frac{1}{n} \sum_{k=1}^m \Delta^{-1}(p_{kj}, 0) \right) \quad (41)$$

Onde $p_j \in S'$, $\alpha_j \in [-0.5, 0.5)$.

Em seguida, o peso do critério Q_j deve ser determinado pela Equação 42 (LI, 2008).

$$w_j = \frac{\Delta^{-1}(p_j, \alpha_j)}{\sum_{i=1}^l \Delta^{-1}(p_j, \alpha_j)} \quad (42)$$

✓ **Passo 2** – O segundo passo consiste na coleta das preferências dos tomadores de decisão em cada critério para cada alternativa utilizando os termos linguísticos. Sendo assim, seja p_{ij}^k a avaliação do tomador de decisão e_k em relação ao critério Q_j para a alternativa x_i , essas avaliações podem ser agregadas utilizando o operador de média aritmética linguística conforme a Equação 43 (LI, 2008).

$$(p_{ij}, \alpha_{ij}) = \Delta \left(\sum_{k=1}^n (p_{ij}^k, 0) \right) \quad (43)$$

Dessa forma, a matriz com as avaliações dos tomadores de decisão agregadas tem o formato da Equação 44.

$$M = \begin{pmatrix} (p_{11}, \alpha_{11}) & \cdots & (p_{1l}, \alpha_{1l}) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ (p_{ml}, \alpha_{ml}) & \cdots & (p_{ml}, \alpha_{ml}) \end{pmatrix} \quad (44)$$

✓ **Passo 3** – No passo 3 é feito o cálculo da solução ideal positiva e da solução ideal negativa conforme as Equações 45 e 46 (LI, 2008).

$$SIP = \{(p_1^+, \alpha_1^+), (p_2^+, \alpha_2^+), \dots, (p_l^+, \alpha_l^+)\} \quad (45)$$

$$SIN = \{(p_1^-, \alpha_1^-), (p_2^-, \alpha_2^-), \dots, (p_l^-, \alpha_l^-)\} \quad (46)$$

Onde (p_i^+, α_i^+) é o maior valor agregado das avaliações no critério i e (p_i^-, α_i^-) é o menor valor agregado das avaliações no critério i .

✓ **Passo 4** – Nesse passo determina-se a distância entre cada alternativa e as soluções ideais positiva d_i^+ e negativa d_i^- utilizando as Equações 47 e 48 (LI, 2008).

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^l w_j \left(\Delta^{-1}(p_{ij}, \alpha_{ij}) - \Delta^{-1}(p_j^+, \alpha_j^+) \right)^2} \quad (47)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^l w_j \left(\Delta^{-1}(p_{ij}, \alpha_{ij}) - \Delta^{-1}(p_j^-, \alpha_j^-) \right)^2} \quad (48)$$

✓ **Passo 5** – Esse passo consiste no cálculo do coeficiente de proximidade RC_i conforme a Equação 49 (LI, 2008).

$$RC_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+} \quad (49)$$

Dessa forma, a alternativa com maior valor do coeficiente de proximidade é preferida a alternativa com menor valor.

3.2.6. Conceitos fundamentais para os métodos de sobreclassificação

Os métodos de sobreclassificação, também conhecidos como métodos da escola francesa (ou europeia) de decisão (FIGUEIRA; GRECO; EHRGOTT, 2005) baseiam-se na relação de superação entre as alternativas. Eles são métodos em que a principal característica é comparar as alternativas par a par, construindo relações binárias de sobreclassificação (*crisp* ou *fuzzy*) e, em seguida, explorar essas relações (MARTEL; MATARAZZO, 2005).

A relação de sobreclassificação compara argumentos a favor e contra a afirmação de que a alternativa “*a*” é ao menos tão boa quanto a alternativa “*b*” da seguinte forma (ROY, 1991):

✓ “*a*” sobreclassifica “*b*” (aSb) se há argumentos suficientes para afirmar que “*a* é pelo menos tão boa quanto *b*” e não há argumentos para discordar disso; e

✓ “*a*” não sobreclassifica “*b*” (não aSb) se os argumentos em favor da proposição de que “*a*” é tão boa quanto “*b*” são considerados insuficientes.

Segundo Roy (1991), em termos de preferência, se aSb simplesmente, tem-se que “*a*” é preferível a “*b*” (aPb). Se aSb e bSa então “*a*” é indiferente a “*b*” (aIb). Por fim, quando não há sobreclassificação, as duas ações são incomparáveis (aRb).

Essas relações de sobreclassificação são baseadas em argumentos prós e contras a afirmação de que a alternativa “*a*” é pelo menos tão boa quanto a alternativa “*b*”. Esses argumentos são fornecidos pela comparação par a par das alternativas em cada um dos critérios em que elas são avaliadas.

Os métodos de sobreclassificação mais conhecidos são os métodos pertencentes à família ELECTRE e à família PROMETHEE (FIGUEIRA; GRECO; EHRGOTT, 2005). Para esses métodos são usados os seguintes conceitos (FIGUEIRA; MOUSSEAU; ROY, 2006; ROY, 1991):

✓ **Limites de preferência (*p*)** – Os limites de preferência evitam uma passagem brusca de um cenário de preferência estrita para a indiferença. Eles são definidos para cada critério individualmente;

✓ **Limites de indiferença (*q*)**: os limites de indiferença determinam os limites de performance de duas alternativas para os quais é aceita a indiferença entre elas. Assim como os limites de preferência, eles são definidos para cada critério individualmente;

✓ **Limiares de veto (v):** os limiares de veto representam a menor diferença entre o desempenho dos critérios que vai contra a afirmação de que a alternativa sobreclassifica a fronteira. Assim como os limites de preferência e indiferença, eles são definidos individualmente para cada critério;

✓ **Critérios concordantes:** sendo $g_j(a)$ e $g_j(b)$ as avaliações das alternativas “a” e “b” no critério j , esse critério está em concordância com a afirmação de que “a” sobreclassifica “b” se, e somente se, $g_j(a) \geq g_j(b) - q_j$, sendo q_j um limite de indiferença entre as avaliações para o critério j . O conjunto de todos os critérios (argumentos) que são a favor da afirmação de que “a” sobreclassifica “b” é chamado coalizão concordante; e

✓ **Critérios discordantes:** da mesma forma, um critério está em discordância com a afirmação de que “a” sobreclassifica “b” no critério j se, e somente se, $g_j(b) > g_j(a) + p_j$, sendo p_j um limite de preferência entre as avaliações para o critério j .

Para os métodos da família PROMETHEE (incluindo os baseados nela como o FlowSort por exemplo), as relações de preferência são dadas por meio funções nas quais a variável de entrada é a diferença entre as avaliações das alternativas nos critérios ($d_j = g_j(a) - g_j(b)$). As funções mais comuns são (BRANS; VINCKE; MARESCHAL, 1986):

✓ **Função para critério usual:** nela a preferência é zero se a diferença d_j é menor ou igual a zero e um se a diferença for maior que zero. Ela é apresentada na Figura 13.

Figura 13 – Função Critério usual

Fonte: Brans, Vincke e Mareschal (1986)

Sendo assim, a preferência é dada pela Equação 50 (BRANS; VINCKE; MARESCHAL, 1986).

$$P_j(a_1, a_2) = \begin{cases} 0 & \text{se } d_j(a_1, a_2) \leq 0 \\ 1 & \text{se } d_j(a_1, a_2) > 0 \end{cases} \quad (50)$$

✓ **Função em formato de U:** nela a preferência é zero se a diferença d_j é menor ou igual a um valor pré-definido q e um se a diferença for maior que esse mesmo valor q . Ela é apresentada na Figura 14.

Figura 14 - Função Quase-Critério

Fonte: Brans, Vincke e Mareschal (1986)

Sendo assim, a preferência é dada pela Equação 51 (BRANS; VINCKE; MARESCHAL, 1986).

$$P_j(a_1, a_2) = \begin{cases} 0 & \text{se } d_j(a_1, a_2) \leq q \\ 1 & \text{se } d_j(a_1, a_2) > q \end{cases} \quad (51)$$

✓ **Função em formato de V:** nela a preferência é zero se a diferença d_j é menor ou igual a zero, um valor crescente para a diferença entre zero e um valor pré-definido p e um se a diferença for maior que esse valor p . Ela é apresentada na Figura 15.

Figura 15 - Função Critério de Preferência Linear

Fonte: Brans, Vincke e Mareschal (1986)

Sendo assim, a preferência é dada pela Equação 52 (BRANS; VINCKE; MARESCHAL, 1986).

$$P_j(a_1, a_2) \begin{cases} 0 & \text{se } d_j(a_1, a_2) \leq 0 \\ d_j(a_1, a_2) \div p & \text{se } 0 < d_j(a_1, a_2) \leq p \\ 1 & \text{se } d_j(a_1, a_2) > p \end{cases} \quad (52)$$

✓ **Função Critério de Nível:** nela a preferência é zero se a diferença d_j é menor ou igual a um valor pré-definido q , 0,5 se a diferença está entre o valor pré-definido q e um outro valor pré-definido p e um se a diferença for maior que esse valor p . Ela é apresentada na Figura 16.

Figura 16 - Função Critério de Nível

Fonte: Brans, Vincke e Mareschal (1986)

Sendo assim, a preferência é dada pela Equação 53 (BRANS; VINCKE; MARESCHAL, 1986).

$$P_j(a_1, a_2) \begin{cases} 0 & \text{se } d_j(a_1, a_2) \leq q \\ 0,5 & \text{se } q < d_j(a_1, a_2) \leq p \\ 1 & \text{se } d_j(a_1, a_2) > p \end{cases} \quad (53)$$

✓ **Função de Preferência Linear com Zona de Indiferença:** nela a preferência é zero se a diferença d_j é menor ou igual a um valor pré-definido q , um valor entre zero e um se a diferença está entre o valor pré-definido q e um outro valor pré-definido p e um se a diferença for maior que esse valor p . Ela é apresentada na Figura 17.

Figura 17 - Função Critério de Nível

Fonte: Brans, Vincke e Mareschal (1986)

Sendo assim, a preferência é dada pela Equação 57 (BRANS; VINCKE; MARESCHAL, 1986).

$$P_j(a_1, a_2) \begin{cases} 0 & \text{se } d_j(a_1, a_2) \leq q \\ [d_j(a_1, a_2) - q] \div (p - q) & \text{se } q < d_j(a_1, a_2) \leq p \\ 1 & \text{se } d_j(a_1, a_2) > p \end{cases} \quad (54)$$

Apresentados os conceitos fundamentais dos métodos de sobreclassificação, nas Seções 3.2.7, 3.2.8 e 3.2.9 serão apresentados os métodos dessa escola utilizados neste trabalho.

3.2.7. O método FlowSort-GDSS

O FlowSort-GDSS pertence à família dos métodos de sobreclassificação e foi desenvolvido por Lolli et al. (2015). Ele é uma adaptação do método FlowSort original proposto por Nemery e Lamboray (2008) para dar suporte à decisão em grupo. Esse método é baseado nos fluxos do PROMETHEE II, mas diferentemente desse método, o FlowSort tem por finalidade alocar alternativas em categorias e não criar uma ordenação por preferência, como faz o PROMETHEE II.

O FlowSort-GDSS é composto por três passos. Toda a teoria apresentada aqui é baseada no trabalho de Lolli et al. (2015).

Passo 1: Definição dos parâmetros – Neste passo os parâmetros para a execução do algoritmo do FlowSort-GDSS são definidos. São eles:

✓ **Conjunto de critérios (1):** Um conjunto de j critérios $G = \{g_1, \dots, g_i, \dots, g_j\}$ que podem ser tanto quantitativos quanto qualitativos;

✓ **Conjunto de pesos para os critérios (2):** Um conjunto de pesos para os j critérios $W_g = \{w_{g1}, \dots, w_{gj}, \dots, w_{gJ}\}$;

✓ **Conjunto de alternativas (3):** Um conjunto de n alternativas $A = \{a_1, \dots, a_i, \dots, a_n\}$ a serem alocadas nas categorias;

✓ **Valores de entrada (4) e conjunto de avaliações das alternativas (5):** O parâmetro para os valores de entrada correspondem à escala que será utilizada para o julgamento das alternativas de acordo com os critérios. Já o conjunto de avaliações das alternativas se refere aos julgamentos feitos pelos tomadores de decisão.

✓ **Conjunto de tomadores de decisão (6):** Um conjunto de t tomadores de decisão $D = \{D_1, \dots, D_t, \dots, D_T\}$;

✓ **Conjunto de pesos para os tomadores de decisão (7):** Um conjunto de pesos para os t tomadores de decisão $W_d = \{w_{d1}, \dots, w_{dt}, \dots, w_{dT}\}$;

✓ **Conjunto de categorias ordenadas (8):** Um conjunto de K categorias ordenadas $\{C_1 \triangleright \dots \triangleright C_k \triangleright \dots \triangleright C_K\}$;

✓ **Conjunto de fronteiras para as categorias (9):** Um conjunto de fronteiras para as $T \cdot (K - 1)$ categorias $R^J = \{r_1^{1j}, \dots, r_k^{1j}, \dots, r_{K-1}^{1j}, \dots, r_1^{tj}, \dots, r_k^{tj}, \dots, r_{K-1}^{tj}, \dots, r_1^{Tj}, \dots, r_k^{Tj}, \dots, r_{K-1}^{Tj}\}$ dados pelos t tomadores de decisão nos j critérios.

✓ **Limites de preferência (p) (10):** Um conjunto de limites de preferência $p = \{p_1, \dots, p_i, \dots, p_j\}$.

✓ **Limites de indiferença (q) (11):** Um conjunto de limites de indiferença $q = \{q_1, \dots, q_i, \dots, q_j\}$.

Sem perda de generalidade, supõe-se que todos os j critérios tem que ser maximizados. Para assegurar que as categorias estão ordenadas é necessária a seguinte condição (LOLLI et al., 2015):

$$r_k^{tj} > r_{k+1}^{sj}; \forall r_k^{tj}, r_{k+1}^{sj} \in R^j, \forall j=1, \dots, J \text{ e } \forall t, s=1, \dots, T \quad (55)$$

Passo 2: Comparação – Nesse passo, duas alternativas são comparadas nos critérios g_j calculando-se a distância $d_j(a_1, a_2) = g_j(a_1) - g_j(a_2)$ em um grau de preferência uni-critério chamado $P_j(a_1, a_2)$ cujas propriedades são (LOLLI et al., 2015):

- ✓ $0 \leq P_j(a_1, a_2) \leq 1$;
- ✓ $P_j(a_1, a_2) \approx 0$ se a_1 é indiferente de a_2 no critério g_j ; e
- ✓ $P_j(a_1, a_2) \approx 1$ se a_1 é estritamente preferível a a_2 no critério g_j .

As funções de preferência $P_j(a_1, a_2)$ usadas no FlowSort-GDSS são as mesmas que podem usadas no algoritmo do PROMETHEE (Seção 3.2.6).

No FlowSort-GDSS, diferentemente do PROMETHEE em que a avaliação é feita entre as alternativas, cada alternativa é comparada somente com os perfis de referência de cada um dos tomadores de decisão. O fluxo uni-critério da alternativa a_i no critério g_j é definido conforme a Equação 56 (LOLLI et al., 2015).

$$\Phi_j(a_i) = \frac{1}{|R^j|} \sum_{r_k^{tj} \in R^j} [P_j(a_i, r_k^{tj}) - P_j(r_k^{tj}, a_i)] \quad (56)$$

Para se obter o fluxo global da alternativa $\Phi(a_i)$ faz-se a soma ponderada dos resultados dos fluxos uni-critério conforme a Equação 57 (LOLLI et al., 2015):

$$\Phi(a_i) = \sum_{j=1}^J w_{gj} \Phi_j(a_i) \quad (57)$$

O fluxo global dos $T \cdot (K - 1)$ perfis de fronteira tem que ser calculados para situar o fluxo global da alternativa a_i . Para isso, deve-se primeiro calcular o fluxo uni-critério do perfil de referência $r_K^{Tj} \in R^j$, comparando os graus de preferência do perfil de referência com os graus de preferência de todos os perfis de referência e com a alternativa a_i conforme a Equação 58 (LOLLI et al., 2015):

$$\Phi_{j,i}(r_K^{Tj}) = \frac{1}{|R^j|} \left\{ \sum_{r_k^{tj} \in R^j} [P_j(r_K^{Tj}, r_k^{tj}) - P_j(r_k^{tj}, r_K^{Tj})] + [P_j(r_K^{Tj}, a_i) - P_j(a_i, r_K^{Tj})] \right\} \quad (58)$$

Em seguida calcular o fluxo global do critério $r_K^{Tj} \in R^j$ pela soma ponderada dos fluxos uni-critério conforme a Equação 59 (LOLLI et al., 2015):

$$\Phi(r_K^T) = \sum_{j=1}^J w_{gj} \Phi_{j,i}(r_K^T) \quad (59)$$

Passo 3: Alocação das alternativas – Nesse passo, as alternativas são alocadas nas categorias ordenadas. O procedimento de alocação depende dos valores de $\Phi(a_i)$ e dos fluxos de $\Phi(r_K^T)$. Dessa forma tem-se duas formas diferentes de alocação.

A primeira é a situação em que todos os tomadores de decisão concordam que uma alternativa deve ser alocada em uma única categoria, também chamada de unanime. Para esse caso existem três possibilidades (LOLLI et al., 2015).

Caso 1: Se $\exists k$, com $1 < k < K - 1$, tal que

$$\Phi_i(r_k^t) \geq \Phi(a_i) > \Phi_i(r_{k+1}^t), \forall t = 1, \dots, T \Rightarrow C(a_i) = C_k \quad (60)$$

Caso 2: Se

$$\Phi(a_i) \geq \Phi_i(r_1^t), \forall t = 1, \dots, T \Rightarrow C(a_i) = C_1 \quad (61)$$

Caso 3: Se

$$\Phi(a_i) < \Phi_i(r_{K-1}^t), \forall t = 1, \dots, T \Rightarrow C(a_i) = C_K \quad (62)$$

A segunda é a situação em que existem pelo menos dois tomadores de decisão que discordam em qual categoria a alternativa deve ser alocada, também chamada de não unanime. Essa situação gera a seguinte condição $\Phi_i(r_k^t) \leq \Phi(a_i) < \Phi_i(r_s^t)$. Para este caso tem-se dois estágios sequenciais.

O primeiro é o cálculo das distâncias $d_i(k)$ e $d_i(k + 1)$ entre o fluxo global de a $\Phi(a_i)$ e os fluxos globais dos perfis de referência de cada tomador de decisão. Eles são calculados conforme as Equações 63 e 64 (LOLLI et al., 2015).

$$d_i(k) = \sum_{t: \Phi(a_i) \geq \Phi_i(r_k^t)} w_{dt} [\Phi(a_i) - \Phi_i(r_k^t)] \quad (63)$$

$$d_i(k+1) = \sum_{s: \Phi(a_i) < \Phi_i(r_k^t)} w_{ds} [\Phi_i(r_k^s) - \Phi(a_i)] \quad (64)$$

O segundo é a comparação entre as distâncias calculadas. Essa comparação é feita conforme as Equações 65, 66 e 67 (LOLLI et al., 2015).

$$\text{Se } d_i(k+1) - d_i(k) > 0 \Rightarrow C(a_i) = C_k \quad (65)$$

$$\text{Se } d_i(k+1) - d_i(k) < 0 \Rightarrow C(a_i) = C_{k+1} \quad (66)$$

$$\text{Se } d_i(k+1) - d_i(k) = 0 \Rightarrow C(a_i) = C_{k+1} \text{ na visão pessimista ou } C(a_i) = C_k \text{ na visão otimista} \quad (67)$$

3.2.8. O método ELECTRE TRI

O método ELECTRE TRI (*ELimination Et Choix Traduisant la REalité TRI* - Eliminação e Escolha Expressando a Realidade – TRIagem) é um método pertencente à família dos métodos de sobreclassificação ELECTRE. Ele foi desenvolvido com a finalidade de classificar alternativas em categorias ordenadas (FIGUEIRA; GRECO; EHRGOTT, 2005). Essa categorização pode ser feita de duas formas. A primeira, desenvolvida por Yu (1992), classifica as alternativas utilizando fronteiras entre as categorias. Essa forma faz com que a alternativa seja alocada em certa categoria se ela está dentro destas fronteiras (ELECTRE TRI-B). Já a segunda (ELECTRE TRI-C), desenvolvida por Dias, Figueira e Roy (2010), compara as alternativas com perfis centrais. Nela, a alternativa é alocada em determinada categoria se ela está mais próxima do perfil central dessa categoria do que das outras (ISHIZAKA; NEMERY, 2013).

Devido ao fato da não utilização do ELECTRE TRI-C neste trabalho, somente a teoria do ELECTRE TRI-B é apresentada, sendo aqui denominado simplesmente ELECTRE TRI.

O ELECTRE TRI é composto basicamente por duas fases. A primeira consiste na definição dos parâmetros para que o algoritmo possa ser executado. Já a segunda está relacionada à parte de cálculos do método.

Na primeira fase, o ELECTRE TRI tem basicamente onze parâmetros a serem definidos. São eles:

✓ **O conjunto de alternativas (1):** $(a_1, a_2, \dots, a_n)$. Essas alternativas dizem respeito aos objetos de estudo que se pretende categorizar.

✓ **O conjunto de categorias ordenadas (2):** $(C_1, C_2, \dots, C_{p+1})$ sendo C_1 a melhor (ou com avaliação alta) categoria e C_{p+1} a pior (ou com avaliação baixa).

✓ **As fronteiras que definem as categorias (3):** $(b_1, b_2, \dots, b_p)$. Como o ELECTRE TRI trabalha com categorias ordenadas, a fronteira b_h representa a fronteira superior da categoria C_{h+1} e a fronteira inferior da categoria C_h .

✓ **O conjunto de critérios (4):** $(j_1, j_2, \dots, j_m)$. Um conjunto de critérios que podem ser tanto qualitativos quanto quantitativos.

Esses três parâmetros podem ser observados na Figura 18.

Figura 18 - Exemplo de fronteiras, categorias e critérios para o ELECTRE TRI

Fonte: O autor.

✓ **Escala para os valores de entrada (5) e avaliações para as alternativas (6):** o parâmetro para os valores de entrada correspondem à escala que será utilizada para o julgamento das alternativas de acordo com os critérios. Já o conjunto de avaliações das alternativas se refere aos julgamentos feitos pelos tomadores de decisão.

✓ **O conjunto de pesos para os critérios (7):** $(w_1, w_2, \dots, w_j)$ sendo w a importância de cada critério individualmente.

✓ **Limites de preferência (p) (8):** os limites de preferência evitam uma passagem brusca de um cenário de preferência estrita para a indiferença. Eles são definidos para cada critério individualmente.

✓ **Limites de indiferença (q) (9):** os limites de indiferença determinam os limites de performance de duas alternativas para os quais é aceita a indiferença entre elas. Assim como os limites de preferência, eles são definidos para cada critério individualmente.

✓ **Conjunto de limiares de veto (v) (10):** os limiares de veto representam a menor diferença entre o desempenho dos critérios que vai contra a afirmação de que a alternativa sobreclassifica a fronteira. Assim como os limites de preferência e indiferença, eles são definidos individualmente para cada critério.

✓ **Nível de corte (λ) (11):** o nível de corte pertence ao intervalo $[0.5, 1]$ indica o menor grau de credibilidade $\sigma = (a, b)$ que permite afirmar que a alternativa sobreclassifica a fronteira. Segundo Mousseau, Slowinski e Zielniewicz (2000), sendo b_{h-1} e b_h as fronteiras inferior e superior de uma categoria C_h , quando $\lambda = 1$ tem-se duas situações. Na pessimista ou conjuntiva, uma alternativa só pode ser alocada em C_h se cada avaliação da alternativa em relação aos critérios for superior a cada avaliação da fronteira (b_{h-1}) também em relação aos critérios. Já na otimista ou disjuntiva, a alternativa pode ser alocada na categoria C_h quando a avaliação do perfil (b_h) supera a avaliação da alternativa em pelo menos um critério.

Definidos os parâmetros, parte-se para a segunda fase. Essa fase consiste nos cálculos para que se identifique em qual categoria a alternativa deve ser alocada. O primeiro cálculo a ser realizado é o índice de concordância individual (para cada critério). Ele é dado pela Equação 68 (FIGUEIRA; MOUSSEAU; ROY, 2006).

$$c_j(a, b_h) = \begin{cases} 0 & \text{se } g_j(b_h) - g_j(a) \geq p_j(b_h) \\ 1 & \text{se } g_j(b_h) - g_j(a) \leq q_j(b_h) \\ \frac{p_j(b_h) + g_j(a) - g_j(b_h)}{p_j(b_h) - q_j(b_h)}, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (68)$$

Em seguida deve-se calcular o índice de concordância global. Ele é dado pela Equação 69 (FIGUEIRA; MOUSSEAU; ROY, 2006).

$$C(a, b_h) = \frac{\sum_{j=1}^n w_j \times c_j(a, b_h)}{\sum_{j=1}^n w_j} \quad (69)$$

Sendo w_j o peso do critério j .

Logo após, deve-se calcular o índice de discordância individual. Ele é dado pela Equação 70 (FIGUEIRA; MOUSSEAU; ROY, 2006).

$$d_j(a, b_h) = \begin{cases} 0 & \text{se } g_j(b_h) - g_j(a) \leq p_j(b_h) \\ 1 & \text{se } g_j(b_h) - g_j(a) > v_j(b_h) \\ \frac{g_j(b_h) - g_j(a) - p_j(b_h)}{v_j(b_h) - p_j(b_h)}, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (70)$$

Uma vez calculados os índices de concordância global e os índices de discordância, pode-se calcular o índice de credibilidade da afirmação de que a alternativa sobreclassifica a fronteira. Ele é dado pela Equação 71 (FIGUEIRA; MOUSSEAU; ROY, 2006).

$$\sigma(a, b_h) = C(a, b_h) \times \prod_{j \in F} \frac{1 - d_j(a, b_h)}{1 - C(a, b_h)} \quad (71)$$

Sendo $F = \{j \in F: d_j(a, b_h) > C(a, b_h)\}$

O cálculo do índice de credibilidade deve ser feito para a avaliação de que a alternativa sobreclassifica a fronteira e para a avaliação de que a fronteira sobreclassifica a alternativa. Dessa forma obtém-se os índices de credibilidade $\sigma(a, b_h)$ e $\sigma(b_h, a)$ que podem ser comparados com o nível de corte (λ). Os resultados dessas comparações podem gerar quatro situações distintas. São elas (FIGUEIRA; MOUSSEAU; ROY, 2006):

✓ Se $\sigma(a, b_h) \geq \lambda$ e $\sigma(b_h, a) \geq \lambda$ então aSb_h e b_hSa , logo a é indiferente a b_h .

- ✓ Se $\sigma(a, b_h) \geq \lambda$ e $\sigma(b_h, a) < \lambda$ então aSb_h e não b_hSa , logo a é preferível a b_h .
- ✓ Se $\sigma(a, b_h) < \lambda$ e $\sigma(b_h, a) \geq \lambda$ então não aSb_h e b_hSa , logo b_h é preferível a a .
- ✓ Se $\sigma(a, b_h) < \lambda$ e $\sigma(b_h, a) < \lambda$ então não aSb_h e não b_hSa , logo a é incomparável a b_h .

A alocação das alternativas na categoria a qual pertence não é resultado imediato das relações de sobreclassificação. Sendo assim, uma fase de exploração das relações de sobreclassificação é necessária. O objetivo dessa fase é analisar como é o comportamento da alternativa em relação às fronteiras das categorias. Para esta análise dois procedimentos de alocação são sugeridos.

No procedimento pessimista (ou conjuntivo), se $\lambda = 1$ a alternativa é alocada em uma categoria quando a avaliação em cada critério é, pelo menos, tão boa quanto a fronteira de baixo da categoria. Ele compara a alternativa sucessivamente com as fronteiras b_i , sendo $i = p, p - 1, \dots, 0$. Dessa forma, com b_h sendo a primeira fronteira encontrada tal que aSb_h deve-se alocar a alternativa na categoria C_{h+1} .

Já no procedimento otimista (ou disjuntivo), se $\lambda = 1$, a alternativa é alocada em uma categoria para a qual a avaliação em pelo menos um critério é, pelo menos, tão boa quanto a fronteira de baixo da categoria. Ele compara a alternativa sucessivamente com as fronteiras b_i , sendo $i = 1, 2, \dots, P + 1$. Dessa forma, com b_h sendo a primeira fronteira encontrada tal que $b_h \succ a$ deve-se alocar a alternativa na categoria C_h .

3.2.9. O método PROMETHEE-GDSS

O método PROMETHEE-GDSS (*Preference Ranking Organisation MeTHod for Enrichment Evaluations – Group Decision Support System*) é um método da família PROMETHEE e foi desenvolvido por Macharis e Brans (1998). Ele pertence ao grupo de métodos que utilizam o conceito de sobreclassificação e, foi desenvolvido com o intuito de dar suporte à decisão em grupo quando o objetivo final é a ordenação de alternativas (FIGUEIRA; GRECO; EHRGOTT, 2005; MACHARIS et al., 2015; MACHARIS; BRANS, 1998).

Esse método tem sido utilizado em diversas áreas como o desenvolvimento de subsistemas durante o desenvolvimento de produtos complexos (GONÇALVES; BELDERRAIN, 2012), planejamento de distribuição de gás e petróleo (TAVANA et al., 2013), gestão de fornecedores (BEHZADIAN et al., 2013), entre outros.

O procedimento para ordenação das alternativas de acordo com as preferências dos tomadores de decisão do PROMETHEE-GDSS consiste em onze passos agrupados em três fases (FIGUEIRA; GRECO; EHRGOTT, 2005; MACHARIS et al., 2015; MACHARIS; BRANS, 1998).

A primeira fase corresponde à geração de alternativas e critérios e deve ser realizada de acordo com os seguintes passos:

✓ **Passo 1 – Contato do facilitador (pessoa responsável pela aplicação do método) e os tomadores de decisão:** nesse passo, o facilitador e os tomadores de decisão (individualmente ou em grupo) se encontram para melhorar o conhecimento do facilitador sobre o tema;

✓ **Passo 2 – Descrição do problema:** o facilitador descreve a estrutura computacional, a metodologia do PROMETHEE e introduz o problema;

✓ **Passo 3 – Geração de alternativas:** cada tomador de decisão propõe alternativas incluindo descrições sobre elas;

✓ **Passo 4 – Definição das alternativas:** todas as alternativas propostas são apresentadas a todos os tomadores de decisão anonimamente ou não para que haja uma discussão. Nessa discussão, alternativas podem ser rejeitadas, combinadas ou novas alternativas podem ser propostas até que se chegue a um consenso do conjunto de alternativas final $(a_1, a_2, \dots, a_n)$;

✓ **Passo 5 – Comentários para as alternativas:** cada tomador de decisão faz comentários sobre cada alternativa individualmente. Esses comentários são coletados e apresentados pelo facilitador a todos;

✓ **Passo 6 – Definição dos critérios de avaliação:** o mesmo processo realizado para a definição das alternativas agora deve ser aplicado à definição do conjunto de critérios $(g_1(\cdot), g_2(\cdot), \dots, g_k(\cdot))$;

Dessa forma, alternativas e critérios são combinados em uma matriz $(n \times k)$ no formato da Tabela 7.

Tabela 7 - Formato de matriz combinando alternativas e critérios

	$g_1(\cdot)$	$g_2(\cdot)$	...	$g_k(\cdot)$
a_1	$g_1(a_1)$	$g_2(a_1)$	...	$g_k(a_1)$
a_2	$g_1(a_2)$	$g_2(a_2)$	...	$g_k(a_2)$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	...	$\vdots$
a_n	$g_1(a_n)$	$g_2(a_n)$	...	$g_k(a_n)$

Fonte: Macharis e Brans (1998)

Após a confecção da matriz, a última em que é possível ainda haver *feedback* sobre a adequação das alternativas e critérios, a primeira fase é encerrada (FIGUEIRA; GRECO; EHRGOTT, 2005).

Com o encerramento da primeira fase, a segunda se inicia. Essa fase é a fase de avaliação individual feita por cada tomador de decisão. Para ela, é necessário que seja atribuído um peso não negativo a cada tomador de decisão $w_r = (w_1, w_2, \dots, w_R)$ e em seguida continuar os passos.

✓ **Passo 7 – Tabela de avaliações individuais:** As matrizes de avaliação $(n \times k)$ devem ser preenchidas por cada um dos tomadores de decisão individualmente;

✓ **Passo 8 – Informações adicionais:** Cada tomador de decisão desenvolve sua própria análise usando o método PROMETHEE, auxiliados pelo facilitador. Essa análise é feita com base no algoritmo do PROMETHEE I e II apresentado no como segue (BEHZADIAN et al., 2013).

Primeiro deve-se selecionar o conjunto de alternativas $A = \{a, b, \dots, n\}$, o conjunto de critérios $G_j = \{g_1, g_2, \dots, g_k\}$, o conjunto de pesos para os critérios $w_g = \{w_1, w_2, \dots, w_k\}$ tal que $\sum_1^k w_g = 1$, o conjunto de tomadores de decisão $D_i, i = 1, 2, \dots, m$, o conjunto de pesos para os tomadores de decisão $w_i = \{w_1, w_2, \dots, w_m\}$ tal que $\sum_1^m w_i = 1$.

Em seguida avaliar os pares de alternativas para cada tomador de decisão usando a Equação 72 (MACHARIS; BRANS, 1998).

$$d_{ij}(a,b) = g_{ij}(a) - g_{ij}(b) \quad (72)$$

Sendo que i varia de 1 a m , k variando de 1 a k , $\forall a, b \in A$ e $d_{ij}(a, b)$ denota a diferença entre as alternativas a e b para o tomador de decisão D_i no critério j .

Após a avaliação dos pares de alternativas, deve-se definir a função de preferência e, se necessário, os limites para cada critério. Dessa forma, a preferência entre duas alternativas em determinado critério é dada pela Equação 73 (MACHARIS; BRANS, 1998).

$$P_j(a, b) = F_j[d_{ij}(a, b)] \quad (73)$$

Novamente com i variando de 1 a m , k variando de 1 a k , e $P_j(a, b) \in [0,1]$ denota a preferência da alternativa a sobre a alternativa b para o tomador de decisão D_i no critério j . As funções de preferência são sugeridas por Brans, Vincke e Mareschal (1986) e foram apresentadas na Seção 3.2.6.

Em seguida, deve-se calcular os índices de preferência agregados para cada tomador de decisão individualmente usando a Equação 74 (MACHARIS; BRANS, 1998).

$$\pi(a, b) = \sum_{j=1}^k P_j(a, b) \cdot w_g \quad \forall a, b \in A \quad (74)$$

Onde $\pi(a, b)$ é a soma ponderada dos valores $P_j(a, b)$ de cada critério e representa o grau de preferência de a sobre b .

Logo após, deve-se calcular os fluxos positivos e negativos para cada alternativa. Eles são dados pelas seguintes Equações 75 (MACHARIS; BRANS, 1998).

$$\Phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(a, x) \text{ e } \Phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(x, a) \quad (75)$$

Esses fluxos representam de que forma a alternativa, neste caso a , está sobreclassificando as outras $n-1$ alternativas ($\Phi^+(a)$) e como a alternativa é sobreclassificada pelas outras ($\Phi^-(a)$).

Por fim, deve-se calcular o fluxo de rede. Esse fluxo tem por finalidade unir os fluxos positivos e negativos em um só valor. Dessa forma, pode-se ordenar as alternativas de forma que o maior fluxo de rede represente a melhor alternativa. O fluxo de rede é calculado da por meio da Equação 76 (MACHARIS; BRANS, 1998).

$$\Phi(a) = \Phi^+(a) - \Phi^-(a) \quad (76)$$

Passo 9 – Análise individual usando o PROMETHEE-GAIA: As ordenações e os perfis das alternativas são obtidos para cada tomador de decisão e assim eles podem ter uma ideia geral da solução individual.

Com essa análise se encerra a fase 2, de avaliação individual por cada tomador de decisão, e inicia-se a fase 3, de avaliação global pelo grupo.

Passo 10 – Apresentação dos resultados individuais: Os resultados individuais são apresentados ao grupo e os tomadores de decisão informados sobre os potenciais conflitos. Esses resultados são agrupados em uma matriz $(n \times k)$ similar à matriz da Tabela 7 mas, ao invés de computar os critérios, deve-se computar os fluxos de rede individuais formando uma matriz como apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 - Formato de matriz combinando alternativas e fluxos de rede

	Φ_{D1}	Φ_{D2}	...	Φ_{Di}
a_1	$g_1(a_1)$	$g_1(a_1)$	...	$g_1(a_1)$
a_2	$g_2(a_2)$	$g_2(a_2)$	...	$g_2(a_2)$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	...	$\vdots$
a_n	$g_n(a_n)$	$g_n(a_n)$	...	$g_n(a_n)$

Fonte: Macharis e Brans (1998)

Passo 11 – Avaliação global: Segundo Macharis e Brans (1998), para analisar a matriz, os tomadores de decisão devem ser analisados como critérios, ou seja, deve-se atribuir uma função de preferência a eles. Essa forma de análise, ainda segundo Macharis e Brans (1998), não parece realista. Uma vez que os fluxos de rede individuais são calculados com base nas preferências dos tomadores de decisão e expressos na mesma unidade, os valores podem ser agregados diretamente por meio da Equação 77 (MACHARIS; BRANS, 1998).

$$\Phi^{AG}(a_i) = \sum_{i=1}^m \Phi^i(a_i) \cdot w_m \quad (77)$$

Esse fluxo global de rede é usado para gerar a ordenação das alternativas por meio do PROMETHEE II (quanto maior o fluxo, melhor a alternativa) de acordo com a preferência global do grupo.

4. ESTRUTURA PARA A DECISÃO DE FAZER OU COMPRAR

Essa seção tem por finalidade apresentar a estrutura para a tomada de decisão entre fazer ou comprar. Os trabalhos encontrados na revisão sistemática da literatura, mesmo que não contemplem todo o processo decisório, apontam uma sequência bem definida para o problema de fazer ou comprar.

De acordo com os trabalhos encontrados na revisão sistemática da literatura, primeiro deve-se identificar quais as especificidades do problema, selecionar e ponderar os critérios para as avaliações nas etapas posteriores. Em seguida, deve-se avaliar se a atividade em questão pode ser considerada para terceirização. O passo seguinte consiste em identificar fontes capazes de suprir as necessidades da organização com relação à aquela atividade. Por fim, deve-se ordenar por preferência as fontes consideradas qualificadas para que se faça a escolha final. Essas etapas e os autores que indicam a sequência são apresentados na Figura 19.

Figura 19 - Sequência das etapas da estrutura de decisão

Fonte: O autor.

Sendo assim, a estrutura foi definida com 4 etapas, que são: (1) definição do problema; (2) avaliação da possibilidade de terceirização; (3) qualificação das fontes de fornecimento e; (4) ordenação das fontes de fornecimento. Soma-se a isso o fato de que deve haver uma reavaliação periódica, pois o ambiente e as necessidades da organização se modificam com o passar do tempo. As etapas da estrutura de decisão proposta são apresentadas na Figura 20.

Figura 20 - Macroestrutura para a tomada de decisão de fazer ou comprar

Fonte: O autor.

A finalidade da estrutura de decisão é, não somente avaliar a possibilidade de terceirização ou encontrar uma fonte de fornecimento adequada para as necessidades da organização, mas agrupar essas etapas sequenciais agregando conceitos das teorias de fazer ou comprar e seleção de fornecedores.

Após a definição da sequência de etapas a serem desenvolvidas, as atividades dentro de cada uma delas devem ser explicitadas. A Figura 21 e as Seções 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4 apresentam as etapas e as respectivas atividades em detalhes.

Figura 21 - Estágios detalhados da estrutura de decisão

4.1. Etapa 1 – Definição do problema e seleção e ponderação dos critérios

A Etapa 1, de “Definição do problema e definição e ponderação dos critérios”, é a etapa inicial do processo decisório. Nela discutem-se questões importantes a serem analisadas antes do início do processo de análise da possibilidade de terceirização e das fontes de fornecimento. Essa etapa foi incluída na estrutura do processo decisório de fazer ou comprar, pois alguns autores a consideram relevantes. Padillo e Diaby (1999) consideram que os dois primeiros passos são definir o foco do problema (alvo da análise e horizonte de planejamento) e definir os critérios (objetivos e atributos). Platts Probert e Cárnez (2002) consideram como etapa inicial da decisão uma etapa de preparação, na qual o time de projeto é selecionado e a família de componentes ou processo é identificado e especificado. Humphreys McIvor e Huang (2002) consideram análise inicial para ponderação de critérios. Alguns autores consideram uma análise inicial para ponderação de critérios (CHEN; ZHOU; PHAM, 2008; FU; BI; WANG, 2014; SENTHIL; SRIRANGACHARYULU; RAMESH, 2012; SHEN et al., 2015; WANG et al., 2011). Por fim, outros autores consideram uma etapa inicial contendo tanto seleção quanto ponderação de critérios (HSUEH; LIN, 2015; TJADER et al., 2014; YAO; DONG, 2010).

Deve-se ressaltar também, que a atividade a ser analisada pode ser uma nova atividade (que a empresa nunca realizou) ou uma atividade já existente (atividade já realizada/contratada pela empresa) para o qual a empresa deseja reavaliar sua estratégia.

Esta etapa é importante, pois é nela que se definem as premissas básicas para a tomada de decisão. Para isso devem ser discutidas algumas questões importantes como as que seguem:

✓ **Definição do escopo de análise:** uma questão importante a ser discutida é a definição de qual a abrangência da análise, ou seja, se será um produto único, um componente, uma família de produtos, um serviço de suporte a um processo de negócio, entre outros. Isso visa deixar claro o objeto de estudo para que não haja equívocos na hora de realizar as demais etapas do processo;

✓ **Formação da equipe de decisão:** essa equipe será responsável pela realização das demais etapas do processo decisório. Sendo assim, faz-se necessário que a equipe seja composta por pessoas familiarizadas com o objeto de estudo e com o processo de fazer ou comprar. Isso é importante para que se possa avaliar com precisão as características do objeto de estudo e das potenciais fontes de fornecimento para a execução da atividade;

✓ **Identificação das especificidades do objeto de estudo:** deve-se identificar as especificidades do objeto de estudo. Isso faz-se importante para que se compreenda as características do objeto a ser analisado. Estas especificidades incluem complexidade do item,

importância para a organização, tipo de item a ser analisado, entre outros, visando dar suporte às etapas subsequentes do processo decisório;

✓ **Identificação de quais objetivos pretende-se alcançar:** os objetivos a serem alcançados precisam ser identificados. Esses objetivos são importantes para direcionar a decisão para o rumo desejado pela organização. Eles podem envolver, entre outras, questões como: melhor custo, melhor qualidade, melhor adaptação às mudanças de tecnologia, entre outros; e

✓ **Definição e ponderação dos critérios a serem utilizados para as etapas que seguem:** é necessário também que se defina quais critérios a empresa deseja avaliar. Isso faz-se importante para que, nas etapas que seguem (Avaliação da possibilidade de terceirização, Qualificação das fontes de fornecimento e Escolha final), possa-se avaliar a possibilidade de terceirização e escolher as fontes de fornecimento de forma adequada. Deve-se também atribuir pesos aos critérios de forma a refletir sua importância relativa. A ponderação se faz necessária para que o resultado do processo atenda melhor as necessidades da organização.

4.2. Etapa 2 – Avaliação da possibilidade de terceirização

A Etapa 2, de “Avaliação da possibilidade de terceirização”, tem por objetivo analisar a estratégia associada ao produto para que se responda à seguinte pergunta: “É possível terceirizar o objeto de estudo?”. Essa etapa foi incluída no processo decisório pois alguns autores consideram-na importante. As questões consideradas são apresentadas na Tabela 9:

Tabela 9 - Considerações para avaliar a possibilidade de terceirização

Autores	Considerações
Van De Water e Van Peet (2006)	Consideram que deve haver uma análise das atividades relevantes para a organização.
Hafeez, Malak e Zhang (2007)	Consideram que deve haver uma análise das competências essenciais da organização.
Valois e Almeida (2009)	Consideram que deve haver uma avaliação da possibilidade de terceirização considerando o critério “legalidade” (avaliar se a terceirização daquele objeto de estudo é legal perante a lei).
Cheshmberah, Ahmad e Seyedhosseini (2010)	Consideram que, se o objeto de estudo for considerado uma competência essencial da empresa, ele deve ser feito internamente, se não, pode ser considerada a terceirização.
Yao e Dong (2010)	Consideram a avaliação das competências essenciais para terceirização
Cheshmberah et al. (2011)	Consideram que, se o objeto de estudo for considerado uma competência essencial da empresa, ele deve ser feito internamente, se não, pode ser considerada a terceirização.

Fonte: O autor.

Esta etapa tem por objetivo analisar as características do objeto de estudo (atividade a ser analisada) para que, se houver algum impedimento de se buscá-lo no mercado, a opção seja analisar somente fontes internas nas etapas subsequentes. Para isso sugere-se os seguintes passos:

✓ **Os tomadores de decisão devem julgar as atividades de acordo com os critérios:** Neste passo os tomadores de decisão avaliam as alternativas de acordo com os critérios pré-estabelecidos para que se obtenha informações sobre a importância do objeto de estudo para a organização; e

✓ **Avaliar as atividades com relação à terceirização:** Essa avaliação pode ser feita por meio da utilização de métodos de decisão multicritério. Eles podem ser estruturados para avaliar as alternativas de acordo com os critérios selecionados, classificando-as em aptas à terceirização ou não. Se as atividades forem consideradas aptas à terceirização, nas etapas seguintes pode-se considerar fontes de fornecimento externas (além das fontes internas), caso contrário, deve-se considerar somente fontes internas.

A etapa seguinte (Etapa 3) inicia a análise sobre aonde deve ser executada a atividade ou as atividades analisadas. Essa etapa é descrita com detalhes na Seção 4.3.

4.3. Etapa 3 – Qualificação das potenciais fontes de fornecimento

A Etapa 3, de “Qualificação das fontes de fornecimento”, tem por objetivo principal, verificar se há fontes que atendem os requisitos para suprir a demanda por aquele objeto de estudo. Dessa forma, ao fim dessa etapa, deve-se responder à pergunta: “Há fontes de fornecimento aptas a suprir as necessidades da organização? Quantas?”. Ela também tem por objetivo, caso seja necessário, reduzir o número das potenciais fontes de fornecimento. Essa redução limita o número de fornecedores que serão avaliados na etapa de “Ordenação das fontes de fornecimento” do processo decisório, a apenas fontes que atendam aos requisitos exigidos.

Essa etapa foi incluída na estrutura do processo decisório devido ao fato de que Humphreys, McIvor e Huang, (2002) abordam a questão das fontes de fornecimento classificando-as em duas categorias: qualificadas ou desqualificadas. Ela também é um dos estágios propostos por De Boer, Labro e Morlacchi, (2001) como uma etapa da seleção de fornecedores externos.

Para que essa etapa se desenvolva de maneira adequada sugere-se uma sequência de passos. São eles:

✓ **Identificar as potenciais fontes de fornecimento internas e externas:** Este passo tem por objetivo identificar quais as potenciais fontes capazes de realizar a atividade em questão. As fontes internas podem ser máquinas capazes de realizar a atividade na própria planta ou em outra unidade da empresa (para componentes e produtos finais), ou departamentos capazes de realizar o serviço ou gerenciar o processo de negócio. Já quando se trata de fontes externas, necessita-se identificar quais empresas do mercado são potenciais provedores para o objeto de estudo;

✓ **Os tomadores de decisão devem julgar as fontes de acordo com os critérios:** Neste passo os tomadores de decisão avaliam cada fonte de fornecimento individualmente de acordo com os critérios selecionados para essa etapa. Para isso é necessário que os tomadores de decisão busquem informações sobre como a atividade será desenvolvida pela fonte de fornecimento; e

✓ **Avaliar as fontes de fornecimento com relação à qualificação:** Essa avaliação pode ser feita por meio da utilização de métodos de decisão multicritério. Eles podem ser estruturados para categorizar as alternativas de acordo com os critérios selecionados, classificando-as como aptas a suprirem as necessidades da organização ou não.

Vale ressaltar que, para os casos em que nenhuma potencial fonte de fornecimento é considerada qualificada, a opção deve ser por desenvolver uma fonte de fornecimento. Com relação à esta questão, não há nenhuma consideração feita nos trabalhos encontrados na revisão da literatura. Dessa forma, optou-se por criar uma terceira categoria nesta etapa de análise das potenciais fontes de fornecimento. Nessa categoria, são alocadas fontes de fornecimento que possuem desempenho não satisfatório para serem consideradas qualificadas, mas podem ser consideradas de desempenho mediano.

Identificadas as fontes de fornecimento que atendem os requisitos para suprir a demanda da organização, passa-se então a Etapa 4 (Ordenação das fontes de fornecimento). Essa etapa é descrita com detalhes na Seção 4.4.

4.4. Etapa 4 – Ordenação das fontes de fornecimento

A etapa de “Ordenação das fontes de fornecimento” tem por objetivo ordenar por prioridade as fontes de fornecimento consideradas qualificadas na Etapa 3, para que se possa escolher pelas melhores fontes de fornecimento para o objeto de estudo em questão. Dessa

forma, ao fim dessa etapa deve-se estar apto a responder a seguinte questão: “Qual é a ordem de preferência das alternativas para realizar a atividade em questão?”.

Essa etapa é considerada importante por diversos autores. Nos trabalhos encontrados na revisão da literatura, a escolha por fazer ou comprar resulta da simples ordenação das fontes de fornecimento (se for fonte interna fazer ou se for fonte externa comprar) para diversos deles (CHESHMBERAH et al., 2011; HSUEH; LIN, 2015; HUMPHREYS; MCIVOR; HUANG, 2002; HWANG; KO; GOAN, 2007; LEE; WALSH, 2011; PADILLO; DIABY, 1999; PLATTS; PROBERT; CÁÑEZ, 2002; SHIUE; LIN, 2012; TJADER et al., 2014; VALOIS; ALMEIDA, 2009).

A Etapa 4, de Ordenação das fontes de fornecimento é composta pelos seguintes passos:

✓ **Julgamento dos critérios pelos tomadores de decisão:** neste passo os tomadores de decisão buscam informações para julgar as fontes de fornecimento de acordo com os critérios estabelecidos;

✓ **Ordenação por prioridade de seleção das fontes de fornecimento:** neste passo a finalidade é ordenar por preferência as fontes de fornecimento de forma com que a primeira da lista seja a fonte de fornecimento mais indicada para suprir as necessidades da organização. Para isso podem ser utilizados métodos de decisão multicritério para o propósito de ordenação; e

✓ **Seleção das melhores fontes de fornecimento:** por fim, este passo visa escolher as melhores fontes de fornecimento para a empresa compradora, ou seja, as mais bem avaliadas na ordenação. A quantidade de fontes de fornecimento a serem escolhidas depende da estratégia da empresa. Essa estratégia pode ser utilizada quando há variações excessivas na demanda, quando há problemas na fonte de fornecimento, entre outros.

Após a ordenação das alternativas a partir do uso de métodos multicritério, se as melhores opções forem fontes de fornecimento internas, então o resultado da análise é por fazer internamente. Já se forem por fontes de fornecimento externas, o resultado é por comprar. Caso a opção seja por uma combinação de fontes internas e externas, entende-se que a opção é por uma política híbrida. Para este caso, política híbrida, apenas dois trabalhos encontrados na literatura trazem essa consideração. Senthil, Srirangacharyulu e Ramesh (2012) propõem escolher entre fazer, comprar ou a gestão compartilhada e Shiue e Lin (2012) propõem escolher entre fazer, comprar de empresa privada, comprar de empresa pública ou a gestão compartilhada.

Dessa forma, tem-se o processo de tomada de decisão proposto para a problemática de fazer ou comprar. No próximo capítulo será apresentado um caso ilustrativo para o melhor entendimento da estrutura de decisão. Essa decisão será tomada utilizando-se, além da estrutura de decisão aqui descrita, métodos de decisão multicritério para conferir-lhe maior confiabilidade no resultado.

5. EXEMPLO NUMÉRICO

De forma a demonstrar como as decisões em cada um dos estágios da estrutura de decisão proposta são feitas, um caso ilustrativo foi criado. Os métodos de decisão multicritério foram escolhidos com base nos propósitos de cada uma das etapas.

Para este caso ilustrativo, suponha que a Companhia A, do setor automotivo, precisa tomar uma decisão de fazer ou comprar para um dos seus novos produtos identificado pelo código A-249 (um para-choques automotivo). Então, decide-se tomar essa decisão baseada na estrutura proposta.

As próximas seções apresentam as etapas da estrutura de decisão proposta e a aplicação de métodos de decisão multicritério para auxiliar os tomadores de decisão a obter um resultado compatível com as necessidades da organização.

5.1. Resultados da Etapa 1 utilizando os métodos *Fuzzy Delphi* e *Fuzzy-QFD*

Para o início do processo, os passos da etapa de definição do problema e seleção e ponderação dos critérios (Etapa 1) devem ser seguidos.

O primeiro é a definição do problema. Nele, o escopo da análise é identificado verificando-se se a terceirização se dará para a atividade de fabricação do componente A-249 ou para as atividades da família de produtos que envolve esse componente. Para este caso, apenas o componente A-249 foi selecionado.

Outra questão a ser analisada é a formação dos times de decisão (seleção dos tomadores de decisão). Para a Etapa 2, três tomadores de decisão foram escolhidos para avaliar a possibilidade de terceirização (DT-1, DT-2 e DT-3). Esses tomadores de decisão podem ser, por exemplo, um gerente geral, um gerente de *marketing* e um responsável pela estratégia da empresa. Já para as etapas de avaliação das fontes de fornecimento (Qualificação e Ordenação), escolheu-se também três tomadores de decisão (DF-1, DF-2, DF-3). Esses tomadores de decisão poderiam ser representados, por exemplo, por um gerente geral, um gerente financeiro e um gerente de produção.

Por fim, as características desejadas foram previamente analisadas para que se entenda a importância da atividade e como buscar potenciais fontes de fornecimento para as etapas seguintes. As características que se deseja alcançar com a análise do processo são: manter o orçamento dentro do desejado pela empresa; atender às especificações de projeto e; assegurar a continuidade do processo produtivo. Elas podem ser entendidas como direcionadores para a seleção dos critérios.

5.1.1. Seleção dos critérios utilizando o método Fuzzy Delphi

O segundo passo da Etapa 1 é selecionar os critérios apropriados para as etapas seguintes. Para esse passo, um método de decisão multicritério pode ser utilizado para que a decisão seja tomada de forma mais estruturada. Com essa finalidade, o método de decisão multicritério *Fuzzy-Delphi* é proposto.

A parametrização do método deve ser realizada de acordo com as necessidades dos tomadores de decisão. Para este caso ilustrativo, as seguintes informações foram utilizadas:

✓ **Valores de entrada (1):** para os valores de entrada utilizou-se uma escala de importância conforme sugerido por Chang e Wang (2006), Kuo e Chen (2008) e Wang e Durugbo (2013), que varia de um a cinco. De forma a ficar mais claro para os tomadores de decisão, atribuiu-se valores linguísticos para cada um dos números sendo: Não Importante (1), Pouco Importante (2), Importante (3), Muito Importante (4) e Essencial (5);

✓ **Valor de corte (2):** o valor de corte pode variar de acordo com o rigor dos tomadores de decisão. Para este caso exemplo, escolheu-se um valor intermediário considerando $\alpha = 2,5$; e

✓ **Considerações (3):** para este caso ilustrativo e visando reduzir o tamanho das tabelas a serem apresentadas, optou-se por analisar 15 critérios para cada etapa, mas em um caso real, deve-se analisar todos os critérios levantados na revisão da literatura (Seção 2.1).

A Tabela 10, a Tabela 11 e a Tabela 12 apresentam as avaliações referentes aos níveis de importâncias dos critérios dadas pelos tomadores de decisão para cada etapa do processo decisório. Com a finalidade de que se obtenha dados mais robustos, optou-se por incluir no processo de seleção dos critérios mais um funcionário próximo a cada um dos tomadores de decisão selecionados (FDT-1, FDT-2 e FDT-3 para a Etapa 2 e FDF-1, FDF-2 e FDF-3 para as Etapas 3 e 4). Dessa forma, tem-se um total de seis tomadores de decisão nesse passo. Os valores Baixo (B), Médio (M) e Alto (A) são calculados pelas Equações 12, 13 e 14

respectivamente. O valor desfuzzificado ($Desf_i$) é dado pela Equação 15. Por fim, a classificação é dada pelas Equações 16 e 17.

Tabela 10 - Avaliações dos critérios para a Etapa 2

Crítérios	DT-1	FDT-1	DT-2	FDT-2	DT-3	FDT-3	B	M	A	$Desf_i$	Classif.
C2-1	1	2	2	1	2	1	1	1,41	2	1,47	Descartar
C2-2	1	3	2	2	3	1	1	1,82	3	1,94	Descartar
C2-3	2	1	3	1	3	1	1	1,62	3	1,87	Descartar
C2-4	2	1	2	1	1	1	1	1,26	2	1,42	Descartar
C2-5	3	2	2	2	2	1	1	1,91	3	1,97	Descartar
C2-6	3	1	2	1	2	2	1	1,70	3	1,90	Descartar
C2-7	4	5	2	4	5	4	2	3,84	5	3,61	Selecionar
C2-8	1	3	3	1	2	3	1	1,94	3	1,98	Descartar
C2-9	2	1	3	1	1	1	1	1,35	3	1,78	Descartar
C2-10	1	4	3	3	1	2	1	2,04	4	2,35	Descartar
C2-11	5	4	4	5	5	4	4	4,47	5	4,49	Selecionar
C2-12	3	2	2	1	2	1	1	1,70	3	1,90	Descartar
C2-13	1	1	1	2	2	1	1	1,26	2	1,42	Descartar
C2-14	5	4	2	4	4	5	2	3,84	5	3,61	Selecionar
C2-15	1	2	2	2	2	1	1	1,59	2	1,53	Descartar

Fonte: O autor.

O resultado da seleção dos critérios para a Etapa 2, “Avaliação da possibilidade de terceirização”, aponta três critérios a serem utilizados (C2-7, C2-11 e C2-14). Esses critérios serão utilizados para avaliar se fontes de fornecimento externas podem ser consideradas para realizar a produção do para-choques automotivo.

Em seguida, é necessário que se selecione critérios para a Etapa 3, “Qualificação das fontes de fornecimento”. Para isso, utilizou-se a mesma escala para os valores de entrada e o mesmo valor de corte α . Vale ressaltar aqui que, conforme as necessidades dos tomadores de decisão, esses valores podem ser alterados. Os resultados para a Etapa 3 são apresentados na Tabela 11.

O resultado da seleção dos critérios para a Etapa 3, “Qualificação das fontes de fornecimento”, aponta três critérios a serem utilizados (C3-3, C3-10 e C3-15). Esses critérios são utilizados para avaliar se as potenciais fontes de fornecimento atendem os requisitos necessários impostos pela empresa compradora para fabricar o para-choque automotivo.

Tabela 11 - Avaliações dos critérios para a Etapa 3

Crítérios	DF-1	FDF -1	DF-2	FDF -2	DF-3	FDF -3	B	M	A	Def_i	Classif.
C3-1	1	1	2	1	2	1	1	1,26	2	1,42	Descartar
C3-2	2	3	2	2	3	1	1	2,04	3	2,01	Descartar
C3-3	4	5	3	5	5	3	3	4,06	5	4,02	Selecionar
C3-4	2	2	3	1	2	1	1	1,70	3	1,90	Descartar
C3-5	1	1	2	1	1	3	1	1,35	3	1,78	Descartar
C3-6	3	2	2	1	2	3	1	2,04	3	2,01	Descartar
C3-7	2	2	1	3	2	2	1	1,91	3	1,97	Descartar
C3-8	3	3	1	3	2	1	1	1,94	3	1,98	Descartar
C3-9	1	1	1	2	3	1	1	1,35	3	1,78	Descartar
C3-10	2	3	2	2	5	5	2	2,90	5	3,30	Selecionar
C3-11	5	5	4	4	4	3	3	4,11	5	4,04	Descartar
C3-12	2	3	1	2	2	2	1	1,91	3	1,97	Descartar
C3-13	1	2	1	2	3	3	1	1,82	3	1,94	Descartar
C3-14	5	5	5	4	4	4	4	4,47	5	4,49	Descartar
C3-15	3	2	4	3	3	2	2	2,75	4	2,92	Selecionar

Fonte: O autor.

Finalmente, o último conjunto de critérios a ser definido diz respeito à Etapa 4, “Ordenação das fontes de fornecimento”. Novamente a escala e o valor de corte utilizados são os mesmos. Os resultados para a Etapa 4 são apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 - Avaliações dos critérios para a Etapa 4

Crítérios	DF-1	FDF -1	DF-2	FDF -2	DF-3	FDF -3	B	M	A	Desf_i	Classif.
C4-1	1	2	3	1	2	1	1	1,51	3	1,84	Descartar
C4-2	1	1	1	2	2	1	1	1,26	2	1,42	Descartar
C4-3	4	3	4	3	4	3	3	3,46	4	3,49	Selecionar
C4-4	3	1	1	2	2	2	1	1,70	3	1,90	Descartar
C4-5	2	2	2	2	1	1	1	1,59	2	1,53	Descartar
C4-6	3	2	3	2	4	3	2	2,75	4	2,92	Selecionar
C4-7	3	3	5	3	3	4	3	3,43	5	3,81	Selecionar
C4-8	2	1	2	1	2	1	1	1,41	2	1,47	Descartar
C4-9	5	3	5	4	4	5	3	4,26	5	4,09	Selecionar
C4-10	4	2	3	3	5	5	2	3,49	5	3,50	Selecionar
C4-11	1	4	3	2	1	2	1	1,91	4	2,30	Descartar
C4-12	5	2	5	2	5	3	2	3,38	5	3,46	Selecionar
C4-13	1	2	2	1	2	2	1	1,59	2	1,53	Descartar
C4-14	4	4	2	5	3	5	2	3,66	5	3,55	Selecionar
C4-15	2	1	1	1	1	1	1	1,12	2	1,37	Descartar

Fonte: O autor.

Os resultados da seleção dos critérios para a Etapa 4, “Ordenação das fontes de fornecimento”, apontam sete critérios a serem utilizados (C4-3, C4-6, C4-7, C4-9, C4-10, C4-12 e C4-14). Esses critérios são utilizados para ordenar por preferência as fontes de fornecimento consideradas qualificadas na Etapa 3.

5.1.2. Ponderação dos critérios usando o método *Fuzzy-QFD*

Após a seleção dos critérios, deve-se avaliar qual a importância deles para a organização. Essa importância é relevante para o processo decisório uma vez que ela faz com que o resultado final do processo de decisão seja condizente com as necessidades da empresa. Para auxiliar o desenvolvimento desse passo escolheu-se o método de decisão *Fuzzy-QFD*. Devido ao fato de que, para a escolha dos pesos dos critérios, não é necessário o passo de ordenação final do *Fuzzy-QFD*, este passo foi desconsiderado.

Para todas as avaliações foram utilizados os valores linguísticos: Muito Baixo (MB), Baixo (B), Médio (M), Alto (A) e Muito Alto (MA). Esses valores e os respectivos números triangulares *fuzzy* são apresentados na Figura 22.

Figura 22 - Termos linguísticos para avaliação dos pesos dos critérios

Fonte: O autor.

Sendo assim, deu-se início à ponderação dos critérios para a Etapa 2. Para isso, identificou-se primeiramente os requisitos dos clientes (RC). Nesse caso, os clientes são os gestores. Na avaliação da possibilidade de terceirização, eles ressaltaram que é importante a não difusão da tecnologia no mercado (NDT), deve-se ter por objetivo aumentar o *marketshare* (AM) e preservar as competências essenciais (PCE).

O segundo passo é determinar os critérios para avaliar as alternativas (CA). Esse passo já foi realizado por meio do método de decisão multicritério *Fuzzy-Delphi*, na Seção 5.1.1, e foram selecionados os critérios C2-7, C2-11 e C2-14.

O terceiro passo consiste em computar os pesos dos RC. As avaliações dos três tomadores de decisão (DT-1, DT-2 e DT-3), os valores agregados das avaliações dados pela Equação 18, os valores desfuzzificados dados pela Equação 19 e os pesos dos RC dados pela Equação 20 podem ser observados na Tabela 13.

Tabela 13 - Cálculo dos pesos dos RC para a Etapa 2

Requisitos dos Clientes (RC)	DT-1	DT-2	DT-3	B	M	A	Desf.	Peso RC
Não difundir a tecnologia	A	MA	A	0,58	0,83	1,00	0,813	0,336
Aumentar o market-share	M	A	A	0,42	0,67	0,92	0,667	0,276
Preservar competências essenciais	MA	MA	MA	0,75	1,00	1,00	0,938	0,388

Fonte: O autor.

Em seguida, o passo seguinte é construir uma matriz de relação entre os Requisitos dos clientes (RC) e os Critérios para Avaliação das alternativas (CA). Essa matriz é apresentada na Tabela 14.

Tabela 14 – Valores linguísticos para a relação RCxCA para a Etapa 2

Critérios (CA)	Tomador de decisão	NDT	AM	PCE
C2-7	DT-1	MA	M	B
	DT-2	A	M	M
	DT-3	A	M	B
C2-11	DT-1	MA	B	A
	DT-2	A	B	A
	DT-3	M	B	M
C2-14	DT-1	A	A	MA
	DT-2	MA	A	A
	DT-3	B	A	MA

Fonte: O autor.

Utilizando a Equação 21, os números *fuzzy* triangulares informados, por meio dos termos linguísticos pelos tomadores de decisão, são agregados. Em seguida deve-se usar a Equação 22 para o cálculo dos pesos dos critérios. Como os valores de entrada em outros métodos são valores não *fuzzy* (*crisp*), optou-se por desfuzzificar os valores encontrados e criar uma ponderação da mesma maneira como feito para os RC, por meio das Equações 23 e 24. Os dados referentes aos pesos dos critérios são apresentados na Tabela 15 (Passo 5).

Tabela 15 - Cálculos dos pesos dos CA para a Etapa 2

CA		NDT	AM	PCC	Soma CAxRC	Peso CA (<i>fuzzy</i>)	Peso CA
C2-7	B	0,58	0,25	0,08	0,297	0,099	0,288
	M	0,83	0,50	0,33	0,547	0,182	
	A	1,00	0,75	0,58	0,769	0,256	
C2-11	B	0,50	0,00	0,42	0,330	0,110	0,305
	M	0,75	0,25	0,67	0,580	0,193	
	A	0,92	0,50	0,92	0,802	0,267	
C2-14	B	0,42	0,50	0,67	0,537	0,179	0,407
	M	0,67	0,75	0,92	0,787	0,262	
	A	0,83	1,00	1,00	0,944	0,315	
Peso dos RC (<i>crisp</i>)		0,34	0,28	0,39			

Fonte: O autor.

Dessa forma, tem-se os valores dos pesos para os critérios C2-7, C2-11 e C2-14 que são respectivamente 0,288, 0,305 e 0,407. Esses valores serão usados para os cálculos na Etapa 2.

Uma vez calculados os pesos dos critérios para a Etapa 2, passa-se ao cálculo dos pesos dos critérios para a Etapa 3. Para isso, identificou-se primeiramente os requisitos dos clientes/gestores (RC). Na avaliação da qualificação das potenciais fontes de fornecimento, ressaltou-se que é importante Atender as Especificações de Projeto (AEP), Manter os Custos dentro do esperado (MC) e Evitar Descontinuidade no Processo produtivo (EDP).

O próximo passo é determinar os critérios para avaliar as alternativas (CA). Esse passo já foi realizado na Seção 5.1.1, por meio do método de decisão multicritério *Fuzzy-Delphi* e foram selecionados os critérios C3-3, C3-10 e C3-15.

O passo seguinte consiste em calcular os pesos dos RCs. As avaliações dos três tomadores de decisão (DF-1, DF-2 e DF-3), os valores agregados das avaliações dados pela Equação 18, os valores desfuzzificados dados pela Equação 19 e os pesos dos RCs dados pela Equação 20 podem ser observados na Tabela 16.

Tabela 16 - Cálculo dos pesos dos RC para a Etapa 3

Requisitos dos Clientes (RC)	DF-1	DF-2	DF-3	B	M	A	Desf.	Peso RC
AEP	A	M	A	0,42	0,67	0,92	0,667	0,311
MC	MA	M	A	0,50	0,75	0,92	0,729	0,340
EDP	A	A	A	0,50	0,75	1,00	0,750	0,350

Fonte: O autor.

Como feito para a Etapa 2, o passo seguinte para a Etapa 3 também é construir uma matriz de relação entre os Requisitos dos Clientes (RC) e os Critérios para Avaliação das alternativas (CA). Essa matriz é apresentada na Tabela 17.

Tabela 17 – Valores linguísticos para a relação RCxCA para a Etapa 3

CA	TD	AEP	MC	EDP
C3-3	DF-1	A	A	A
	DF-2	MA	M	M
	DF-3	M	A	M
C3-10	DF-1	A	B	MA
	DF-2	MA	MB	M
	DF-3	A	B	M
C3-15	DF-1	M	MA	MA
	DF-2	B	M	MA
	DF-3	B	A	MA

Fonte: O autor.

Em seguida usou-se a Equação 21 para a agregação dos números triangulares *fuzzy*. Depois deve-se usar a Equação 22 para o cálculo dos pesos dos critérios. Como os valores de entrada em outros métodos são valores não *fuzzy* (*crisp*), novamente optou-se por desfuzzificar os valores encontrados por meio das Equações 23 e 24. Os dados referentes aos pesos dos critérios são apresentados na Tabela 18 (Passo 5).

Tabela 18 - Cálculos dos pesos dos CA para a Etapa 3

CA		AEP	MP	EDP	Soma CAxRC	Peso CA (<i>fuzzy</i>)	Peso CA (<i>crisp</i>)
C3-3	B	0,50	0,42	0,33	0,413	0,138	0,350
	M	0,75	0,67	0,58	0,663	0,221	
	A	0,92	0,92	0,83	0,888	0,296	
C3-10	B	0,58	0,00	0,42	0,327	0,109	0,289
	M	0,83	0,17	0,67	0,549	0,183	
	A	1,00	0,42	0,83	0,744	0,248	
C3-15	B	0,08	0,50	0,75	0,458	0,153	0,362
	M	0,33	0,75	1,00	0,708	0,236	
	A	0,58	0,92	1,00	0,842	0,281	
Peso dos RC		0,31	0,34	0,35			

Fonte: O autor.

Assim, tem-se como pesos para os critérios C3-3, C3-10 e C3-15 que são respectivamente 0,350, 0,289 e 0,362. Esses valores serão usados para os cálculos na Etapa 3.

Por fim, deve-se calcular os pesos dos critérios para a Etapa 4. Para isso os tomadores de decisão optaram por utilizar os mesmos requisitos (RC) da etapa anterior, uma vez que a análise ainda se refere às fontes de fornecimento. Sendo assim, manteve-se que é importante: Atender as Especificações de Projeto (AEP), Manter os Custos dentro do esperado (MC) e Evitar Descontinuidade no Processo produtivo (EDP).

O próximo passo é determinar os critérios para avaliar as alternativas (CA). Esse passo foi realizado na Seção 5.1.1 e os critérios são: C4-3, C4-6, C4-7, C4-9, C4-10, C4-12 e C4-14.

Em seguida deve-se computar os pesos dos RC. As avaliações dos três tomadores de decisão (DF-1, DF-2 e DF-3), os valores agregados das avaliações dados pela Equação 18, os valores desfuzzificados dados pela Equação 19 e os pesos dos RC dados pela Equação 20 podem ser observados na Tabela 19.

Tabela 19 - Cálculo dos pesos dos RC para a Etapa 4

RC	DF-1	DF-2	DF-3	B	M	A	Desf.	Peso RC
AEP	A	A	MA	0,58	0,83	1,00	0,813	0,358
MC	M	M	A	0,33	0,58	0,83	0,583	0,257
EDP	MA	A	MA	0,67	0,92	1,00	0,875	0,385

Fonte: O autor.

Como feito para as Etapas 2 e 3, o passo 4 para a Etapa 4 também é construir uma matriz de relação entre os Requisitos dos Clientes (RC) e os Critérios para Avaliação das alternativas (CA). Essa matriz é apresentada na Tabela 20.

Tabela 20 - Valores linguísticos para a relação RCxCA para a Etapa 4

CA	TD	AEP	MC	EDP
C4-3	DF-1	B	A	B
	DF-2	B	M	M
	DF-3	M	M	A
C4-6	DF-1	A	A	B
	DF-2	B	M	M
	DF-3	B	A	M
C4-7	DF-1	A	A	MA
	DF-2	A	M	MA
	DF-3	A	M	A
C4-9	DF-1	B	A	MA
	DF-2	A	MA	MA
	DF-3	B	A	MA
C4-10	DF-1	A	A	M
	DF-2	A	MB	M
	DF-3	B	MB	A
C4-12	DF-1	B	MA	MA
	DF-2	B	M	A
	DF-3	A	M	M
C4-14	DF-1	MA	MB	MB
	DF-2	M	B	M
	DF-3	M	B	B

Fonte: O autor.

Em seguida, para a agregação dos números triangulares *fuzzy*, usou-se a Equação 21. Depois, a Equação 22 foi usada para o cálculo dos pesos dos critérios. Novamente, optou-se por desfuzzificar os valores encontrados por meio das Equações 23 e 24. Os dados referentes aos pesos dos critérios são apresentados na Tabela 21 (Passo 5).

Tabela 21 - Cálculos dos pesos dos CA para a Etapa 4

CA		AEP	MP	EDP	Soma CAxRC	Peso CA (<i>fuzzy</i>)	Peso CA (<i>crisp</i>)
C4-3	B	0,08	0,33	0,25	0,21	0,07	0,118
	M	0,33	0,58	0,50	0,46	0,15	
	A	0,58	0,83	0,75	0,71	0,24	
C4-6	B	0,17	0,42	0,17	0,23	0,08	0,123
	M	0,42	0,67	0,42	0,48	0,16	
	A	0,67	0,92	0,67	0,73	0,24	
C4-7	B	0,50	0,33	0,67	0,52	0,17	0,193
	M	0,75	0,58	0,92	0,77	0,26	
	A	1,00	0,83	1,00	0,96	0,32	
C4-9	B	0,17	0,58	0,75	0,50	0,17	0,184
	M	0,42	0,83	1,00	0,75	0,25	
	A	0,67	1,00	1,00	0,88	0,29	
C4-10	B	0,33	0,17	0,33	0,29	0,10	0,130
	M	0,58	0,25	0,58	0,50	0,17	
	A	0,83	0,50	0,83	0,75	0,25	
C4-12	B	0,17	0,42	0,50	0,36	0,12	0,153
	M	0,42	0,67	0,75	0,61	0,20	
	A	0,67	0,83	0,92	0,81	0,27	
C4-14	B	0,42	0,00	0,08	0,18	0,06	0,098
	M	0,67	0,17	0,25	0,38	0,13	
	A	0,83	0,42	0,50	0,60	0,20	
Peso dos RC		0,36	0,26	0,39			

Fonte: O autor.

Dessa forma, tem-se como resultado para os pesos para os critérios C4-3, C4-6, C4-7, C4-9, C4-10, C4-12 e C4-14 que são respectivamente 0,118, 0,123, 0,193, 0,184, 0,130, 0,153 e 0,098. Esses valores serão usados para os cálculos na Etapa 4. A Tabela 22 apresenta os valores calculados para cada critério de cada etapa.

Tabela 22 - Resultados dos cálculos dos pesos dos critérios

Etapa 2		Etapa 3		Etapa 4	
Critério	Peso	Critério	Peso	Critério	Peso
C2-7	0,228	C3-3	0,350	C4-3	0,118
C2-11	0,305	C3-10	0,289	C4-6	0,123
C2-14	0,407	C3-15	0,362	C4-7	0,193
				C4-9	0,184
				C4-10	0,130
				C4-12	0,153
				C4-14	0,098

Fonte: O autor.

Após a definição do problema, a seleção e a ponderação dos critérios, tem-se informações suficientes para o início da Etapa 2 (Avaliação da possibilidade de terceirização). Essa etapa é descrita com detalhes na Seção 5.2.

5.2. Resultados da Etapa 2 utilizando o método FlowSort-GDSS

Uma vez que o problema foi identificado e estudado e, os critérios para as Etapas 2, 3 e 4 foram selecionados e ponderados, passa-se para a Etapa 2. Para essa Etapa, o método de decisão em grupo para classificação de alternativas em categorias ordenadas FlowSort-GDSS foi escolhido. O objetivo da utilização deste método é ajudar os tomadores de decisão a avaliar a possibilidade de terceirização de uma forma estruturada.

Antes de iniciar a execução do algoritmo do FlowSort-GDSS é necessário que se faça a sua parametrização. Ela deve incluir os seguintes atributos:

- ✓ **Conjunto de critérios (1):** o conjunto de critérios selecionados na Etapa 1 (C2-7, C2-11 e C2-14) apresentado na Tabela 10 da Seção 5.1.1;
- ✓ **Conjunto de pesos para os critérios (2):** o conjunto de pesos para os critérios para a Etapa 2 foi calculado e apresentado na Tabela 15 da Seção 5.1.2;
- ✓ **Conjunto de alternativas (3):** nesse caso é composto por apenas uma alternativa, ou seja, a atividade para a qual está sendo analisada a possibilidade de terceirização;
- ✓ **Valores de entrada (4) e conjunto de avaliações da alternativa (5):** os julgamentos dos tomadores de decisão para esta etapa do processo foram feitos com base em uma escala que varia de um a dez, sendo um o pior valor e dez o melhor valor. Com a finalidade de dar mais robustez aos valores de entrada, pediu-se a opinião de mais um funcionário próximo a cada um dos tomadores de decisão, totalizando assim seis pessoas (DT-1, DT-2, DT-3 e FDT-1, FDT-2 e FDT-3);

Para o conjunto de avaliações de entrada, como o método de categorização FlowSort-GDSS desenvolvido por Lolli et al. (2015) não possui uma forma de obtenção de consenso própria para os valores de entrada, optou-se pela utilização do método *Fuzzy-Delphi* para este propósito. Dessa forma, os julgamentos dos tomadores de decisão e o consenso obtido pelo *Fuzzy-Delphi* são apresentados na Tabela 23. Os valores triangulares *fuzzy* foram calculados pelas Equações 12, 13 e 14 respectivamente e o valor desfuzzificado foi dado pela Equação 15.

Tabela 23 - Valores de avaliação das alternativas para a Etapa 2

Crítérios	DT-1	FDT-1	DT-2	FDT-2	DT-3	FDT-3	B	M	A	Desf.
C2-7	1	1	2	2	2	2	1	1,59	2	1,53
C2-11	2	3	2	3	2	2	2	2,29	3	2,43
C2-14	2	3	2	1	2	2	1	1,91	3	1,97

Fonte: O autor.

✓ **Conjunto de tomadores de decisão (6):** o conjunto de tomadores de decisão, definido previamente, é composto por três funcionários da organização (DT-1, DT-2, DT-3) conforme definido na Seção 5.1. Vale aqui ressaltar que foram considerados seis tomadores de decisão apenas para os valores de entrada;

✓ **Conjunto de pesos para os tomadores de decisão (7):** o conjunto de pesos para os tomadores de decisão, neste caso, será composto por três elemento iguais de forma a considerar que os três tomadores de decisão têm a mesma importância no processo;

✓ **Conjunto de categorias ordenadas (8):** para compor esse conjunto foram definidas três categorias: Apta a Terceirização (AT), Possível de Terceirizar com Restrições (PTR) e Fazer Internamente (FI);

✓ **Conjunto de fronteiras para as categorias (9):** uma vez que as alternativas podem ser alocadas em três categorias possíveis por três tomadores de decisão, há a necessidade de um conjunto com seis fronteiras (L1-1, L1-2, L2-1, L2-2, L3-1 e L3-2), sendo L1-1 o valor atribuído pelo tomador de decisão um para a fronteira um, o valor L1-2 o valor atribuído pelo tomador de decisão para a fronteira dois, o valor L2-1 o valor atribuído pelo tomador de decisão dois para a fronteira um e assim sucessivamente. Vale aqui ressaltar que somente os três tomadores de decisão definiram os valores para as fronteiras de categorias, sendo assim, desconsiderados os funcionários próximos a eles;

✓ **Limites de preferência (p) (10)** – os limites de preferência evitam uma passagem brusca de um cenário de preferência estrita para a indiferença. Eles são definidos para cada critério individualmente de acordo com o entendimento dos tomadores de decisão. Os limites de preferência são apresentados na Tabela 24; e

✓ **Limites de indiferença (q) (11)** – os limites de indiferença determinam os limites de performance de duas alternativas para os quais é aceita a indiferença entre elas. Assim como os limites de preferência, eles são definidos para cada critério individualmente de acordo com o entendimento dos tomadores de decisão. Os limites de indiferença são apresentados na Tabela 24.

Vale aqui ressaltar que os valores dos consensos das avaliações das alternativas e das fronteiras para as categorias variam em uma escala de zero a dez. Um resumo com todos os parâmetros para a execução do algoritmo do FlowSort-GDSS é apresentado na Tabela 24.

Tabela 24 - Parâmetros do FlowSort-GDSS para a Etapa 2

Parâmetros			
Crítérios	CS2-7	CS2-11	CS2-14
Avaliações da alternativa	1,53	2,43	1,97
Pesos dos critérios	0,228	0,305	0,407
Categorias	FI (C1)	PTR (C2)	AT (C3)
Pesos dos TD	0,33	0,33	0,33
R1-1	5	6	5
R1-2	2	2	3
R2-1	4	5	6
R2-2	2	2	2
R3-1	4	5	6
R3-2	2	3	2
p	1	1	2
q	0	0	0

Fonte: O autor.

Após a parametrização, o algoritmo do FlowSort-GDSS foi executado (Equações 56 e 57 para o cálculo dos fluxos de A e 58 e 59 para os cálculos dos fluxos das fronteiras representadas pela letra r) e os resultados para a atividade A-249 são apresentados na Tabela 25.

Tabela 25 - Resultados dos fluxos dos R's e de A para a Etapa 2

	$\phi(r_1^1)$	$\phi(r_1^2)$	$\phi(r_1^3)$	$\phi(r_2^1)$	$\phi(r_2^2)$	$\phi(r_2^3)$	$\phi(a_i)$
A-249	0,797	0,602	0,602	-0,447	-0,583	-0,380	-0,590

Fonte: O autor.

Analisando os resultados pode-se observar que a alocação é unanime. Sendo assim, a forma de alocação deve ser a do Caso 3, $\Phi(a_i) < \Phi_i(r_{K-1}^t), \forall t = 1, \dots, T \Rightarrow C(a_i) = C_K$ (Equação 62).

O resultado mostra que a atividade A-249 deve ser alocada na categoria C3 (Apta à terceirização). Isso significa que, para a próxima etapa do processo decisório, podem ser consideradas tanto fontes internas quanto fontes externas como alternativas para realizar a atividade A-249.

5.3. Resultados da Etapa 3 utilizando o método FlowSort-GDSS

Para a Etapa 3, o FlowSort-GDSS é novamente utilizado para auxiliar os tomadores de decisão a lidar com o problema de qualificação. A parametrização do modelo consiste nas seguintes informações:

✓ **Conjunto de alternativas (1):** Analisando-se a situação do mercado, cinco potenciais fontes de fornecimento foram selecionadas para avaliação. Entre elas tem-se duas fontes internas (FIs) e três fontes externas (FEs);

✓ **Conjunto de critérios (2):** o conjunto de critérios compreende os previamente selecionado na Etapa 1 (C3-3, C3-10 e C3-15). Os cálculos e os resultados são apresentados na Tabela 11 da Seção 5.1.1;

✓ **Conjunto de pesos para os critérios (3):** o conjunto de pesos para os critérios da Etapa 3 foi previamente calculado e os valores são apresentados na Tabela 18 da Seção 5.1.2;

✓ **Valores de entrada (4) e conjunto de avaliações das alternativas (5):** os julgamentos dos tomadores de decisão para esta etapa do processo foram feitos com base em uma escala que varia de um a dez, sendo um o pior valor e dez o melhor valor. Da mesma maneira que foi realizado para se obter consenso no conjunto de avaliações dos critérios para a Etapa 2, o *Fuzzy-Delphi* também é utilizado para o conjunto de avaliações dos critérios para a Etapa 3. Sendo assim, os julgamentos dos tomadores de decisão e o consenso obtido pelo *Fuzzy-Delphi* são apresentados na Tabela 26. Novamente ressalta-se que, para os valores de entrada, foram coletadas as preferências de seis tomadores de decisão, os três previamente escolhidos e três funcionários próximos a eles de forma a melhorar a confiabilidade das informações obtidas. Os valores triangulares *fuzzy* foram calculados pelas Equações 12, 13 e 14 respectivamente e o valor desfuzzificado foi dado pela Equação 15;

✓ **Conjunto de tomadores de decisão (6):** o conjunto de tomadores de decisão é composto por três elementos (DF-1, DF-2, DF-3) conforme definido na Seção 5.1. Vale ressaltar que somente os três tomadores de decisão previamente escolhidos foram considerados;

Tabela 26 - Valores de avaliação das alternativas para a Etapa 3

	Crítérios	DF-1	FDF-1	DF-2	FDF-2	DF-3	FDF-3	B	M	A	Desf.
FI1	C3-3	8	10	8	8	7	9	7	8,28	10	8,43
	C3-10	8	9	8	10	9	8	8	8,64	10	8,88
	C3-15	8	8	9	10	7	10	7	8,60	10	8,53
FI2	C3-3	4	3	4	4	3	4	5	3,63	4	4,21
	C3-10	4	3	4	5	5	4	3	4,11	5	4,04
	C3-15	3	4	5	4	3	5	4	3,91	5	4,30
FE1	C3-3	10	9	9	8	9	10	8	9,14	10	9,05
	C3-10	8	8	9	7	8	8	7	7,98	9	7,99
	C3-15	10	8	9	8	8	8	8	8,47	10	8,82
FE2	C3-3	7	8	7	9	7	7	7	7,46	9	7,82
	C3-10	8	8	8	9	7	7	7	7,80	9	7,93
	C3-15	7	7	7	8	7	8	7	7,32	8	7,44
FE3	C3-3	2	2	1	2	2	1	1	1,59	2	1,53
	C3-10	2	3	2	1	1	2	1	1,70	3	1,90
	C3-15	1	3	3	2	1	3	1	1,94	3	1,98

Fonte: O autor.

✓ **Conjunto de pesos para os tomadores de decisão (7):** o conjunto de pesos para os tomadores de decisão, neste caso, será composto por três elementos iguais de forma a considerar que os três tomadores de decisão têm a mesma importância no processo;

✓ **Conjunto de categorias ordenadas (8):** para esse conjunto foram definidas três categorias: Desqualificado (DQ), Apto ao desenvolvimento (AD) e Qualificado (QF);

✓ **Conjunto de fronteiras para as categorias (9):** uma vez que as alternativas podem ser alocadas em três categorias possíveis por três tomadores de decisão, há a necessidade de um conjunto com seis fronteiras (L1-1, L1-2, L2-1, L2-2, L3-1 e L3-2), sendo L1-1 o valor atribuído pelo tomador de decisão um para a fronteira um, o valor L1-2 o valor atribuído pelo tomador de decisão para a fronteira dois, o valor L2-1 o valor atribuído pelo tomador de decisão dois para a fronteira um e assim sucessivamente. Vale aqui ressaltar que somente os três especialistas definiram os valores para as fronteiras das categorias; e

✓ **Limites de preferência (10) e indiferença (11):** consultando os tomadores de decisão pode-se obter os limites de preferência para a situação de tomada de decisão da atividade A-249. Os limites de indiferença foram relatados como não significantes para o processo, sendo assim considerados nulos.

Excetuando-se os valores de entrada já apresentados na Tabela 26, os demais parâmetros são apresentados na Tabela 27.

Tabela 27 - Parâmetros do FlowSort-GDSS para a Etapa 3

Parâmetros			
Crítérios	C3-3	C3-10	C3-15
Pesos dos critérios	0,350	0,289	0,362
Categorias	DQ (C3)	AD (C2)	QF (C1)
Pesos dos TD	0,33	0,33	0,33
L1-1	7	8	9
L1-2	4	4	3
L2-1	8	7	8
L2-2	5	4	4
L3-1	7	8	8
L3-2	5	5	4
p	3	2	2
q	0	0	0

Fonte: O autor.

Após a parametrização, o algoritmo do FlowSort-GDSS foi executado (Equações 56, 57 para o cálculo dos fluxos de A e 58 e 59 para os cálculos dos fluxos dos limites representados pela letra r) e os resultados para as potenciais fontes de fornecimento internas e externas são apresentados na Tabela 28.

Tabela 28 - Resultados dos fluxos dos R's e de A para a Etapa 3

	$\phi(r_1^1)$	$\phi(r_1^2)$	$\phi(r_1^3)$	$\phi(r_2^1)$	$\phi(r_2^2)$	$\phi(r_2^3)$	$\phi(a_i)$
FI1	0,492	0,391	0,371	-0,791	-0,603	-0,531	0,670
FI2	0,689	0,628	0,599	-0,668	-0,431	-0,334	-0,483
FE1	0,534	0,434	0,413	-0,791	-0,603	-0,531	0,543
FE2	0,559	0,459	0,439	-0,791	-0,599	-0,527	0,460
FE3	0,693	0,628	0,603	-0,497	-0,269	-0,197	-0,961

Fonte: O autor.

Analisando os resultados pode-se observar que a alocação é unanime para FI-1, FE-1 e FE-3, e não é unanime para FI-2 e FE-2. Para as alocações não unanimes deve-se calcular as distâncias entre o fluxo da alternativa e os fluxos das fronteiras usando as Equações 63 e 64 e alocar a alternativa em uma categoria usando umas das Equações 65, 66 ou 67 (conforme a circunstância). Os resultados das alocações podem ser observados na Tabela 29.

Tabela 29 - Alocação da alternativa na categoria para a Etapa 3

	Tipo	$d(k+1)$	$d(k)$	D	Category
FI1	Unanime	-	-	-	C1 = QF
FI2	Não-unanime	0,061	0,066	-0,005	C2 = AD
FE1	Unanime	-	-	-	C1 = QF
FE2	Não unanime	0,033	0,007	0,025	C1 = QF
FE3	Unanime	-	-	-	C3 = DQ

Fonte: O autor.

Os resultados mostram que as fontes de fornecimento FI-1, FE-1 e FE-2 são apontadas como qualificadas para realizar a atividade de produção do para-choques automotivo. A fonte FI-2 está apta a ser desenvolvida pois não necessita grande esforço de melhoria para atender as necessidades da organização. A outra fonte (FE-3) deve ser descartada.

Uma vez identificadas as fontes de fornecimento que atendem os requisitos para o desenvolvimento da atividade de produção do para-choques automotivo, deve-se então ordená-las por preferência. Essa ordenação será realizada na Seção 5.4.

5.4. Resultados da Etapa 4 utilizando o método *2-Tuple* TOPSIS

Uma vez que a Etapa 3 foi realizada, a ordenação das fontes de fornecimento consideradas qualificadas deve ser realizada. Para isso escolheu-se o método de decisão multicritério *2-Tuple* TOPSIS. Sendo assim, antes da execução do algoritmo do método, é necessário que se identifique os parâmetros para esta etapa. São eles:

✓ **Conjunto de alternativas (1):** o conjunto de alternativas compreende as alternativas identificadas na Etapa 3 como capazes de atender os requisitos da organização compradora. São elas as fontes FI-1, FE-1 e FE-2;

✓ **Tomadores de decisão (2):** os tomadores de decisão (DF-1, DF-2, DF-3) responsáveis pela Etapa 3 também serão responsáveis por esta etapa (definidos na Seção 5.1). Isso se deve ao fato de que a avaliação nesta etapa, da mesma forma que na Etapa 3, tem como objetivo analisar as fontes de fornecimento;

✓ **Critérios para avaliação (3):** os critérios para a avaliação utilizados nesta etapa são os apresentados na Tabela 12, ou seja, C4-3, C4-6, C4-7, C4-9, C4-10, C4-12 e C4-14. Vale aqui ressaltar que, caso os tomadores de decisão desejem, pode-se utilizar também os critérios usados na Etapa 3 (Qualificação);

✓ **Conjunto de pesos dos critérios (4):** o conjunto de pesos dos critérios foi calculado conforme apresentado na Tabela 21 na Seção 5.1.2;

✓ **Conjunto de pesos dos tomadores de decisão (5):** neste caso, considerou-se um conjunto com três valores iguais. Isso representa que os tomadores de decisão têm igual importância no processo de decisão;

✓ **Valores de entrada (6) e conjunto de avaliações das alternativas (7):** os valores de entrada têm como escala os valores apresentados na Figura 23.

Figura 23 - Termos linguísticos para a Etapa 4

Fonte: O autor.

Já o conjunto de avaliações dos critérios têm por base os termos linguísticos e são apresentados na Tabela 30.

Tabela 30 - Valores de avaliação das alternativas para a Etapa 4

Fontes	FI1			FE1			FE2		
Crítérios	DF-1	DF-2	DF-3	DF-1	DF-2	DF-3	DF-1	DF-2	DF-3
C4-3	MB	B	B	M	B	B	R	M	R
C4-6	MB	MB	MB	B	M	B	MR	MR	R
C4-7	MB	MB	MB	B	B	M	B	B	B
C4-9	B	B	MB	B	B	M	B	B	M
C4-10	M	B	MB	R	M	R	M	M	M
C4-12	B	B	M	M	MB	B	M	B	MB
C4-14	R	R	M	MR	MR	R	B	MB	B

Fonte: O autor.

Após a parametrização e definição do conjunto de avaliações das alternativas, passa-se às fases de cálculo. O objetivo dessa fase é obter uma ordenação por preferência utilizando a combinação de métodos *2-Tuple* e TOPSIS. Dessa forma deve-se agrupar as avaliações das alternativas usando as Equações 43 e calcular as soluções ideais positiva e negativa usando as Equações 45 e 46. Os resultados para os valores agregados das opiniões dos tomadores de decisão e das soluções ideais são apresentados na Tabela 31 juntamente com os pesos dos critérios calculados na Etapa 1 (Tabela 21).

Tabela 31 - Valores dos julgamentos agregados, cálculo das soluções ideais e pesos dos critérios para a Etapa 4

Crítérios	Agr. FI1	Agr. FE1	Agr. FE2	SIP	SIN	Peso
C4-3	3,33	2,67	1,33	3,33	1,33	0,118
C4-6	4,00	2,67	0,33	4,00	0,33	0,123
C4-7	4,00	2,67	0,33	4,00	0,33	0,193
C4-9	3,33	2,67	3,00	3,33	2,67	0,184
C4-10	3,00	1,33	2,00	3,00	1,33	0,130
C4-12	2,67	3,00	3,00	3,00	2,67	0,153
C4-14	1,33	0,33	3,33	3,33	0,33	0,098

Fonte: O autor.

Por fim, o último passo do *2-Tuple* TOPSIS é o cálculo das distâncias entre as alternativas e as soluções ideais positiva ($di+$) e negativa ($di-$) e o cálculo do grau de similaridade (RC). Para o cálculo das distâncias utilizou-se as Equações 47 e 48 e, para o coeficiente de proximidade, a Equação 49. Os resultados são apresentados na Tabela 32.

Tabela 32 - Cálculo das distâncias e dos graus de similaridade, e ordenação final

	FI1	FE1	FE2
$di+$	0,640	1,393	2,207
$di-$	2,294	1,395	0,989
RC	0,782	0,501	0,309
Ordenação	1°	2°	3°

Fonte: O autor.

Assim, os resultados apresentados pelo método de ordenação *2-Tuple* TOPSIS classifica a Fonte Interna 1 como a mais apta a suprir a demanda pelo para-choques automotivo (opção por fazer), em segundo lugar a Fonte Externa 1 e em terceiro a Fonte Externa 3. Se os tomadores de decisão optarem por mais de uma fonte (*multiple source*) então as opções serão Fonte Interna 1 e Fonte Externa 1 para duas fontes e as três opções caso haja a preferência por três fontes (opção por política híbrida).

6. APLICAÇÃO DE MÉTODOS PARA COMPARAÇÃO

Com a finalidade de explorar métodos ainda não aplicados nessas situações da estrutura de decisão proposta (categorização ou ordenação), um segundo método para cada tipo é proposto. Na Seção 6.1, é apresentado o método de categorização ELECTRE TRI para a Etapa 2, na Seção 6.3 o método de categorização ELECTRE TRI para a Etapa 3 e, por fim, na Seção 6.3 o método de ordenação PROMETHEE-GDSS para a Etapa 4.

Para fins de comparação, os parâmetros e dados utilizados no Capítulo 5 (Exemplo numérico) serão utilizados também aqui e, quando não for possível ou forem necessários novos parâmetros devido aos requisitos para aplicação dos métodos, esses serão informados.

6.1. Resultados da Etapa 2 utilizando o método ELECTRE TRI

O método ELECTRE TRI é composto por duas fases. A primeira diz respeito à definição dos parâmetros para a execução do algoritmo. A segunda consiste na parte de cálculos. Como o ELECTRE TRI não é um método de decisão em grupo, optou-se por agregar as opiniões dos tomadores de decisão com o *Fuzzy-Delphi*. Sendo assim, todos os especialistas podem opinar para a tomada de decisão.

Dessa forma, inicia-se a aplicação do método pela primeira fase, a de parametrização. O ELECTRE TRI possui onze parâmetros a serem definidos, mas como pretende-se usar o *Fuzzy Delphi* para agregar as decisões de vários tomadores de decisão, houve a necessidade de que dois parâmetros extras fossem definidos (conjunto de tomadores de decisão e conjunto de pesos para os tomadores de decisão). Para a Etapa 2, tem-se os seguintes parâmetros:

✓ **Conjunto de alternativas (1):** nesse caso é composto por apenas uma alternativa, ou seja, a atividade para a qual está sendo analisada a possibilidade de terceirização;

✓ **Conjunto de tomadores de decisão (2):** o conjunto de tomadores de decisão também é o mesmo definido na Seção 5.1. Sendo assim, ele é composto por três funcionários da organização (DT-1, DT-2, DT-3);

✓ **Conjunto de pesos para os tomadores de decisão (3):** nesse caso considera-se um conjunto com três valores iguais, de forma com que os tomadores de decisão tenham o mesmo peso;

✓ **Conjunto de categorias ordenadas (4):** o conjunto de categorias, da mesma forma que apresentado na Seção 5.2, também é composto por três categorias. As categorias são: C3 - Apta a Terceirização (AT), C2 - Possível de Terceirizar com Restrições (PTR) e C1 - Fazer Internamente (FI);

✓ **Conjunto de fronteiras para as categorias (5):** o conjunto das fronteiras de categorias no FlowSort-GDSS é dado individualmente por cada um dos tomadores de decisão. Como o ELECTRE TRI não suporta esse tipo de julgamento (individual) optou-se por agregar as opiniões utilizando o *Fuzzy-Delphi*. Para os cálculos dos valores “B”, “M”, “A” e “*Desf.*” foram utilizadas as Equações 12, 13, 14 e 15 respectivamente. Os cálculos são apresentados na Tabela 33;

Tabela 33 - Cálculo das fronteiras das categorias para o ELECTRE TRI

Crítérios	Fronteira	DT-1	DT-2	DT-3	B	M	A	<i>Desf.</i>
C2-7	b1	5	4	4	4	4,31	5	4,44
	b2	2	2	2	2	2,00	2	2,00
C2-11	b1	6	5	5	5	5,31	6	5,44
	b2	2	2	3	2	2,29	3	2,43
C2-14	b1	5	6	6	5	5,65	6	5,55
	b2	3	2	2	2	2,29	3	2,43

Fonte: O autor.

✓ **Conjunto de critérios (6):** o conjunto de critérios escolhidos é o mesmo utilizado para a Seção 5.2 (C2-7, C2-11 e C2-14) e apresentados na Tabela 10;

✓ **Escala para os valores de entrada (7) e avaliações para as alternativas (8):** a escala para os valores de entrada é a mesma utilizada para o FlowSort-GDSS. Para o conjunto de avaliações das alternativas, notou-se o mesmo problema do FlowSort-GDSS, ou seja, o ELECTRE TRI não possui uma forma de obtenção de consenso para os valores de entrada sendo assim utilizado o *Fuzzy-Delphi* para este propósito. Os valores são os mesmos apresentados na Seção 5.2 na Tabela 23;

✓ **Conjunto de pesos para os critérios (9):** o conjunto de pesos para os critérios também já foi calculado e pode ser observado na Tabela 15 da Seção 5.1.2;

✓ **Conjunto de limites de preferência (10) e indiferença (11):** os limites de preferência (p) e indiferença (q) a serem utilizados para o cálculo do ELECTRE TRI são os mesmos utilizados para os cálculos do Flow-Sort-GDSS (ver Tabela 24 da Seção 5.2);

✓ **Conjunto de limiares de veto (12):** assim como para a aplicação do FlowSort-GDSS não serão considerados limiares de veto (v) para o problema em questão; e

✓ **Nível de corte (λ) (13):** o nível de corte definido pelos tomadores de decisão é um.

Um resumo dos parâmetros definidos para que se possa executar o algoritmo do ELECTRE TRI pode ser observado na Tabela 34.

Tabela 34 - Parâmetros para executar o algoritmo do ELECTRE TRI

Parâmetros			
Critérios	CS2-7	CS2-11	CS2-14
Avaliações dos das alternativas	1,53	2,43	1,97
Pesos dos critérios	0,228	0,305	0,407
Categorias	FI (C1)	PTR (C2)	AT (C3)
Pesos dos TD	0,33	0,33	0,33
b1	4,44	5,44	5,55
b2	2,00	2,43	2,43
p	1	1	2
q	0	0	0
λ	1		

Fonte: O autor.

Dessa forma, pode-se proceder à segunda fase, a de execução do algoritmo (cálculos) para cálculo do ELECTRE TRI.

Essa fase inicia-se pelo cálculo dos índices de concordância individual. Esses índices são calculados individualmente para cada um dos critérios. Para esses cálculos utiliza-se a Equação 68 e os resultados, tanto para a alternativa com relação às fronteiras (a, bh) quanto para as fronteiras com relação à alternativa (bh, a), são apresentados na Tabela 35.

Tabela 35 - Índices de concordância individual para a Etapa 2

c(a, bh) C2-7			c(a, bh) C2-11			c(a, bh) C2-14		
Fronteira	b1	b2	Fronteira	b1	b2	Fronteira	b1	b2
A-249	0	0,53	A-249	0	1	A-249	0	0,77
c(bh, a) C2-7			c(bh, a) C2-11			c(bh, a) C2-14		
Fronteira	b1	b2	Fronteira	b1	b2	Fronteira	b1	b2
A-249	1	1	A-249	1	1	A-249	1	1

Fonte: O autor.

O passo seguinte é o cálculo dos índices de concordância globais dados pela Equação 69. Eles, assim como os índices de concordância individuais, também são calculados tanto para a alternativa com relação às fronteiras (a, bh) quanto para as fronteiras com relação à alternativa (bh, a). Os resultados são apresentados na Tabela 36.

Tabela 36 - Índices de concordância globais para a Etapa 2

C (a, bh)	
b1	b2
0	0,77
C (bh, a)	
b1	b2
1	1

Fonte: O autor.

Em seguida, calcula-se os índices de discordância individuais. Esses índices, assim como os índices de concordância individuais, são calculados para cada um dos critérios definidos. Eles também devem ser calculados tanto para a alternativa com relação às fronteiras (a, bh) quanto para as fronteiras com relação à alternativa (bh, a). A equação utilizada para esse cálculo é a Equação 70 e os resultados são apresentados na Tabela 37.

Tabela 37 - Índices de discordância individual para a Etapa 2

d(a, bh) C2-7			d(a, bh) C2-11			d(a, bh) C2-14		
Fronteira	b1	b2	Fronteira	b1	b2	Fronteira	b1	b2
A-249	1	0	A-249	1	0	A-249	1	0
d(bh, a) C2-7			d(bh, a) C2-11			d(bh, a) C2-14		
Fronteira	b1	b2	Fronteira	b1	b2	Fronteira	b1	b2
A-249	1	0	A-249	1	0	A-249	1	0

Fonte: O autor.

Uma vez calculados os índices de concordância global e os índices de discordância, pode-se calcular o índice de credibilidade. Esse índice informa a confiabilidade da afirmação de que a alternativa sobreclassifica a fronteira. Ele é dado pela Equação 71. Os resultados tanto para a alternativa com relação às fronteiras (a, bh) quanto para as fronteiras com relação à alternativa (bh, a) podem ser observados na Tabela 38.

Tabela 38 - Índices de credibilidade para a Etapa 2

σ (a, bh)	
b1	b2
0	0,77
σ (bh, a)	
b1	b2
1	1

Fonte: O autor.

Comparando os índices de credibilidade σ com os níveis de corte (λ) tem-se a situação para a análise da possibilidade de terceirização da alternativa. Ela é apresentada na Tabela 39.

Tabela 39 - Análise dos resultados do ELECTRE TRI para a Etapa 2

Alocação	
b1	b2
b1Sa	b2Sa
Análise Pessimista	
C3 – Apta à terceirização	
Análise Otimista	
C3 – Apta à terceirização	

Fonte: O autor.

Como $\sigma(a, b_2) < \lambda$ e $\sigma(b_2, a) \geq \lambda$ então "não aSb_2 " e " b_2Sa " logo: " b_2 " é preferível a " a ". Da mesma forma $\sigma(a, b_1) < \lambda$ e $\sigma(b_1, a) \geq \lambda$ então "não aSb_1 " e " b_1Sa " logo: " b_1 " também é preferível a " a ". Dessa forma, tem-se a alternativa sendo alocada na categoria C3 tanto no procedimento otimista quanto no procedimento pessimista.

6.2. Resultados da Etapa 3 utilizando o método ELECTRE TRI

Após a aplicação do ELECTRE TRI na Etapa 2, de avaliação da possibilidade de terceirização, aplicou-se também este método na Etapa 3, de qualificação das potenciais fontes de fornecimento.

A aplicação do método começa pela definição dos parâmetros para que o algoritmo possa ser executado. O ELECTRE TRI possui onze parâmetros a serem definidos, mas como pretende-se usar o *Fuzzy Delphi* para agregar as decisões de vários tomadores de decisão, houve a necessidade de que dois parâmetros extras fossem identificados (conjunto de tomadores de decisão e conjunto de pesos para os tomadores de decisão). Para isso tem-se as seguintes informações:

✓ **Conjunto de alternativas (1):** nesse caso é composto por cinco alternativas identificadas como potenciais fornecedores. São elas duas fontes internas (FI1 e FI2) e três fontes externas (FE1, FE2 e FE3);

✓ **Conjunto de critérios (2):** o conjunto de critérios escolhidos é o conjunto definido para a Seção 5.2 (C3-3, C3-10 e C3-15) apresentados na Tabela 11 da Seção 5.1.1;

✓ **Escala para os valores de entrada (3) e avaliações para as alternativas (4):** o ELECTRE TRI, assim como o FlowSort-GDSS não possui uma forma de obtenção de consenso para os valores de entrada. Sendo assim, da mesma forma que foi feito na Seção 5.3, o *Fuzzy-*

Delphi foi utilizado para este propósito. Os valores são os mesmos apresentados na Seção 5.3 na Tabela 26;

✓ **Conjunto de pesos para os critérios (5):** o conjunto de pesos para os critérios foi calculado na Seção 5.1.2 e foi apresentado na Tabela 18;

✓ **Conjunto de tomadores de decisão (6):** o conjunto de tomadores de decisão é composto por três elementos (DF-1, DF-2, DF-3) conforme definido na Seção 5.1;

✓ **Conjunto de pesos para os tomadores de decisão (7):** o conjunto de pesos para os tomadores de decisão, assim como na aplicação do FlowSort-GDSS (Seção 5.3) será composto por três elemento iguais. Dessa forma, considera-se que os três tomadores de decisão têm a mesma importância no processo decisório;

✓ **Conjunto de categorias ordenadas (8):** o conjunto de categorias é composto por três categorias (C3 - Desqualificado - DQ, C2 - Apto ao desenvolvimento - AD e C1 - Qualificado - QF);

✓ **Conjunto de fronteiras para as categorias (9):** novamente, devido ao fato do ELECTRE TRI não suportar a avaliação individual de cada tomador de decisão para os valores de fronteira da categoria, optou-se por agregar as opiniões utilizando o *Fuzzy-Delphi*. Para os cálculos dos valores “B”, “M”, “A” e “*Desf.*” foram utilizadas as Equações 12, 13, 14 e 15 respectivamente. Os resultados dos cálculos são apresentados na Tabela 40;

Tabela 40 - Cálculo das fronteiras das categorias para a Etapa 3

Crítérios	Fronteira	D1	D2	D3	B	M	A	<i>Desf.</i>
C3-3	b1	7	8	7	7	7,32	8	7,44
	b2	4	5	5	4	4,64	5	4,55
C3-10	b1	8	7	8	7	7,65	8	7,55
	b2	4	4	5	4	4,31	5	4,44
C3-15	b1	9	8	8	8	8,32	9	8,44
	b2	3	4	4	3	3,63	4	3,54

Fonte: O autor.

✓ **Conjunto de limites de preferência (10) e indiferença (11):** os limites de preferência e indiferença a serem utilizados neste caso são os mesmos utilizados para os cálculos do FlowSort-GDSS na Seção 5.3 (ver Tabela 27);

✓ **Conjunto de limiares de veto (12):** assim como feito na Seção 5.3 não serão considerados limiares de veto para o problema em questão; e

✓ **Nível de corte (λ) (13):** o nível de corte definido pelos tomadores de decisão é 1 (um).

Um resumo dos parâmetros definidos para que se possa executar o algoritmo do ELECTRE TRI pode ser observado na Tabela 41.

Tabela 41 - Parâmetros do ELECTRE TRI para a Etapa 3

Parâmetros			
Critérios	C3-3	C3-10	C3-15
Pesos dos critérios	0,350	0,289	0,362
Categorias	DQ (C3)	AD (C2)	QF (C1)
Pesos dos TD	0,33	0,33	0,33
b1	7,44	7,55	8,44
b2	4,55	4,44	3,54
p	1	1	2
q	0	0	0
v	0	0	0
λ	1		

Fonte: O autor.

Dessa forma, com os parâmetros e os valores de entrada definidos, inicia-se a fase de execução do algoritmo para alocação das alternativas nas categorias por meio do ELECTRE TRI.

O primeiro cálculo a ser realizado nesta fase é o dos índices de concordância individual. Eles devem ser calculados individualmente para cada um dos critérios definidos. Para esses cálculos utiliza-se a Equação 68 e os resultados, tanto para a alternativa com relação às fronteiras (a, bh) quanto para as fronteiras com relação à alternativa (bh, a). Os resultados são apresentados na Tabela 42.

Tabela 42 - Índices de concordância individual para a Etapa 3

	FI1						FI2						FE1					
	C3-3		C3-10		C3-15		C3-3		C3-10		C3-15		C3-3		C3-10		C3-15	
Front.	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
$c(a, b_h)$	1	1	1	1	1	1	0	0,66	0	0,60	0	1	1	1	1	1	1	1
$c(b_h, a)$	0,01	0	0	0	0,96	0	1	1	1	1	1	0,62	0	0	0,56	0	0,81	0
	FE2						FE3											
	C3-3		C3-10		C3-15		C3-3		C3-10		C3-15							
Front.	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
$c(a, b_h)$	1	1	1	1	0,5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,22		
$c(b_h, a)$	0,62	0	0,62	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		

Fonte: O autor.

Em seguida, deve-se calcular o índice de concordância global. Esse cálculo é feito utilizando-se a Equação 69. Da mesma forma que o índice de concordância individual, o índice de concordância global também é calculado tanto para a alternativa com relação às fronteiras (a, bh) quanto para as fronteiras com relação à alternativa (bh, a). Os resultados podem ser observados na Tabela 43.

Tabela 43 - Índices de concordância globais para a Etapa 3

	FI1		FI2		FE1		FE2		FE3	
Fronteira	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
$C(a, b_h)$	1	1	0	0,78	1	1	0,80	1	0	0,09
$C(b_h, a)$	0,39	0	1	0,85	0,50	0	0,77	0	1	1

Fonte: O autor.

O próximo passo consiste em calcular os índices de discordância individuais. Esses índices, da mesma forma que índices de concordância individuais, são calculados para cada um dos critérios. Eles devem também ser calculados, tanto para a alternativa com relação às fronteiras (a, b_h) quanto para as fronteiras com relação à alternativa (b_h , a). A equação utilizada para esse cálculo é a Equação 70 e os resultados são apresentados na Tabela 44.

Tabela 44 - Índices de discordância individual para a Etapa 3

	FI1						FI2						FE1					
	C3-3		C3-10		C3-15		C3-3		C3-10		C3-15		C3-3		C3-10		C3-15	
Front.	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
$d(a, b_h)$	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
$d(b_h, a)$	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	FE2						FE3											
	C3-3		C3-10		C3-15		C3-3		C3-10		C3-15							
Front.	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
$d(a, b_h)$	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
$d(b_h, a)$	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0

Fonte: O autor.

Após o cálculo dos índices de concordância global e de discordância, tem-se os valores para o cálculo do índice de credibilidade. Esse índice calcula a confiabilidade da afirmação de que a alternativa sobreclassifica a fronteira e de que a fronteira sobreclassifica a alternativa. Ele é dado pela Equação 71 e os resultados tanto para a alternativa com relação às fronteiras (a, b_h) quanto para as fronteiras com relação à alternativa (b_h , a) podem ser observados na Tabela 45.

Tabela 45 - Índices de credibilidade para a Etapa 3

	FI1		FI2		FE1		FE2		FE3	
Fronteira	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
$\sigma(a, b_h)$	1	1	0	0,78	1	1	0,80	1	0	0
$\sigma(b_h, a)$	0,39	0	1	0,85	0,50	0	0,77	0	1	1

Fonte: O autor.

Uma vez calculados os índices de credibilidade σ , deve-se compara-los com os níveis de corte (λ). Dessa forma tem-se os resultados da alocação das alternativas nas categorias. Esses resultados são apresentados na Tabela 46.

Tabela 46 - Análise dos resultados do ELECTRE TRI para a Etapa 3

	FI1		FI2		FE1		FE2		FE3	
Fronteira	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
	aSb1	aSb2	b1Sa	aRb2	aSb1	aSb2	aRb1	aSb2	b1Sa	b2Sa
Otimista	C1		C2		C1		C1		C3	
Pessimista	C1		C3		C1		C2		C3	

Fonte: O autor.

Dessa forma, tem-se as alocações das alternativas nas categorias podendo-se assim dar prosseguimento à decisão iniciando-se a Etapa 4, relativa à ordenação das fontes de fornecimento.

6.3. Resultados da Etapa 4 utilizando o método PROMETHEE-GDSS

O procedimento para aplicação do método de decisão em grupo multicritério PROMETHEE-GDSS com a finalidade de ordenação é composto por onze passos divididos em três fases.

A primeira fase diz respeito à parametrização e definições para a execução do algoritmo.

✓ **Passo 1 – Contato do facilitador (pessoa neutra responsável pela aplicação do método) e os tomadores de decisão:** deve-se definir quem são os tomadores de decisão (1) e em seguida o facilitador deve entrar em contato com eles para obter maior familiaridade com o problema;

✓ **Passo 2 – Descrição do problema:** o facilitador deve descrever a estrutura computacional do PROMETHEE aos tomadores de decisão;

✓ **Passos 3 e 4 – Geração e definição de alternativas (2):** cada tomador de decisão propõe alternativas incluindo descrições sobre elas. Para este caso, as alternativas serão as mesmas utilizadas na Seção 5.4 (FI-1, FE-1 e FE-2);

✓ **Passo 5 – Comentários para as alternativas:** cada tomador de decisão faz comentários sobre cada alternativa individualmente. Esses comentários são apresentados aos demais tomadores de decisão;

✓ **Passo 6 – Definição dos critérios de avaliação (3) e atribuição de pesos a eles (4):** os critérios a serem utilizados, bem como os pesos atribuídos a eles, foram definidos na Seção 5.1.1;

Dessa forma, encerra-se a primeira fase e inicia-se a segunda. Essa fase diz respeito à avaliação feita por cada um dos tomadores de decisão individualmente. Para esta fase assume-se que os três tomadores de decisão (D_1, D_2, D_3) têm pesos iguais.

✓ **Passo 7 – Tabela de avaliações individuais (5):** as matrizes de avaliação devem ser preenchidas por cada um dos tomadores de decisão individualmente. A Tabela 47 apresenta as avaliações dos três tomadores de decisão agrupadas em uma única tabela pelo facilitador;

✓ **Passo 8 – Informações adicionais:** cada tomador de decisão desenvolve sua própria análise usando o método PROMETHEE, auxiliados pelo facilitador;

Tabela 47 - Valores das avaliações das alternativas para o PROMETHEE-GDSS

	Critérios							
	Pesos	0,118	0,123	0,193	0,184	0,130	0,153	0,118
	Critério	C4-3	C4-6	C4-7	C4-9	C4-10	C4-12	C4-14
D1	FI1	4,00	4,00	4,00	3,00	2,00	3,00	1,00
	FE1	2,00	3,00	3,00	3,00	1,00	2,00	0,00
	FE2	1,00	0,00	3,00	3,00	2,00	2,00	3,00
D2	FI1	3,00	4,00	4,00	3,00	3,00	3,00	1,00
	FE1	3,00	2,00	3,00	3,00	2,00	4,00	0,00
	FE2	2,00	0,00	3,00	3,00	2,00	2,00	3,00
D3	FI1	3,00	4,00	4,00	4,00	4,00	2,00	2,00
	FE1	3,00	3,00	2,00	2,00	1,00	3,00	1,00
	FE2	1,00	1,00	3,00	2,00	2,00	4,00	3,00

Fonte: O autor.

Após a definição dos valores de entrada pelos tomadores de decisão, deve-se realizar os cálculos das diferenças. Esse cálculo é feito utilizando-se a Equação 72. Os resultados para o tomador de decisão D1 são apresentados na Tabela 48.

Tabela 48 - Diferenças das avaliações dos critérios para o tomador de decisão 1

Diferenças - D1							
	C4-3	C4-6	C4-7	C4-9	C4-10	C4-12	C4-14
d(FI1, FE1)	2,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00
d(FI1, FE2)	3,00	4,00	1,00	0,00	0,00	1,00	-2,00
d(FE1, FE2)	1,00	3,00	0,00	0,00	-1,00	0,00	-3,00
d(FE1, FI1)	-2,00	-1,00	-1,00	0,00	-1,00	-1,00	-1,00
d(FE2, FI1)	-3,00	-4,00	-1,00	0,00	0,00	-1,00	2,00
d(FE2, FE1)	-1,00	-3,00	0,00	0,00	1,00	0,00	3,00

Fonte: O autor.

Da mesma maneira calculou-se as diferenças para o tomador de decisão 2 e os resultados são apresentados na Tabela 49.

Tabela 49 - Diferenças das avaliações dos critérios para o tomador de decisão 2

Diferenças - D2							
	C4-3	C4-6	C4-7	C4-9	C4-10	C4-12	C4-14
d(FI1, FE1)	0,00	2,00	1,00	0,00	1,00	-1,00	1,00
d(FI1, FE2)	1,00	4,00	1,00	0,00	1,00	1,00	-2,00
d(FE1, FE2)	1,00	2,00	0,00	0,00	0,00	2,00	-3,00
d(FE1, FI1)	0,00	-2,00	-1,00	0,00	-1,00	1,00	-1,00
d(FE2, FI1)	-1,00	-4,00	-1,00	0,00	-1,00	-1,00	2,00
d(FE2, FE1)	-1,00	-2,00	0,00	0,00	0,00	-2,00	3,00

Fonte: O autor.

Por fim, calculou-se as diferenças para o tomador de decisão 3. Os resultados são apresentados na Tabela 50.

Tabela 50 - Diferenças das avaliações dos critérios para o tomador de decisão 3

Diferenças - D3							
	C4-3	C4-6	C4-7	C4-9	C4-10	C4-12	C4-14
d(FI1, FE1)	0,00	1,00	2,00	2,00	3,00	-1,00	1,00
d(FI1, FE2)	2,00	3,00	1,00	2,00	2,00	-2,00	-1,00
d(FE1, FE2)	2,00	2,00	-1,00	0,00	-1,00	-1,00	-2,00
d(FE1, FI1)	0,00	-1,00	-2,00	-2,00	-3,00	1,00	-1,00
d(FE2, FI1)	-2,00	-3,00	-1,00	-2,00	-2,00	2,00	1,00
d(FE2, FE1)	-2,00	-2,00	1,00	0,00	1,00	1,00	2,00

Fonte: O autor.

✓ **Definição das funções de preferência (6):** calculadas as diferenças, deve-se então proceder ao cálculo do grau de preferência entre as alternativas em cada critério individualmente. Isso é feito por meio de uma função de preferência (as quais devem ser escolhidas entre as funções citadas na Seção 3.2.6 de acordo com a natureza dos critérios). Os critérios e suas respectivas funções de preferência são apresentados na Tabela 51;

Tabela 51 - Funções de preferência para os critérios

Funções de preferência						
C4-3	C4-6	C4-7	C4-9	C4-10	C4-12	C4-14
Função V	Função Usual	Função Usual	Função V	Função U	Função V	Função U

Fonte: O autor.

Com os valores de diferença e as funções de preferência pode-se calcular os valores de preferência entre as alternativas utilizando a Equação 73. Esses valores são calculados individualmente para cada critério. Deve-se também calcular os valores de preferência de forma agregada que são dados pela Equação 74. Os resultados para o tomador de decisão 1 são apresentados na Tabela 52.

Tabela 52 - Resultados das preferências para o tomador de decisão 1

C4-3				C4-6			C4-7			C4-9		
	FI1	FE1	FE2	FI1	FE1	FE2	FI1	FE1	FE2	FI1	FE1	FE2
FI1	-	1	1	-	1	1	-	1	1	-	0	0
FE1	0	-	1	0	-	1	0	-	0	0	-	0
FE2	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-
C4-10				C4-12			C4-14			Agregado		
	FI1	FE1	FE2	FI1	FE1	FE2	FI1	FE1	FE2	FI1	FE1	FE2
FI1	-	1	0	-	1	1	-	1	0	-	0,815	0,587
FE1	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0,000	-	0,241
FE2	0	1	-	0	0	-	1	1	-	0,098	0,228	-

Fonte: O autor.

Da mesma maneira pode-se calcular os valores de preferência para o tomador de decisão 2. Esses valores são apresentados na Tabela 53.

Tabela 53 - Resultados das preferências para o tomador de decisão 2

C4-3				C4-6			C4-7			C4-9		
	FI1	FE1	FE2	FI1	FE1	FE2	FI1	FE1	FE2	FI1	FE1	FE2
FI1	-	0	1	-	1	1	-	1	1	-	0	0
FE1	0	-	1	0	-	1	0	-	0	0	-	0
FE2	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-
C4-10				C4-12			C4-14			Agregado		
	FI1	FE1	FE2	FI1	FE1	FE2	FI1	FE1	FE2	FI1	FE1	FE2
FI1	-	1	1	-	0	1	-	1	0	-	0,544	0,717
FE1	0	-	0	1	-	1	0	-	0	0,153	-	0,394
FE2	0	0	-	0	0	-	1	1	-	0,098	0,098	-

Fonte: O autor.

Por fim, deve-se calcular as diferenças para o tomador de decisão 3. Os resultados são apresentados na Tabela 54.

Tabela 54 - Resultados das preferências para o tomador de decisão 3

C4-3				C4-6			C4-7			C4-9		
	FI1	FE1	FE2	FI1	FE1	FE2	FI1	FE1	FE2	FI1	FE1	FE2
FI1	-	0	1	-	1	1	-	1	1	-	1	1
FE1	0	-	1	0	-	1	0	-	0	0	-	0
FE2	0	0	-	0	0	-	0	1	-	0	0	-
C4-10				C4-12			C4-14			Agregado		
	FI1	FE1	FE2	FI1	FE1	FE2	FI1	FE1	FE2	FI1	FE1	FE2
FI1	-	1	1	-	0	0	-	1	0	-	0,728	0,748
FE1	0	-	0	1	-	0	0	-	0	0,153	-	0,241
FE2	0	1	-	1	1	-	1	1	-	0,251	0,574	-

Fonte: O autor.

Após calculadas as preferências de cada tomador de decisão e seus valores agregados, deve-se calcular os fluxos positivos, negativos e de rede para a finalidade de ordenação do PROMETHEE. Esses valores são obtidos pelas Equações 75 (para os fluxos positivos e negativos) e 76 (para o fluxo de rede). Os resultados são apresentados na Tabela 55.

Tabela 55 - Resultado dos cálculos dos fluxos positivos, negativos e de rede para os tomadores de decisão

	Alternativa	ϕ^+	ϕ^-	ϕ
D1	FI1	0,701	0,049	0,652
	FE1	0,1205	0,5215	-0,401
	FE2	0,163	0,414	-0,251
D2	FI1	0,6305	0,1255	0,505
	FE1	0,2735	0,321	-0,0475
	FE2	0,098	0,5555	-0,4575
D3	FI1	0,738	0,202	0,536
	FE1	0,197	0,651	-0,454
	FE2	0,4125	0,4945	-0,082

Fonte: O autor.

Após cada um dos tomadores de decisão realizar uma análise com o método PROMETHEE II individualmente, segue-se para o passo 9.

✓ **Passo 9 – Análise individual usando o PROMETHEE II:** as ordenações e os perfis das alternativas são obtidos para cada tomador de decisão. Dessa forma, pode-se ter uma ideia geral da solução individual;

Com isso, encerra-se a fase 2 do PROMETHEE-GDSS. Essa fase teve por objetivo promover uma análise do problema individualmente para cada tomador de decisão utilizando o

método PROMETHEE II. A próxima e última fase, a terceira, compreende a avaliação global do grupo. Para isso segue-se os dois últimos passos (10 e 11) do método.

✓ **Passo 10 – Apresentação dos resultados individuais e definição dos pesos para os tomadores de decisão (7):** os resultados individuais são apresentados ao grupo e os tomadores de decisão informados sobre os potenciais conflitos. Esses valores são apresentados na Tabela 56; e

Tabela 56 - Fluxos de rede resultantes das análises de cada tomador de decisão e pesos dos tomadores de decisão

	ϕ^{D1}	ϕ^{D2}	ϕ^{D3}
FI1	0,652	0,505	0,536
FE1	-0,401	-0,048	-0,454
FE2	-0,251	-0,458	-0,082
Pesos dos Ds	0,333	0,333	0,333

Fonte: O autor.

✓ **Passo 11 – Avaliação global:** uma vez que os fluxos de rede individuais são calculados com base nas preferências dos tomadores de decisão e expressos na mesma unidade, os valores podem ser agregados diretamente por meio da Equação 77. Os resultados são apresentados na Tabela 57.

Tabela 57 - Agregação dos fluxos e ordenação final

	ϕ^{AG}	Ord.
<i>FI1</i>	0,564	1º
<i>FE1</i>	-0,301	3º
<i>FE2</i>	-0,264	2º

Fonte: O autor.

Sendo assim, o resultado da aplicação do PROMETHEE-GDSS aponta que a melhor alternativa para realizar a atividade é a Fonte Interna 1, seguida pela Fonte Externa 2 e por último a Fonte Externa 1. Vale aqui ressaltar que, caso haja interesse em utilizar múltiplas fontes, essa é a ordem que se deve seguir. Isso se deve ao fato de que essas fontes foram consideradas aptas a suprir as necessidades da organização na Etapa 3.

7. ANÁLISE COMPARATIVA DA ADEQUAÇÃO DOS MÉTODOS

Com a finalidade de testar as características dos métodos e sua adequação ao problema em questão, realizou-se uma análise comparativa dos métodos de categorização (para as Etapas 2 e 3) e de ordenação (para a Etapa 4). Essas análises são apresentadas nas Seções 7.1 e 7.2 respectivamente.

7.1. Análise comparativa dos métodos de categorização

A análise comparativa dos métodos de categorização é feita com base nas aplicações dos métodos FlowSort-GDSS e ELECTRE TRI. As aplicações do FlowSort-GDSS foram feitas nas Seções 5.2 e 5.3 e as do ELECTRE TRI nas Seções 6.1 e 6.2. A Tabela 58 apresenta os resultados da comparação para os métodos de categorização para as Etapas 2 e 3.

Tabela 58 - Análise comparativa entre os métodos de categorização

	Característica	FlowSort-GDSS	ELECTRE TRI
Entrada	1ª - Aceita valores de entrada qualitativos e quantitativos?	Sim	Sim
	2ª - Aceita valores de entrada de vários tomadores de decisão?	Não	Não
	3ª - Aceita valores de entrada em escalas diferentes?	Sim	Sim
	4ª - Trata imprecisão ou incerteza dos dados de entrada?	Não	Não
Parametrização	5ª - Quantidade de conjuntos de parâmetros a serem definidas	11	13
	6ª - Complexidade da definição dos parâmetros	Alta	Alta
	7ª - Dificuldade para inserção/retirada de alternativas	Média	Média
	8ª - Dificuldade para inserção/retirada de critério	Alta	Alta
	9ª - Dificuldade para inserção/retirada de categorias	Alta	Alta
	10ª - Permite utilização de informações inter-critério (pesos para os critérios)?	Sim	Sim
	11ª - Possui método próprio para ponderação dos critérios?	Não	Não
	12ª - Permite utilização de pesos para os tomadores de decisão??	Sim	Não
	13ª - Possui método próprio para ponderação dos tomadores de decisão?	Não	Não
Processamento	14ª - Permite a utilização de informações intra-critério (limites de preferência, indiferença e veto)?	Sim	Sim
	15ª - Necessidade de um especialista no método	Sim	Sim
	16ª - Transparência no processamento dos dados	Média	Média
	17ª - Tipo de regras entre critérios	Não compensatório	Não compensatório
	18ª - Tipo de interação entre julgamentos	Par a par	Par a par
Saída	19ª - Disponibilidade de software	Não	Sim
	20ª - Tipo de resultado	Categorização	Categorização
	21ª - Tipo de organização das categorias (ordinais/nominais)	Ordinais	Ordinais
	22ª - Facilidade na interpretação dos resultados	Fácil	Fácil
	23ª - Avaliações otimista e pessimista	Não	Sim

Fonte: O autor.

Essa análise está dividida em quatro categorias, sendo elas relativas aos dados de entrada, à parametrização do método, à análise dos dados e aos dados de saída. As Seções 7.1.1, 7.1.2, 7.1.3, 7.1.4 e 7.1.5 apresentam a descrição detalhada de cada categoria para o problema de decisão de fazer ou comprar.

7.1.1. Valores de entrada

A análise começa com os dados de entrada para o método. Esses valores dizem respeito às características das informações obtidas pelos tomadores de decisão para que o método seja aplicado.

A primeira característica a ser analisada para os valores de entrada é relativa à possibilidade desses valores serem quantitativos e qualitativos. Quando se trata do problema de fazer ou comprar, muitas vezes as entradas podem ser qualitativas (baixa, alta, muito alta, entre outras, para critérios como dificuldade de imitar pelos concorrentes) ou quantitativas (valores numéricos para critérios como *market share*, por exemplo) dependendo do critério utilizado. É importante que, para um método aplicado a esse problema de decisão, as entradas possam ser tanto qualitativas quanto quantitativas. Nesse caso específico, tanto o FlowSort-GDSS quanto o ELECTRE TRI são adequados a esse propósito.

A segunda característica importante é que as entradas de vários tomadores de decisão precisam ser computadas. O problema de decisão entre fazer ou comprar pode considerar opiniões de pessoas diferentes com visões distintas nas Etapas 2 e 3, para que a decisão seja tomada de forma mais adequada. Para isso, é importante que o método de decisão possa aceitar como entrada, informações de vários tomadores de decisão. No caso do FlowSort-GDSS e do ELECTRE TRI nenhum aceita valores de entrada de vários tomadores de decisão. Para superar esse problema, foi proposto uso do método *Fuzzy-Delphi* para combinar as entradas de vários tomadores de decisão em valores únicos para que se fosse possível executar o método.

A terceira característica relevante para a decisão de fazer ou comprar é que os valores de entrada, por muitas vezes, são expressos em escalas diferentes. Critérios como “singularidade da competência essencial” e “provê acesso à diversos mercados” por exemplo, são medidos em escalas diferentes, e é importante para o processo decisório que o método escolhido consiga trabalhar com escalas diferentes. No caso dos métodos apresentados, tanto o FlowSort-GDSS quanto o ELECTRE TRI conseguem trabalhar com entradas em escalas diferentes.

Por fim, a quarta característica diz respeito aos valores de entrada que, por serem julgamentos de tomadores de decisão, muitas vezes são dotados de incerteza e imprecisão. É importante que os valores de entrada sejam abordados de uma forma a representar essa imprecisão para que os resultados finais sejam mais satisfatórios. Para essa situação, os métodos FlowSort-GDSS e ELECTRE TRI não são adequados. De forma a lidar com esse problema, os dados de entrada foram tratados pelo método *Fuzzy-Delphi* que, além de permitir a avaliação em grupo, permite tratar a incerteza dos julgamentos dos tomadores de decisão.

7.1.2. Parametrização do método

Uma vez abordados os dados de entrada no estudo comparativo, deve-se verificar as características da parametrização do método. Essa parametrização visa fornecer dados para que o método seja aplicado, atendendo as características da situação problema em questão.

A quinta característica a ser tratada é a quantidade de parâmetros a ser definida para a execução do método. Uma grande quantidade de parâmetros a serem definidos pode dificultar a modelagem do problema e ocasionar soluções indesejadas. No caso estudado, o FlowSort-GDSS possui onze conjuntos de parâmetros a serem definidos (critérios, pesos para os critérios, alternativas, valores de entrada, conjunto de avaliações das alternativas, tomadores de decisão, pesos para os tomadores de decisão, categorias ordenadas, fronteiras para as categorias, limites de preferência e limites de indiferença). Já o ELECTRE TRI possui treze (se contados os dois adicionais, conjunto de tomadores de decisão e conjunto de pesos para os tomadores de decisão) parâmetros a serem definidos (alternativas, tomadores de decisão, pesos para os tomadores de decisão, categorias ordenadas, fronteiras para as categorias, critérios, pesos para os critérios, valores de entrada, avaliações para as alternativas, limites de preferência, limites de indiferença, limiares de veto e nível de corte). Essa é uma quantidade significativa de parâmetros. Alguns deles são difíceis de se obter como, por exemplo, qual o conjunto de critérios relevantes (para os quais foi utilizado o *Fuzzy-Delphi* para auxiliar os tomadores de decisão), os pesos dos critérios (para os quais foi utilizado o *Fuzzy-QFD* para auxiliar os tomadores de decisão) e os limites de preferência e indiferença. Dessa forma, a sexta característica a ser analisada é a complexidade de definição dos parâmetros que é entendida como alta tanto para o FlowSort-GDSS quanto para o ELECTRE TRI.

Outro ponto a ser analisado é a dificuldade de se inserir/retirar alternativas, critérios e categorias. Com relação às alternativas, alterar sua quantidade não modifica a estrutura do

método, só acrescenta/reduz as operações matemáticas relativas à aquela alternativa. Já com relação à critérios e categorias, como a análise tanto do FlowSort-GDSS quanto do ELECTRE TRI é feita par a par, a inserção ou retirada de novos critérios (oitava característica) e/ou novas categorias (nona característica) modifica significativamente o número de operações matemáticas a serem realizadas para a execução do algoritmo, pois modifica a estrutura do modelo. Essa questão pode ser relevante no processo de decisão de fazer ou comprar uma vez que, por circunstâncias diversas, pode haver a necessidade de análise de uma família de produtos ou adicionar novas fontes de fornecimento para análise no período de revisão periódica.

Outra característica importante, a decima, é a possibilidade de utilização de informações inter-critério (pesos para os critérios). Nos casos de avaliação da possibilidade de terceirização e qualificação das fontes de fornecimento, pode-se utilizar diversos critérios para a avaliação, mas isso não significa que eles têm a mesma importância. Os métodos FlowSort-GDSS e ELECTRE TRI não possuem método próprio para atribuição de pesos aos critérios (quinta característica). Dessa forma os critérios selecionados por meio do *Fuzzy-Delphi* foram analisados por meio do *Fuzzy-QFD* e, como resultado, obteve-se um valor de importância atribuído a cada um deles. Por outro lado, ambos os métodos possuem formas de considerar pesos diferentes para os critérios na execução do algoritmo.

Deve-se analisar também a importância relativa dos tomadores de decisão (decima segunda característica). Com relação à possibilidade de utilização de pesos para os tomadores de decisão (no caso da decisão de fazer ou comprar pode ou não haver diferença dependendo do contexto da organização), o método FlowSort-GDSS possui uma maneira de lidar com essa característica, mas o ELECTRE TRI não. Já para a atribuição de pesos aos tomadores de decisão, nenhum dos dois métodos possui um método próprio de ponderação (decima terceira característica).

A decima quarta característica, corresponde as informações intra-critério (limites de preferência, indiferença e veto). Essas características são importantes para o problema pois evitam a passagem brusca de um cenário de preferência para a indiferença entre a alternativa e a fronteira da categoria (limite de preferência), informam qual limite de performance entre a alternativa e a fronteira da categoria para qual é aceita a indiferença entre eles (limite de indiferença) e apresentam a menor diferença entre o desempenho dos critérios da alternativa e da fronteira da categoria que vai contra a afirmação que a alternativa sobreclassifica a fronteira da categoria. No caso apresentado, tanto o FlowSort-GDSS quanto o ELECTRE TRI permitem

a utilização de limites de preferência e indiferença, mas somente o ELECTRE TRI permite a utilização do limiar de veto.

7.1.3. Processamento dos dados

As questões relacionadas ao processamento dos dados pelo método dizem respeito à forma com que os dados de entrada são tratados para que as saídas do método sejam geradas.

A decima quinta característica a se observar quando do processamento dos dados é a necessidade de que haja um especialista no método para que os dados de saída sejam obtidos da maneira mais correta possível. Devido à grande quantidade de cálculos, o uso de diversos parâmetros e a forma de alocação das alternativas em categorias, considera-se importante a participação de um especialista na aplicação do método tanto para o FlowSort-GDSS quanto para o ELECTRE TRI.

A decima sexta característica a ser observada é a transparência no processamento dos dados. Tanto no FlowSort-GDSS quanto no ELECTRE TRI, a comparação é feita par a par entre as alternativas e as fronteiras. Esse fato possibilita o entendimento de como as alternativas se relacionam com as fronteiras da categoria, mas devido à grande quantidade de operações matemáticas, às formas de alocação, e à possibilidade de utilização de limites de preferência, indiferença e veto, considera-se a transparência no processamento dos dados como média para os dois métodos.

A decima sétima característica a ser analisada (terceira) é o tipo de regras utilizada para a interação entre os critérios. Como os dois métodos são baseados em sobreclassificação, tem-se que o tipo de regras é não compensatório. Isso deve-se ao fato de que a interação entre os critérios é dada por valores de preferência resultante da análise por meio de uma função de preferência e não pelas avaliações originais dos tomadores de decisão. Esse fato é relevante para a decisão de fazer ou comprar. Na Etapa 2 deve-se manter internamente atividades relevantes para a organização. Sob essa ótica, critérios como competências essenciais, dificuldade de imitar, influência na percepção do consumidor, entre outros, não podem sofrer compensação entre si. Da mesma forma ocorre na Etapa 3 em que critérios com baixo desempenho em alguns critérios não podem ser compensados pelo bom desempenho em outros. Sendo assim, a alternativa só é alocada na melhor categoria se todos os critérios tiverem um desempenho satisfatório.

A decima oitava característica a ser analisada é o tipo de interação entre os julgamentos. Para os dois métodos, a forma de análise é a comparação par a par dos julgamentos das alternativas com as fronteiras das categorias. Essa forma de análise torna os resultados robustos uma vez que, cada julgamento em cada critério é comparado com o valor atribuído à fronteira da categoria naquele mesmo critério.

Por fim, como última característica para o processamento dos dados, analisou-se a disponibilidade de software para os métodos FlowSort-GDSS e ELECTRE TRI. Para o FlowSort-GDSS não encontrou-se nenhum software próprio para sua completa execução (decima nona característica). No trabalho realizado por Lolli et al. (2015), os autores utilizam o Software Smart-Picker para o cálculo dos fluxos de rede das fronteiras das categorias e das alternativas, mas ele não faz os cálculos das alocações. Já o método ELECTRE TRI possui softwares como o Ulaval, IRIS, entre outros para realização de todos os cálculos do método. Vale ressaltar que a adaptação utilizando o *Fuzzy-Delphi* realizada neste trabalho não está contida nesses softwares.

7.1.4. Valores de saída

A análise dos valores de saída está relacionada aos resultados da aplicação do método. Ela engloba o tipo de resultado, tipo de categorias, interpretação dos resultados e tipo de avaliação.

A vigésima característica é o tipo de resultado. Nas Etapas 2 e 3 deseja-se que os resultados sejam alocação das alternativas em determinadas categorias. Para isso, os dois métodos (tanto o FlowSort-GDSS quanto o ELECTRE TRI) são adequados.

Deseja-se também saber qual a forma com que as categorias são definidas (vigésima primeira característica). No caso da decisão de fazer ou comprar, as categorias devem ser definidas de forma ordinal (primeira, segunda, terceira, entre outras) e não nominal (para as quais é dado um nome que representa a categoria e elas não são ordenadas). Dessa forma, alternativas com alto desempenho na escala devem ser classificadas nas categorias superiores e de menor desempenho nas categorias inferiores. Com relação a essa característica, os dois métodos atendem às necessidades para a decisão de fazer ou comprar.

A vigésima segunda característica está relacionada à facilidade de interpretação dos resultados. No caso, os dois métodos têm como resultado a alocação das alternativas em

determinadas categorias. Isso torna a interpretação dos resultados fácil, sendo considerado um ponto positivo dos métodos.

Por fim, a última característica (vigésima terceira) analisada dos métodos é a possibilidade de saídas com pontos de vista otimistas e pessimistas. Com relação a isso, apenas o ELECTRE TRI contempla essa característica. Esse tipo de avaliação pode ser importante, pois pode refletir a filosofia da organização (mais voltada a terceirização ou a fazer internamente por exemplo).

7.1.5. Resultados

A análise dos resultados para os métodos de categorização aplicados ao problema de fazer ou comprar, tem por objetivo identificar se há diferenças na alocação das alternativas nas categorias definidas.

No que diz respeito à aplicação do FlowSort-GDSS (Seção 5.2) e do ELECTRE TRI (Seção 6.1) para a etapa de avaliação da possibilidade de terceirização (Etapa 2), a atividade de fabricação do para-choques automotivo foi classificada conforme apresentado na Tabela 59.

Tabela 59 - Comparação dos resultados dos métodos de categorização para a Etapa 2

	FlowSort-GDSS	ELECTRE TRI (Otimista)	ELECTRE TRI (Pessimista)
A-249	C3	C3	C3

Fonte: O autor.

Analisando os dados apresentados na Tabela 59, pode-se notar que mesmo usando métodos diferentes (FlowSort-GDSS e ELECTRE TRI), a alternativa (A-249) foi alocada na categoria C3 (Apta à terceirização). Isso mostra que, mesmo tendo formas de cálculos diferentes, os resultados obtidos são similares.

Já quando as aplicações do FlowSort-GDSS e do ELECTRE TRI são feitas para a etapa de qualificação das potenciais fontes de fornecimento (Etapa 3) na análise da atividade de fabricação do para-choques automotivo, os resultados obtidos são apresentados na Tabela 60.

Tabela 60 - Comparação dos resultados dos métodos de categorização para a Etapa 3

	FlowSort-GDSS	ELECTRE TRI (Otimista)	ELECTRE TRI (Pessimista)
FI1	C1	C1	C1
FI2	C2	C2	C3
FE1	C1	C1	C1
FE2	C1	C1	C2
FE3	C3	C3	C3

Fonte: O autor.

Pode-se notar observando-se os dados apresentados na Tabela 60 que a alocação das alternativas (fontes de fornecimento) feitas pelo FlowSort-GDSS é similar a do procedimento otimista do ELECTRE TRI. Já o procedimento pessimista do ELECTRE TRI difere das duas outras, alocando algumas alternativas em categorias de pior desempenho. Isso se deve pela forma de análise (disjuntiva) do procedimento pessimista. Nele a alternativa é alocada em uma categoria quando a avaliação em cada critério é pelo menos tão boa quanto a fronteira de baixo da categoria. O procedimento otimista (disjuntivo) por sua vez, aloca a alternativa a uma categoria para a qual a avaliação em, ao menos um critério, é pelo menos tão boa quanto a fronteira inferior da categoria.

Finalizada a análise comparativa da adequação dos métodos de categorização, passa-se então à análise comparativa dos métodos de ordenação para o problema de fazer ou comprar. Essa análise é apresentada na Seção 7.2.

7.2. Análise comparativa dos métodos de ordenação

A análise comparativa dos métodos de ordenação compara as aplicações dos métodos *2-Tuple* TOPSIS e PROMETHEE-GDSS feitas nas Seções 5.4 e 6.3 respectivamente. A Tabela 61 apresenta os resultados da comparação para essas categorias.

Essa análise está dividida em quatro categorias, sendo elas relativas aos dados de entrada, à parametrização do método, à análise dos dados e aos dados de saída. As Seções 7.2.1, 7.2.2, 7.2.3, 7.2.4 e 7.2.5 apresentam a descrição detalhada de cada categoria para o problema de decisão de fazer ou comprar.

Tabela 61 - Análise comparativa entre os métodos de ordenação

	Característica	2-Tuple TOPSIS	PROMETHEE- GDSS
Entrada	1ª - Aceita valores de entrada qualitativos e quantitativos?	Sim	Sim
	2ª - Aceita valores de entrada de vários tomadores de decisão?	Sim	Sim
	3ª - Aceita valores de entrada em escalas diferentes?	Sim	Sim
	4ª - Trata imprecisão ou incerteza dos dados de entrada?	Sim	Não
Parametrização	5ª - Quantidade de conjuntos de parâmetros a serem definidas	7	6
	6ª - Complexidade dos parâmetros a serem definidos	Alta	Alta
	7ª - Dificuldade para inserção/retirada de alternativas	Média	Alta
	8ª - Dificuldade para inserção/retirada de critério	Média	Alta
	9ª - Permite utilização de informações inter-critério (pesos para os critérios)?	Sim	Sim
	10ª - Possui método próprio para ponderação dos critérios?	Não	Não
	11ª - Permite utilização de pesos para os tomadores de decisão?	Sim	Sim
	12ª - Possui método próprio para ponderação dos tomadores de decisão?	Não	Não
	13ª - Permite a utilização de informações intra-critério (limites de preferência e indiferença)?	Não	Sim
Processamen	14ª - Necessidade de um especialista no método	Sim	Sim
	15ª - Transparência no processamento dos dados	Média	Baixa
	16ª - Tipo de regras entre critérios	Compensatória	Não compensatória
	17ª - Tipo de interação entre julgamentos	Aditiva	Par a par
	18ª - Disponibilidade de software	Não	Não
Saída	19ª - Tipo de resultado	Ordenação	Ordenação
	20ª - Formato dos resultados	Numérico	Numérico
	21ª - Facilidade na interpretação dos resultados	Fácil	Fácil
	22ª - Avaliações otimista e pessimista	Depende do operador de agregação	Depende do operador de agregação

Fonte: O autor.

7.2.1. Valores de entrada

Essa análise, assim como a análise comparativa dos métodos de categorização para a decisão de fazer ou comprar, começa com as características dos métodos para os valores de entrada.

A primeira característica a ser analisada diz respeito à possibilidade de que o método aceite, tanto valores de entrada qualitativos quanto valores de entrada quantitativos. No problema de ordenação das fontes de fornecimento, alguns critérios exigem julgamentos qualitativos (ruim, bom, muito bom, entre outros) e alguns critérios exigem julgamentos quantitativos (valores numéricos). Dessa forma faz-se importante que os métodos utilizados consigam trabalhar bem com esses dois tipos de valores de entrada. Com relação a essa

característica, tanto o *2-Tuple* TOPSIS quanto o PROMETHEE-GDSS aceitam os dois tipos de valores de entrada.

Com relação à aceitação de valores de entrada de vários tomadores de decisão (segunda característica analisada), também os dois métodos aceitam como entrada valores de múltiplos tomadores de decisão independentemente. O problema de ordenação final para a decisão de fazer ou comprar pode envolver diversos tomadores de decisão para que o resultado seja mais satisfatório para a organização.

Uma terceira característica a ser analisada é se o método consegue trabalhar com valores de entrada em escalas diferentes. Essa é uma característica importante pois, por muitas vezes, os critérios para ordenação final do problema de fazer ou comprar requerem a entrada de dados em escalas diferentes. No caso estudado, os dois métodos de decisão multicritério aceitam dados de entrada em escalas diferentes.

Por fim, a quarta e última característica analisada para os valores de entrada diz respeito a tratar a imprecisão dos julgamentos dos tomadores de decisão. Para essa característica, o *2-Tuple* TOPSIS é mais adequado do que o PROMETHEE-GDSS. Por ser baseado na representação linguística *2-Tuple*, essa versão do TOPSIS consegue tratar a subjetividade e a imprecisão melhor que o PROMETHEE-GDSS. Essa é uma característica importante para o processo decisório de fazer ou comprar uma vez que os dados de entrada, por muitas vezes, são dotados dessas características. Isso ocorre devido ao fato de que quem julga alguns critérios são os tomadores de decisão.

7.2.2. *Parametrização do método*

Após a análise das características dos métodos para modelar os dados de entrada, deve-se verificar as características da parametrização do método. Essa parametrização tem por objetivo fornecer dados para que o método seja aplicado atendendo as características da situação problema (no caso a decisão de fazer ou comprar).

A quinta característica a ser analisada com relação à parametrização é a quantidade de conjuntos de parâmetros a serem definidos para que o método possa ser aplicado. No caso estudado, o *2-Tuple* TOPSIS possui sete conjuntos de parâmetros a serem definidos (alternativas, tomadores de decisão, pesos para os tomadores de decisão, critérios para avaliação, pesos para os critérios, valores de entrada e conjunto de avaliações das alternativas). O PROMETHEE-GDSS, assim como o *2-Tuple* TOPSIS, possui sete conjuntos de parâmetros

a serem definidos (tomadores de decisão, pesos para os tomadores de decisão, alternativas, critérios de avaliação, pesos para os critérios de avaliação, avaliações das alternativas e funções de preferência). Dessa forma, nota-se que as duas parametrizações não são simples. A do *2-Tuple* TOPSIS é complexa devido ao fato de que deve-se identificar os termos linguísticos e suas funções de pertinência. Já para o PROMETHEE-GDSS é necessário que se identifique a função de preferência para cada um dos critérios (sexta característica).

A sétima característica está relacionada à inserção/retirada de alternativas e a oitava à inserção/retirada de critérios no método. Com relação às alternativas no método *2-Tuple* TOPSIS, a inserção de uma nova alternativa não é complexa, mas deve-se calcular novamente as soluções ideais (positiva e negativa), as distâncias e os coeficientes de proximidade. Dessa forma considera-se a dificuldade como média. Com relação aos critérios, a dificuldade também pode ser classificada como média uma vez que, quando inseridos novos critérios, também deve-se calcular novamente as soluções ideais (positiva e negativa), as distâncias e os coeficientes de proximidade. Já no método PROMETHEE-GDSS, as alternativas são comparadas par a par em cada um dos critérios e a inserção/retirada de alternativas ou critérios resulta na reformulação da estrutura do modelo. Sendo assim, os cálculos devem ser realizados novamente. Esse é um fator relevante na decisão de fazer ou comprar pois durante os períodos e reavaliação periódica podem surgir novas alternativas ou pode haver a necessidade da utilização de novos critérios.

Outras duas características importantes (nona e decima) estão relacionadas à importância relativa dos critérios (informação inter-critério). A importância relativa é relevante para o processo decisório de fazer ou comprar, uma vez que, os critérios possuem importâncias diferentes e desconsiderar esse fato pode levar a um resultado não satisfatório. Com relação às características, a de número nove diz respeito à possibilidade de utilização de pesos para os critérios. No caso estudado, os dois métodos possuem formas de considerar pesos para os diferentes critérios. Já com relação à possibilidade de que o método auxilie o tomador de decisão a atribuir pesos aos diferentes critérios (decima característica), nem o *2-Tuple* TOPSIS nem o PROMETHEE-GDSS possuem um método para ponderação dos critérios, necessitando assim de um método auxiliar ou que esses pesos sejam atribuídos pelo tomador de decisão sem um método estruturado, sendo considerados, para o caso estudado, os pesos calculados por meio do *Fuzzy-QFD*.

As características onze e doze, também dizem respeito à importância relativa, mas dos tomadores de decisão. No caso estudado, tanto o *2-Tuple* TOPSIS quanto o PROMETHEE-GDSS permitem a utilização de pesos para os tomadores de decisão (decima primeira característica) mas, nenhum dos dois possui uma forma estruturada de determinar a importância relativa entre eles (decima segunda característica). Quando diversos tomadores de decisão são incluídos no processo decisório, o facilitador deve identificar se a importância das avaliações de cada um deles é igual ou diferente. Isso também deve ser considerado quando o problema em questão é a decisão de fazer ou comprar.

Por fim, a última característica analisada para a parametrização (decima terceira) está relacionada à utilização de informações intra-critério, ou seja, limites de preferência e indiferença. Essas características são importantes para o problema pois evitam a passagem brusca de um cenário de preferência para a indiferença entre uma alternativa e outra (limite de preferência), informam qual limite de performance entre as alternativas para qual é aceita a indiferença entre eles (limite de indiferença) e apresentam a menor diferença entre o desempenho dos critérios entre as alternativas que vai contra a afirmação que uma alternativa sobreclassifica outra. Para essa característica, o *2-Tuple* TOPSIS não permite a utilização desses limites uma vez que, essa é uma característica dos métodos de sobreclassificação. Sendo assim, por ser um método de sobreclassificação, só o PROMETHEE-GDSS permite a utilização desses limites.

7.2.3. *Processamento dos dados*

As características relacionadas ao processamento dos dados dizem respeito à forma com que os dados de entrada são tratados para que as saídas do método sejam geradas.

A decima quarta característica diz respeito à necessidade de um especialista no método para que os resultados alcançados sejam corretos. Para essa característica, considera-se importante a presença de um especialista para os dois métodos. No caso do *2-Tuple* TOPSIS, isso se faz importante devido ao fato de que o método trabalha com a representação linguística *2-Tuple* e também por necessitar de cálculos das distâncias das soluções ideais positivas e negativas. Já no PROMETHEE-GDSS, isso se faz importante devido à complexidade de execução do método e à necessidade de explicar e coletar informações dos diversos tomadores de decisão.

A decima quinta característica analisada é a transparência no processamento dos dados. Isso é importante para que os tomadores de decisão entendam como os dados de entrada estão sendo trabalhados para gerar as saídas do método proposto. Com relação ao *2-Tuple* TOPSIS, por se tratar de um método aditivo, a interpretação de como os cálculos estão sendo feitos no método é mais fácil, mas por utilizar uma representação linguística diferente, considera-se a transparência no processamento dos dados como média. Já no método PROMETHEE-GDSS apesar de utilizar números não *fuzzy*, realiza análises par a par em cada um dos critérios para cada uma das alternativas utilizando funções de preferência. Além disso pode utilizar limites de preferência e indiferença. Dessa forma considera-se a transparência dos dados no PROMETHEE-GDSS como baixa.

Outra característica importante no processamento dos dados (decima sexta) está relacionada ao tipo regras utilizadas. A literatura estudada para o problema de fazer ou comprar, não faz distinção do tipo de regras a serem utilizadas na etapa de ordenação das fontes de fornecimento. Pela análise dos trabalhos estudados entende-se que tanto regras compensatórias quanto regras não compensatórias podem ser utilizadas para esse propósito. Sendo assim os métodos *2-Tuple* TOPSIS (que utiliza regras compensatórias) e o PROMETHEE-GDSS (que utiliza regras não compensatórias) são adequados a esse propósito no que diz respeito ao tipo de regra utilizado.

Uma outra característica (decima sétima) dos métodos a ser apresentada é relacionada ao tipo de interação entre os critérios. Para o propósito de ordenação das fontes de fornecimento no problema de fazer ou comprar, não foi notada diferença relevante entre a utilização da interação aditiva ou sobreclassificação. Dessa forma, tanto o *2-Tuple* TOPSIS (análise aditiva) quanto o PROMETHEE-GDSS (análise de sobreclassificação) mostraram-se adequados ao problema.

Por fim, a última característica estudada para o processamento dos dados (decima oitava) diz respeito à disponibilidade de software para a execução do método. Com relação a essa característica, para o *2-Tuple* TOPSIS não foi desenvolvido software específico para a execução do seu algoritmo. Já para o PROMETHEE-GDSS há o software Visual PROMETHEE que tem a opção de análise de diversos cenários (GDSS).

7.2.4. Valores de saída

A análise relacionada aos valores de saída avalia os resultados da aplicação do método. Ela inclui o tipo de resultado, formato do resultado, facilidade de interpretação dos resultados e se há opção de avaliações otimistas e pessimistas.

A décima nona característica relacionada aos valores de saída é o tipo de resultado alcançado. Para a etapa de ordenação das fontes de fornecimento, deseja-se claramente que o resultado seja uma ordenação por preferência. Dessa forma, tanto o *2-Tuple* TOPSIS quanto o PROMETHEE-GDSS atendem as necessidades pois, o resultado dos métodos são ordenações por preferência.

Uma outra característica analisada (vigésima) é o formato do resultado. Os resultados, tanto para o *2-Tuple* TOPSIS (coeficiente de proximidade da solução ideal positiva) quanto para o PROMETHEE-GDSS (fluxo de rede) são valores numéricos. Essa característica, além de proporcionar a possibilidade de ordenação por preferência, também indica o quanto uma alternativa é melhor que a outra. Sendo assim, os dois métodos são considerados adequados para o propósito de ordenação das fontes de fornecimento.

Outra característica importante é a facilidade de interpretação dos dados (vigésima primeira). Como os resultados são numéricos e a partir deles é feita uma ordenação por preferência, os resultados para o problema de ordenação das fontes de fornecimento são facilmente interpretados pelos tomadores de decisão e/ou especialista no método.

Por fim, a vigésima segunda e última característica a ser analisada está relacionada à possibilidade de que o método contemple avaliações otimistas e pessimistas. No caso estudado, tanto o método *2-Tuple* TOPSIS quanto o método PROMETHEE-GDSS não possuem formas de contemplar esse tipo de avaliação nas suas formas originais, mas entende-se que, utilizando operadores de agregação diferentes dos utilizados (foi utilizada a média ponderada tanto para a agregação dos valores dos tomadores de decisão no *2-Tuple* TOPSIS quanto para a agregação dos fluxos de rede para o PROMETHEE-GDSS) pode-se alcançar esse objetivo.

7.2.5. Resultados

A análise dos resultados dos métodos de ordenação aplicados ao problema de fazer ou comprar, tem por objetivo identificar se há diferenças na ordenação final das alternativas.

No que diz respeito à aplicação do *2-Tuple* TOPSIS (Seção 5.4) e do PROMETHEE-GDSS (Seção 6.3) para a etapa de ordenação das fontes de fornecimento para o problema de fazer ou comprar (Etapa 4), obteve-se os resultados apresentados na Tabela 62.

Tabela 62 - Comparação dos resultados dos métodos de ordenação para a Etapa 4

	<i>2-Tuple</i> TOPSIS	PROMETHEE-GDSS
FI1	1º	1º
FE1	2º	3º
FE2	3º	2º

Fonte: O autor.

Neste caso, houve uma inversão de ordem entre as fontes externas 1 e 2. Essa alteração na ordem se deve, principalmente ao fato dos dois métodos trabalharem de formas diferentes o processamento dos dados. No método *2-Tuple* TOPSIS, o processamento possui implícito regras compensatórias. Essas regras permitem que uma avaliação ruim em um critério seja compensada por uma avaliação boa em outros. Já no método PROMETHEE-GDSS esse tipo de compensação não é tolerada.

Dessa forma, encerra-se a análise comparativa dos métodos de ordenação para o problema de fazer ou comprar. O próximo capítulo (Capítulo 8) apresenta as conclusões do trabalho.

8. CONCLUSÃO

Essa tese teve por finalidade avançar nos campos de estudo referentes à gestão do suprimento (decisão de fazer ou comprar) e de métodos de decisão multicritério para a tomada de decisão. Essa finalidade foi alcançada por meio do preenchimento das lacunas identificadas no Capítulo 1 e do cumprimento dos objetivos propostos na Seção 1.1.

O primeiro objetivo, de realização de uma revisão da literatura, foi cumprido na Seção 2.1, aonde apresentou-se uma revisão sistemática da literatura sobre métodos de decisão multicritério para o problema de fazer ou comprar. Essa seção, além de ajudar na fundamentação teórica do trabalho e aumentar o conhecimento do pesquisador responsável por essa tese sobre o tema, também auxiliou na identificação de lacunas de pesquisa a serem preenchidas por este trabalho. Essa revisão também pode auxiliar pesquisadores a identificar oportunidades de trabalhos ou servir como passo inicial para o entendimento do tema.

O segundo objetivo dessa tese, de proposição de um processo estruturado para o problema de fazer ou comprar contemplando as etapas de seleção e ponderação de critérios, possibilidade de terceirização e avaliação das fontes de fornecimento, foi realizado no Capítulo 4. Nesse capítulo foram identificadas etapas de decisão dentro do problema de fazer ou comprar e atividades pertencentes à cada uma delas. Essas etapas foram ordenadas de acordo com a literatura encontrada na revisão sistemática e a estrutura de decisão formada pelas etapas de: Definição do problema e seleção e ponderação de critérios (Etapa 1); Avaliação da possibilidade de terceirização (Etapa 2); Qualificação das potenciais fontes de fornecimento (Etapa 3) e; Ordenação das fontes de fornecimento (Etapa 4). O cumprimento desse objetivo pode auxiliar tanto acadêmicos quanto funcionários de empresas a estruturar melhor a tomada de decisão para o problema de fazer ou comprar.

Outro objetivo alcançado por este trabalho foi a proposição de métodos adequados aos propósitos de categorização ou ordenação nas diferentes etapas do processo decisório. As etapas do processo decisório têm objetivos bem definidos quanto ao tipo de resultado desejado. Dessa forma, identificou-se na Etapa 1 a necessidade de categorização para a definição dos critérios a serem utilizados e a definição da importância relativa entre eles. Na Etapa 2, o objetivo é alocar as alternativas (atividades) em categorias que identifiquem se elas podem ou não ser terceirizadas. Na etapa seguinte (3), também deve-se alocar as alternativas (mas dessa vez as

fontes de fornecimento) em aptas ou não a suprir as necessidades da organização em questão. Por fim, na Etapa 4, deve-se ordenar por prioridade as alternativas (fontes de fornecimento) consideradas qualificadas na Etapa 3. Esse objetivo foi realizado nos Capítulos 5 e 6. Esses métodos são adequados aos propósitos de cada uma das etapas do processo decisório.

Esse objetivo (de proposição de métodos de decisão multicritério), também tinha por finalidade considerar métodos de decisão multicritério para a decisão em grupo. Isso foi feito utilizando-se o *Fuzzy Delphi* e o *Fuzzy-QFD* na Etapa 1 (propósito de seleção de critérios e ponderação de critérios respectivamente), o *FlowSort-GDSS* e a combinação do *ELECTRE TRI* e *Fuzzy Delphi* para as Etapas 2 e 3 (propósito de categorização para avaliação da possibilidade de terceirização e qualificação das potenciais fontes de fornecimento), e o *2-Tuple TOPSIS* e o *PROMETHEE-GDSS* para a Etapa 4 (propósito de ordenação das fontes de fornecimento).

Vale ressaltar também a contribuição feita na área de métodos multicritério para a decisão em grupo. A aplicação do método *Fuzzy-Delphi* permitiu que a técnica *ELECTRE TRI* contemplasse as informações provenientes de vários tomadores de decisão.

Por fim, o quarto e último objetivo dessa tese é a realização de estudos comparativos entre os métodos de decisão multicritério para o problema de fazer ou comprar. Esse objetivo foi cumprido no Capítulo 7, fazendo-se a comparação entre os métodos de categorização (*FlowSort-GDSS* e *ELECTRE TRI*) na Seção 7.1 e entre os métodos de ordenação *2-Tuple TOPSIS* na Seção 7.2.

Dessa forma, acredita-se que os objetivos propostos foram plenamente alcançados pelos meios aqui citados e as contribuições teóricas desse trabalho para a literatura sobre o tema são:

- ✓ A realização de uma revisão sistemática da literatura envolvendo métodos de decisão multicritério para o problema de fazer ou comprar. Nenhuma revisão para o problema de fazer ou comprar havia sido encontrada nas bases de dados pesquisada;
- ✓ A proposição de um processo estruturado para fazer ou comprar. Apesar de haver vários trabalhos utilizando métodos de decisão multicritério e propondo processos de decisão, nenhum deles havia agrupado todas as etapas em uma estrutura única;
- ✓ A aplicação de métodos diferentes dos já utilizados e adequados aos propósitos de cada uma das etapas tendo em vista o resultado desejado;

- ✓ A aplicação de métodos de decisão multicritério que consideram a problemática da decisão em grupo para o problema de fazer ou comprar;
- ✓ A combinação dos métodos *Fuzzy*-Delphi e ELECTRE TRI para que o método ELECTRE TRI suporte a decisão em grupo; e
- ✓ A realização de dois estudos comparativos da adequação dos métodos de decisão multicritério FlowSort-GDSS e ELECTRE TRI para os propósitos de categorização e *2-Tuple* TOPSIS e PROMETHEE-GDSS para o propósito de ordenação.

Como limitações do trabalho pode-se apontar a dificuldade em realizar uma avaliação mais abrangente que inclua mais métodos de decisão multicritério. Isso se dá ao fato de que os métodos são grandes em número e exigem diferentes conhecimentos para sua aplicação. Outra limitação desse estudo é que ainda não foi aplicado em um caso real. A aplicação futura poderá trazer visões diferentes e oportunidades de melhoria para a estrutura proposta.

No que diz respeito a trabalhos futuros, a revisão sistemática da literatura aponta métodos já utilizados para as etapas da estrutura proposta, mas há métodos ainda não explorados para a decisão de fazer ou comprar. Dessa forma, uma sugestão de trabalhos futuros é relativa a aplicação de métodos e teorias ainda não explorados para a problemática de fazer ou comprar (PROMSORT, métodos baseados em Teoria da Utilidade Multi-Atributo, *Fuzzy* Intuicionista, *Fuzzy* Hesitante, entre outros). Outra oportunidade de pesquisa identificada é que, uma vez identificadas as fontes de fornecimento aptas e ordená-las, pode-se utilizar métodos de alocação de pedido para alocar as ordens nos fornecedores. Pode-se também trabalhar cenários como avaliação de nova atividade, reavaliação periódica para a mesma atividade ou reavaliação para alteração nas características da atividade. Por fim, a aplicação em um caso real pode trazer contribuições para a estrutura proposta.

REFERÊNCIAS

AISSAOUI, N.; HAOUARI, M.; HASSINI, E. Supplier selection and order lot sizing modeling: A review. **Computers and Operations Research**, v. 34, n. 12, p. 3516–3540, 2007.

AZADEGAM, A.; PORBIC, L.; GHAZINOORY, S.; SAMOUEI, P.; KHEIRKHAH, A. S. Fuzzy logic in manufacturing: A review of literature and a specialized application. **International Journal of Production Economics**, v. 132, n. 2, p. 258–270, 2011. Elsevier.

BALEŽENTIS, A.; BALEŽENTIS, T. An innovative multi-criteria supplier selection based on two-tuple multimooora and hybrid data. **Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research**, v. 2, n. Mcdm, p. 1–20, 2011.

BARNEY, J. Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. **Journal of Management**, v. 17, n. 1, p. 99–120, 1991.

BARNEY, J. B. Resource-based theories of competitive advantage: A ten-year retrospective on the resource-based view. **Journal of Management**, v. 27, n. 6, p. 643–650, 2001.

BAUER, T.; ERDOGAN, B. An Introduction to Organizational Behavior. **Flat World Education Inc**, v. 1, p. 722, 2012.

BEHZADIAN, M.; HOSSEINI-MOTLAGH, S. M.; IGNATIUS, J.; GOH, M.; SEPEHRI, M. M. PROMETHEE group decision support system and the house of quality. **Group Decision and Negotiation**, v. 22, n. 2, p. 189–205, 2013.

BEVILACQUA, M.; CIARAPICA, F. E.; GIACCHETTA, G. A fuzzy-QFD approach to supplier selection. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 12, n. 1, p. 14–27, 2006.

BEZERRA, F. DE M.; MELO, P.; COSTA, J. P. Visual and Interactive Comparative Analysis of Individual Opinions: A Group Decision Support Tool. **Group Decision and Negotiation**, v. 23, n. 1, p. 101–125, 2014.

BIOLCHINI, J.; MIAN, P. G.; CANDIDA, A.; NATALI, C. Systematic Review in Software Engineering. **Engineering**, v. 679, n. May, p. 1–31, 2005.

BLINDER, A. S.; MORGAN, J. **Are Two Heads Better Than One?: An Experimental Analysis of Group vs. Individual Decision Making**. 2000.

DE BOER, L.; LABRO, E.; MORLACCHI, P. A review of methods supporting supplier selection. **European Journal of Purchasing & Supply Management**, v. 7, p. 75–89, 2001.

DE BOER, L.; WEGEN, L. VAN DER; TELGEN, J. Outranking methods in support of supplier selection. **European Journal of Purchasing & Supply Management**, v. 4, n. 2–3, p. 109–118, 1998.

BORNSTEIN, G.; YANIV, I. Individual and Group Behavior in the Ultimatum Game: Are Groups More “ Rational ” Players? **Experimental Economics**, v. 1, p. 101–108, 1998.

BOTTANI, E.; RIZZI, A. Strategic management of logistics service: A fuzzy QFD approach. **International Journal of Production Economics**, v. 103, n. 2, p. 585–599, 2006.

BRANS, J. P.; VINCKE, P.; MARESCHAL, B. How to select and how to rank projects: The Promethee method. **European Journal of Operational Research**, v. 24, n. 2, p. 228–238, 1986.

BURT, D. N.; DOBLER, D. W.; STARLING, S. **World class supply management**. 7th ed. McGraw Hill Higher Education, 2003.

CAI, S.; YAN, H. A Systematic Fuzzy QFD Model and Its Application to Hotel Service Design. 13th International Conference on Service Systems and Service Management (ICSSSM). **Anais...**, 2016. IEEE.

CAINTA, L. D. Extent of use of qualitative and quantitative management techniques in administrative and academic decision-making among elementary and high school principals /head teachers and teachers-in-charge in zamboanga del norte school divisions in region IX. **E-International Scientific Research Journal**, v. 2, n. 3, p. 220–229, 2010.

CARLSSON, C.; FULLÉR, R. Benchmarking in linguistic importance weighted aggregations. **Fuzzy Sets and Systems**, v. 114, n. 1, p. 35–41, 2000.

CHAI, J.; LIU, J. N. K.; NGAI, E. W. T. Application of decision-making techniques in supplier selection: A systematic review of literature. **Expert Systems with Applications**, v. 40, n. 10, p. 3872–3885, 2013.

CHALOS, P.; PICKARD, S. Information choice and cue use: An experiment in group information processing. **Journal of Applied Psychology**, v. 70, n. 4, p. 634–641, 1985.

CHANG, P. C.; WANG, Y. W. Fuzzy Delphi and back-propagation model for sales forecasting in PCB industry. **Expert Systems with Applications**, v. 30, n. 4, p. 715–726, 2006.

CHANG, S. L.; WANG, R. C.; WANG, S. Y. Applying a direct multi-granularity linguistic and strategy-oriented aggregation approach on the assessment of supply performance. **European Journal of Operational Research**, v. 177, n. 2, p. 1013–1025, 2007.

CHEN, D. . B; ZHOU, Z. .; PHAM, D. T. . Research on the grey relational evaluation method of core competencies of virtual enterprise members. **Kybernetes**, v. 37, n. 9–10, p. 1250–1256, 2008.

CHESHMBERAH, M.; AHMAD, M.; SEYEDHOSSEINI, S. M. Manufacturing Outsourcing Decision-making based on Screening Core Activities and Fuzzy Multi-criteria Approach. **Journal of Applied Sciences**, v. 10, n. 19, p. 2276–2282, 2010.

CHESHMBERAH, M.; MAKUI, A.; SEYEDHOSSEINI, S. M.; ALI, N. A new fuzzy MCDA framework for make-or-buy decisions: A case study of aerospace industry. **Management Science Letters**, v. 1, n. 3, p. 323–330, 2011.

CONFORTO, E. C.; AMARAL, D. C.; SILVA, S. L. DA. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. **8º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto**, , n. 1998, p. 1–12, 2011.

COOPER, D. J.; KAGEL, J. H. Are Two Heads Better than One? Team versus Individual Play in Signaling Games. **The American Economic Review**, v. 95, n. 3, p. 477–509, 2005.

CORCOLL-SPINA, C. DE O. **Lógica fuzzy: reflexões que contribuem para a questão da subjetividade na construção do conhecimento matemático.**, 2010. University of São Paulo.

CUTRIM, S.; TRIST, M. Aplicação do Método Delphi para Identificação e Avaliação dos Fatores Restritivos à Realização de Parcerias Público-Privadas (PPPs). XXXIV Encontro da ANPAD. **Anais...** . p.1–16, 2010.

DAHER, S. DE F. D.; ALMEIDA, A. T. The Use of Ranking Veto Concept to Mitigate the Compensatory Effects of Additive Aggregation in Group Decisions on a Water Utility Automation Investment. **Group Decision and Negotiation**, v. 21, n. 2, p. 185–204, 2012.

DALKEY, N.; HELMER, O. An Experimental Application of the Delphi Method to the Use of Experts. **Management Science**, 1963.

DEKKERS, R. Decision models for outsourcing and core competencies in manufacturing. **International Journal of Production Research**, v. 38, n. 17, p. 4085–4096, 2010.

DHOUIB, D.; ELLOUMI, S. A new multi-criteria approach dealing with dependent and heterogeneous criteria for end-of-life product strategy. **Applied Mathematics and Computation**, v. 218, n. 5, p. 1668–1681, 2011. Elsevier Inc.

DIAS, J. A.; FIGUEIRA, J. R.; ROY, B. Electre Tri-C: A multiple criteria sorting method based on characteristic reference actions. **European Journal of Operational Research**, v. 204, n. 3, p. 565–580, 2010. Elsevier B.V.

DODGSON, J. S.; SPACKMAN, M.; PEARMAN, A.; PHILLIPS, L. D. **Multi-criteria analysis : a manual**. London: Crown, 2009.

DURSUN, M.; KARSAK, E. E. Supplier Selection Using an Integrated Fuzzy Decision Making Approach. World Congress on Engineering and Computer Science Vol. II. **Anais...** v. 4, 2011.

DURSUN, M.; KARSAK, E. E. A QFD-based fuzzy MCDM approach for supplier selection. **Applied Mathematical Modelling**, v. 37, n. 8, p. 5864–5875, 2013.

ESPINO-RODRÍGUEZ, T. F.; PADRÓN-ROBAINA, V. A review of outsourcing from the resource based view of the firm. **International Journal of Management Reviews**, v. 8, n. 1, p. 49–70, 2006.

FACCHINETTI, G.; RICCI, R. G.; MUZZIOLLI, S. Note on Ranking Fuzzy Triangular Numbers. **International Journal of Intelligent Systems**, v. 13, p. 613–622, 1998.

FIGUEIRA, J.; GRECO, S.; EHRGOTT, M. **Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys**. 2^o ed. Springer, 2005.

FIGUEIRA, J. R.; MOUSSEAU, V.; ROY, B. ELECTRE Methods. **Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys**. 2^o ed, v. 1, p.155–185, 2006. New York.

FILL, C.; VISSER, E. The outsourcing dilemma: a composite approach to the make or buy decision. **Management Decision**, v. 38, n. 1, p. 43–50, 2000.

FU, Y.; BI, Y. K.; WANG, S. J. Research on Core Competence of Construction Consultant Enterprises Based on the Grey Correlation Method. **Applied Mechanics and Materials**, v. 501–504, p. 2686–2690, 2014.

FÜLÖP, J. Introduction to Decision Making Methods. **Operations Research**, p. 1–15, 2001.

GHOSHAL, S.; MORAN, P. Bad for Practice: A Critique of the Transaction Cost Theory. **Academy of Management Review**, v. 21, n. 1, p. 13–47, 1996.

GONÇALVES, T. J. M.; BELDERRAIN, M. C. N. Performance evaluation with PROMETHEE GDSS and GAIA: A study on the ita-SAT satellite project. **Journal of Aerospace Technology and Management**, v. 4, n. 3, p. 381–392, 2012.

GRANT, R. M. **Contemporary strategy analysis: concepts, techniques and applications**. 2002.

HAFEEZ, K.; MALAK, N.; ZHANG, Y. B. Outsourcing non-core assets and competences of a firm using analytic hierarchy process. **Computers and Operations Research**, v. 34, n. 12, p. 3592–3608, 2007.

HAKIN, A.; GHEITASI, M.; SOLTANI, F. Fuzzy model on selecting processes in Business Process Reengineering. **Business Process Management Journal**, v. 22, n. 6, p. 1118–1138, 2016.

HALOUANI, N.; CHABCHOUB, H.; MARTEL, J. M. PROMETHEE-MD-2T method for project selection. **European Journal of Operational Research**, v. 195, n. 3, p. 841–849, 2009. Elsevier B.V.

HANSS, M. **Applied Fuzzy Arithmetic: An Introduction with Engineering Applications**. Springer Netherlands, 2005.

HERRERA, F.; MARTINEZ, L. A 2-Tuple Fuzzy Linguistic Representation Model for Computing with Words. **IEEE Transactions on Fuzzy Systems**, v. 8, n. 6, p. 746–752, 2000.

HERRERA, F.; MARTINEZ, L. An approach for combining linguistic and numerical information based on the 2-tuple fuzzy linguistic representation model in decision-making. **International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems**, 2000a.

HERRERA, F.; MARTINEZ, L. An approach for combining linguistic and numerical information based on 2-tuple fuzzy representation model in decision making. **International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems**, v. 8, n. 5, p. 539–562, 2000b.

HOLCOMB, T. R.; HITT, M. A. Toward a model of strategic outsourcing. **Journal of Operations Management**, v. 25, n. 2, p. 464–481, 2007.

HSUEH, J. T.; LIN, C. Y. Constructing a network model to rank the optimal strategy for implementing the sorting process in reverse logistics: Case study of photovoltaic industry. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 17, n. 1, p. 155–174, 2015.

HUANG, I. B.; KEISLER, J.; LINKOV, I. Multi-criteria decision analysis in environmental sciences: Ten years of applications and trends. **Science of the Total Environment**, v. 409, n. 19, p. 3578–3594, 2011. Elsevier B.V.

HUMPHREYS, P.; MCIVOR, R.; HUANG, G. An expert system for evaluating the make or buy decision. **Computers & Industrial Engineering**, v. 42, n. 2–4, p. 567–585, 2002.

HWANG, C.-L.; YOON, K. **Multiple Attribute Decision Making: methods and applications**. New York: CRC Press, 1981.

HWANG, H. S.; KO, W.-H.; GOAN, M.-J. Web-based multi-attribute analysis model for make-or-buy decisions. **Mathematical and Computer Modelling**, v. 46, n. 7–8, p. 1081–1090, 2007.

ISHIZAKA, A.; NEMERY, P. **Multi-criteria decision analysis: methods and software**. First ed. John Wiley & Sons, 2013.

JAVIDAN, M. Core competence: What does it mean in practice? **Long Range Planning**, v. 31, n. 1, p. 60–71, 1998.

JUAN, Y.-K.; PERNG, Y.-H.; CASTRO-LACOUTURE, D.; LU, K.-S. Housing refurbishment contractors selection based on a hybrid fuzzy-QFD approach. **Automation in Construction**, v. 18, n. 2, p. 139–144, 2009. Elsevier B.V.

KAHRAMAN, C. **Fuzzy Multicriteria Decision Making - Theory and Applications with Recent Developments**. 16^o ed. Istanbul: Springer, 2008.

KARDARAS, D. K.; KARAKOSTAS, B.; MAMAKOU, X. J. Content presentation personalisation and media adaptation in tourism web sites using Fuzzy Delphi Method and Fuzzy Cognitive Maps. **Expert Systems with Applications**, v. 40, n. 6, p. 2331–2342, 2013. Elsevier Ltd.

KILGOUR, D. M.; CHEN, Y.; HIPEL, K. W. Multiple criteria approaches to group decision and negotiation. In: M. Ehrgott; J. R. Figueira; S. Greco (Orgs.); **Trends in multiple criteria decision analysis**. p.317–338, 2012. Springer.

KREMIC, T.; TUKEL, O. I.; ROM, W. O. Outsourcing decision support: a survey of benefits, risks, and decision factors. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 11, n. 6, p. 467–482, 2006.

KULKARNI, S. V.; JENAMANI, M. Make-or-buy: a case study at an Indian automobile company. **Strategic Outsourcing: An International Journal**, v. 1, n. 3, p. 268–287, 2008.

KUO, Y. F.; CHEN, P. C. Constructing performance appraisal indicators for mobility of the service industries using Fuzzy Delphi Method. **Expert Systems with Applications**, v. 35, n. 4, p. 1930–1939, 2008.

LEE, S.; WALSH, P. SWOT and AHP hybrid model for sport marketing outsourcing using a case of intercollegiate sport. **Sport Management Review**, v. 14, n. 4, p. 361–369, 2011. Sport Management Association of Australia and New Zealand.

LEENDERS, M. R.; JOHNSON, P. F.; FLYNN, A.; FEARON, H. E. Make or Buy, Insourcing and Outsourcing Chapter. **Purchasing and Supply Management**. 13th ed, p.18, 2006. McGraw-Hill.

LI, Z. A new method of supplier selection based on TOPSIS and 2-tuple linguistic. International Seminar on Future BioMedical Information Engineering. **Anais...** . p.168–171, 2008.

LIMA JUNIOR, F. R.; CARPINETTI, L. C. R. A multicriteria approach based on Fuzzy-QFD for choosing criteria for supplier selection. **Computers & Industrial Engineering**, v. 101, p. 269–285, 2016.

LIMA JUNIOR, F. R.; OSIRO, L.; CARPINETTI, L. C. R. A fuzzy inference and categorization approach for supplier selection using compensatory and non-compensatory decision rules. **Applied Soft Computing**, v. 13, n. 10, p. 4133–4147, 2013. Elsevier B.V.

LIMA JUNIOR, F. R.; OSIRO, L.; CARPINETTI, L. C. R. Gestão da qualidade e desempenho de fornecedores. In: O. J. de Oliveira (Org.); **Gestão da produção e operações: bases para a competitividade**. p.352, 2014. Editora Atlas.

LOLLI, F.; ISHIZAKA, A.; GAMBERINI, R.; RIMINI, B.; MESSORI, M. FlowSort-GDSS - A novel group multi-criteria decision support system for sorting problems with application to FMEA. **Expert Systems with Applications**, v. 42, n. 17–18, p. 6342–6349, 2015.

MACHARIS, C.; BRANS, J.-P. The GDSS PROMETHEE procedure. **Journal of Decision Systems**, v. 7, p. 283–307, 1998.

MACHARIS, C.; MARESCHAL, B.; WAAUB, J.; MILAN, L. PROMETHEE-GDSS revisited : applications so far and new developments. **International Journal of Multicriteria Decision Making**, v. 5, n. 1/2, p. 129–151, 2015.

MAHNKE, V. The process of vertical dis-integratinon: An evolutionary perspective on outsourcing. **Journal of Management and Governance**, v. 5, p. 353–379, 2001.

MARQUES, I. C. **Mapas estratégicos para modelos de gestão voltados à competitividade da cadeia produtiva do frango de corte : um estudo na microrregião de anápolis-Go**, 2012. Universidade Federal de Goiás.

MARTEL, J.-M.; MATARAZZO, B. Other outranking approaches. **Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys**, 2005.

MARTÍNEZ, L.; HERRERA, F. An overview on the 2-tuple linguistic model for computing with words in decision making: Extensions, applications and challenges. **Information Sciences**, v. 207, p. 1–18, 2012.

MCIVOR, R. R. T.; HUMPHREYS, P. P. K. A case-based reasoning approach to the make or buy decision. **Integrated Manufacturing Systems**, v. 11, n. 5, p. 295–310, 2000.

MCIVOR, R. T.; HUMPHREYS, P. K.; MCALEER, W. E. A strategic model for the formulation of an effective make or buy decision. **Management Decision**, v. 35, n. 2, p. 169–178, 1997.

MELO FILHO, L. D. R. DE; CHENG, L. C. QFD na garantia da qualidade do produto durante seu desenvolvimento: caso em uma empresa de materiais. **Produção**, v. 17, n. 3, p. 604–624, 2007.

MENDOZA, G. A.; MARTINS, H. Multi-criteria decision analysis in natural resource management: A critical review of methods and new modelling paradigms. **Forest Ecology and Management**, v. 230, n. 1–3, p. 1–22, 2006.

MORABITO, R.; PUREZA, V. Modelagem e Simulação. In: P. C. Miguel (Org.); **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. 2º ed, p.226, 2010. Rio de Janeiro: Elsevier - Campus.

MOUSSEAU, V.; SLOWINSKI, R.; ZIELNIEWICZ, P. A user-oriented implementation of the ELECTRE-TRI method integrating preference elicitation support. **Computers and Operations Research**, v. 27, n. 7–8, p. 757–777, 2000.

NEMERY, P.; LAMBORAY, C. Flow sort: A flow-based sorting method with limiting or central profiles. **Top**, v. 16, n. 1, p. 90–113, 2008.

ONYEIWU, S. Some determinants of core competencies: Evidence from a binary-logit analysis. **Technology Analysis & Strategic Management**, v. 15, n. 1, p. 43–63, 2003.

PADILLO, J. M.; DIABY, M. A multiple-criteria decision methodology for the make-or-buy problem. **International Journal of Production Research**, v. 37, p. 3203–3229, 1999.

PEDRYCZ, W.; GOMIDE, F. **Fuzzy Systems Engineering: Toward Human-Centric Computing**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2007.

PLATTS, K. W.; PROBERT, D. R.; CÁÑEZ, L. Make vs. buy decisions: A process incorporating multi-attribute decision-making. **International Journal of Production Economics**, v. 77, n. 3, p. 247–257, 2002.

PRAHALAD, C. K.; HAMEL, G. The Core Competence of the Corporation. **Harvard Business Review**, v. 68, n. 3, p. 79–91, 1990.

PROVDANOV, C. C.; FREITAS, E. C. DE. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2013.

ROCKENBACH, B.; SADRIEH, A.; MATHAUSCHEK, B. Teams take the better risks. **Journal of Economic Behavior and Organization**, v. 63, n. 3, p. 412–422, 2007.

ROY, B. The outranking foundations approach and the methods. **Theory and Decision**, v. 31, p. 49–73, 1991.

ROY, B.; SŁOWIŃSKI, R. Questions guiding the choice of a multicriteria decision aiding method. **EURO Journal on Decision Processes**, v. 1, p. 69–97, 2013.

RUFFO, M.; TUCK, C.; HAGUE, R. Make or buy analysis for rapid manufacturing. **Rapid Prototyping Journal**, v. 13, n. 1, p. 23–29, 2007.

SAATY, T. L. Decision making - the Analytic Hierarchy and Network Processes (AHP/ANP). **Journal of Systems Science and Systems Engineering**, v. 13, n. 1, p. 1–35, 2004.

SENTHIL, S.; SRIRANGACHARYULU, B.; RAMESH, A. A Decision Making Methodology for the Selection of Reverse Logistics Operating Channels. **Procedia Engineering**, v. 38, p. 418–428, 2012. Elsevier B.V.

SHEN, J. M.; DANG, Y. G.; ZHOU, W. J.; LI, X. M. Evaluation for Core Competence of Private Enterprises in Xuchang City Based on an Improved Dynamic Multiple-Attribute Decision-Making Model. **Mathematical Problems in Engineering**, v. 2015, 2015.

SHEN, X.; TAN, K.; XIE, M. The implementation of quality function deployment based on linguistic data. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 12, n. 1993, p. 65–75, 2001.

SHIUE, Y.-C.; LIN, C.-Y. Applying analytic network process to evaluate the optimal recycling strategy in upstream of solar energy industry. **Energy and Buildings**, v. 54, p. 266–277, 2012. Elsevier B.V.

SILVEIRA, D. T.; GERHARDT, T. E. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

SILVERMAN, B. S. Technological resources and the logic of corporate diversification. **Management Science**, v. 45, n. 8, p. 1109–1124, 1999.

SIMS, R. R. **Managing the organizational behavior**. Westport: Praeger, 2002.

SOHN, S. Y.; CHOI, I. S. Fuzzy QFD for supply chain management with reliability consideration. **Reliability Engineering and System Safety**, v. 72, n. 3, p. 327–334, 2001.

STEFANO, N. Proposta de um instrumento de pesquisa para avaliar a gestão de periódicos científicos: utilizando o método fuzzy Delphi. **Iberoamerican Journal of ...**, v. 5, n. 2, p. 39–69, 2014.

STURGEON, T. J.; LEE, J. **Industry Co-Evolution and the Rise of a Shared Supply-base for Electronics Manufacturing**. 2001.

SULTANA, I.; AHMED, I.; AZEEM, A. An integrated approach for multiple criteria supplier selection combining Fuzzy Delphi, Fuzzy AHP & Fuzzy TOPSIS. **Journal of Intelligent & Fuzzy Systems**, v. 29, n. 4, p. 1273–1287, 2015.

TAVANA, M.; BEHZADIAN, M.; PIRDASHTI, M.; PIRDASHTI, H. A PROMETHEE-GDSS for oil and gas pipeline planning in the Caspian Sea basin. **Energy Economics**, v. 36, p. 716–728, 2013. Elsevier B.V.

TCHEMRA, A. H. U. M. Tabela De Decisão Adaptativa Na Tomada De Decisão Multicritério. **Tese De Dissertação**, p. 172, 2009.

TJADER, Y.; MAY, J. H.; SHANG, J.; VARGAS, L. G.; GAO, N. Firm-level outsourcing decision making: A balanced scorecard-based analytic network process model. **International Journal of Production Economics**, v. 147, p. 614–623, 2014. Elsevier.

TSAI, C.-Y.; LO, C.-C.; CHANG, A. C. Using Fuzzy Qfd To Enhance Manufacturing Strategic Planning. **Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers**, v. 20, n. 1, p. 33–41, 2003.

UDO, G. G. Using analytic hierarchy process to analyze the information technology outsourcing decision. **Industrial Management & Data Systems**, v. 100, n. 9, p. 421–429, 2000.

VALOIS, Ú. DE; ALMEIDA, A. T. DE. Modelo de apoio à decisão multicritério para terceirização de atividades produtivas baseado no método SMARTS. **Produção**, v. 19, n. 2, p. 249–260, 2009.

VINODH, S.; MANJUNATHESHWARA, K. J.; KARTHIK SUNDARAM, S.; KIRTHIVASAN, V. Application of fuzzy quality function deployment for sustainable design of consumer electronics products: a case study. **Clean Technologies and Environmental Policy**, 2016. Springer Berlin Heidelberg.

WANG, J. Fuzzy outranking approach to prioritize design requirements in quality function deployment. **International Journal of Production Research**, v. 37, n. March 1998, p. 899–916, 1999.

WANG, Q.; LI, Y.; CUI, J. L.; et al. Fuzzy Comprehensive Evaluation on Small-and-Medium-Sized Motor Manufacturer's Core Competence. **Key Engineering Materials**, v. 467–469, p. 1575–1579, 2011.

WANG, W. P. A fuzzy linguistic computing approach to supplier evaluation. **Applied Mathematical Modelling**, v. 34, n. 10, p. 3130–3141, 2010. Elsevier Inc.

WANG, X.; DURUGBO, C. Analysing network uncertainty for industrial product-service delivery: A hybrid fuzzy approach. **Expert Systems with Applications**, v. 40, n. 11, p. 4621–4636, 2013. Elsevier Ltd.

VAN DE WATER, H.; VAN PEET, H. P. A decision support model based on the Analytic Hierarchy Process for the Make or Buy decision in manufacturing. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 12, n. 5, p. 258–271, 2006.

WEBSTER, J.; WATSON, R. T. Analyzing the past and prepare for the future: writing a literature review. **MIS Quarterly & The Society for Information Management**, v. 26, n. 2, p. 13–23, 2002.

WILLIAMSON, O. E. Transaction-cost economics : The governance of contractual relations. **Journal of Law and Economics**, v. 22, n. 2, p. 233–261, 1979.

WILLIAMSON, O. E. **The Economic Institutions of Capitalism**. Free Press, 1985.

YAGER, R. R. On ordered weighted averaging aggregation operators in multi criteria decision making. **IEEE Trans. Syst. Man Cybern.**, v. 18, n. 1, p. 183–190, 1988.

YAO, L. G.; DONG, Z. L. Research on Core Competence of Corporation Based on Intellectual Capital. **Advanced Materials Research**, v. 121–122, p. 237–242, 2010.

YEH, D. Y.; CHENG, C. H.; CHI, M. L. A modified two-tuple FLC model for evaluating the performance of SCM: By the Six Sigma DMAIC process. **Applied Soft Computing Journal**, v. 7, n. 3, p. 1027–1034, 2007.

YU, L. Method for risk evaluation of high-technology with 2-tuple linguistic information. **3rd International Symposium on Intelligent Information Technology Application, IITA 2009**, v. 2, n. 1, p. 261–264, 2009.

YU, W. **ELECTRE TRI : Aspects méthodologiques et manuel d'utilisation**. Paris, 1992.

ZADEH, L. A. Fuzzy Sets *. **Information and Control**, v. 8, p. 338–353, 1965.

ZOPOUNIDIS, C.; DOUMPOS, M. Multicriteria classification and sorting methods: A literature review. **European Journal of Operational Research**, v. 138, n. 2, p. 229–246, 2002.