

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

BENGIE OMAR VÁZQUEZ REYES

**SELEÇÃO DE OPERADOR LOGÍSTICO: UM MODELO
MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO**

DISSERTAÇÃO

PONTA GROSSA

2019

BENGIE OMAR VÁZQUEZ REYES

**SELEÇÃO DE OPERADOR LOGÍSTICO: UM MODELO
MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO**

Dissertação apresentada como requisito à
obtenção do título de Mestre em
Engenharia de Produção da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. João Carlos
Colmenero

PONTA GROSSA

2019

Ficha catalográfica elaborada pelo Departamento de Biblioteca
da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Ponta Grossa
n.29/19

V393 Vázquez Reyes, Bengie Omar

Seleção de operador logístico: um modelo multicritério de apoio à decisão. / Bengie Omar Vázquez Reyes, 2019.
166 f.; il. 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. João Carlos Colmenero

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2019.

1. Logística. 2. Processo decisório por critério múltiplo. 3. Transportes - Planejamento. I. Colmenero, João Carlos. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. III. Título.

CDD 670.42



Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Ponta Grossa
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



FOLHA DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação Nº **335/2019**

SELEÇÃO DE OPERADOR LOGÍSTICO: UM MODELO MULTICRITÉRIO DE
APOIO À DECISÃO

por

Bengie Omar Vazquez Reyes

Esta dissertação foi apresentada às **10 horas de 13 de Março de 2019** como requisito parcial para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, com área de concentração em Conhecimento e Inovação, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. O(a) candidato(a) foi arguido(a) pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo citados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dra. Vanina Macowski Durski Silva
(UFSC)

Prof. Dr. Antônio Vanderley Herrero Sola
(UTFPR)

Prof. Dr. Aldo Braghini Junior (UTFPR)

Prof. Dr. João Carlos Colmenero (UTFPR)
Orientador e Presidente da Banca

Visto do Coordenador:

Prof. Dr. Antônio Carlos de Francisco
Coordenador do PPGE
UTFPR - Campus Ponta Grossa

A FOLHA DE APROVAÇÃO ASSINADA ENCONTRA-SE NO DEPARTAMENTO DE
REGISTROS ACADÊMICOS DA UTFPR –CÂMPUS PONTA GROSSA

Dedico este trabalho à minha família,
pelos momentos de ausência.

AGRADECIMENTOS

Certamente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase da minha carreira profissional. Portanto, desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

Dessa forma agradeço aos meus pais Loycel Vazquez Alegria e Lucia Reyes Manuel, que me deram força, persistência, companheirismo, profissionalismo e acima de tudo amor.

Às minhas irmãs Cinthia Penelope Vazquez Reyes e Matilda Vanessa Vazquez Reyes que me deram todo seu apoio e demonstraram claramente a sua admiração por minha força de vontade e esforço em vencer e conquistar meus objetivos.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. João Carlos Colmenero, pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória.

Às minhas colegas de sala, Katieli Tives, Maria Carolina Pariz e Fernanda Andrade pela grandiosa colaboração e acompanhamento ao longo destes dois anos.

Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento à empresa fabricante, em especial aos seus colaboradores: Alex, Janine, Daniel, Mariana e Camila pela participação, a qual foi extremamente colaborativa na elaboração deste trabalho.

A UTFPR Campus Ponta Grossa, assim como os docentes, dos quais me auxiliaram na construção desta dissertação e titulação de mestre.

À Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior - CAPES pelo subsídio financeiro (Código de Financiamento 001) para a realização do mestrado e desta pesquisa.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

RESUMO

VÁZQUEZ REYES, Bengie Omar. **Seleção de operador logístico: um modelo de multicritério de apoio à decisão**. 2019. 166 f. Dissertação (Mestrado em em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2019.

O operador logístico (*3PL*) é uma empresa fornecedora de serviços logísticos que desempenha um papel importante na cadeia de suprimentos (*SCM*). Neste trabalho é apresentado um modelo multicritério de apoio à decisão (*MCDM*) para resolver o problema de seleção do operador logístico, considerando as prioridades da política da empresa. *Fuzzy SWARA* é utilizado para calcular os pesos dos critérios de seleção e *Fuzzy TOPSIS* para selecionar o melhor operador logístico. A demonstração de usabilidade do modelo é representada por meio de um estudo de caso em uma empresa fabricante de electrodomésticos localizada em Brasil. Os principais resultados mostram que o critério segurança e meio ambiente é o mais impactante para a seleção do melhor operador logístico, além disso verificou-se que a importância dos critérios e avaliação das alternativas dos decisores influencia na ranqueamento final das alternativas. Em seguida, a análise de sensibilidade foi realizada para compreender a importância dos critérios em relação à alternativa selecionada, ademais de fornecer informações pertinentes para a equipe de decisores na melhoria dos critérios com baixo desempenho. Finalmente, o *dashboard* de resultados demonstrou de maneira gráfica a importância de considerar o conhecimento implícito, experiências e opiniões de múltiplos decisores.

Palavras-chave: Operador logístico. Cadeia de Suprimentos. Multicritério. Logística. Transportes.

ABSTRACT

VÁZQUEZ REYES, Bengie Omar. **An integrated MCDM model for selecting third-party logistics provider**. 2019. 166 p. Dissertation (Master Degree in Production Engineering) - Federal University of Technology - Paraná, Ponta Grossa, 2019.

The third-party logistics (3PL) is a logistics service provider which plays an important role in the supply chain (SCM). This work proposed a multi-criteria decision-making (MCDM) model to solve the third-party logistics provider selection problem when priorities are set with respect to the company' policies. Fuzzy SWARA is used to calculate the criteria weights and Fuzzy TOPSIS to select the best 3PL. The effectiveness of the model is tested in a real case study in home appliance manufacturer located in Brazil. The main results demonstrated that safety and environment is the most important criteria for the best 3PL selection and the importance of the criteria and evaluation of the alternatives from one decision-maker to another impact in the final ranking of the alternatives. Then, sensitivity analysis was performed to understand the importance of the criteria in relation to the selected alternative and furthermore to provide relevant information to decision-making team to improve the criteria with low performance. Finally, the dashboard displayed the importance of consider the implicit knowledge, experience and opinion of multidecision-makers.

Keywords: Third-party logistics. Supply Chain. Multicriteria. Logistics. Transportation

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura do trabalho.....	24
Figura 2 - Cadeia de suprimentos	27
Figura 3 - Processo de compra de serviços logísticos	30
Figura 4 - Função de associação triangular	35
Figura 5 - <i>Dashboard</i> típico de uma organização.....	47
Figura 6 - Metodologia do modelo integrado	48
Figura 7 - Estruturação do problema	52
Figura 8 - Função de associação triangular <i>Fuzzy SWARA</i>	55
Figura 9 - Processo <i>inbound logistics</i>	60
Figura 10 - Critérios e subcritérios de seleção	65
Figura 11 - Estruturação hierárquica do problema	70
Figura 12 - Dashboard de resultados do decisor <i>DM1</i>	107
Figura 13 - Dashboard de resultados do decisor <i>DM2</i>	108
Figura 14 - Dashboard de resultados da equipe de decisores <i>DMT</i>	109
Figura 15 - Palavras chaves usadas nas bases de dados	138

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Histograma dos pesos dos critérios em função dos seus respectivos subcritérios da DMT	81
Gráfico 2 - Análise de sensibilidade do critério C1	101
Gráfico 3 - Análise de sensibilidade do critério C2	102
Gráfico 4 - Análise de sensibilidade do critério C3	102
Gráfico 5 - Análise de sensibilidade do critério C4	103
Gráfico 6 - Análise de sensibilidade do critério C5	104
Gráfico 7 - Análise de sensibilidade do critério C6	104
Gráfico 8 - Análise de sensibilidade do critério C7	105

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Serviços e atividades logísticas do operador logístico	29
Quadro 2 - Classificação das operador logístico	34
Quadro 3 - Aplicações do método <i>SWARA</i> em modelos integrados <i>MCDM</i>	39
Quadro 4 - Aplicações do método <i>Fuzzy TOPSIS</i> na seleção do operador logístico	42
Quadro 5 - Informações relevantes da equipe de decisores	62
Quadro 6 - Informações relevantes dos <i>stakeholders</i> da empresa	63
Quadro 7 - Descrição dos critérios e subcritérios de seleção.....	66
Quadro 8 - Categorização de critérios de seleção	135
Quadro 9 - Critérios de seleção do operador logístico discutidos na literatura.....	139
Quadro 10 - Critérios de seleção utilizados por profissionais da área.....	151

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Escala de variáveis linguísticas <i>Fuzzy SWARA</i>	54
Tabela 2 - Pesos dos critérios do decisor <i>DM1</i>	72
Tabela 3 - Pesos dos critérios do decisor <i>DM2</i>	72
Tabela 4 - Pesos dos subcritérios do <i>C1</i> para o decisor <i>DM1</i>	73
Tabela 5 - Pesos dos subcritérios do <i>C1</i> para o decisor <i>DM2</i>	73
Tabela 6 - Pesos dos subcritérios do <i>C2</i> para o decisor <i>DM1</i>	73
Tabela 7 - Pesos dos subcritérios do <i>C2</i> para o decisor <i>DM2</i>	74
Tabela 8 - Pesos dos subcritérios do <i>C3</i> para o decisor <i>DM1</i>	74
Tabela 9 - Pesos dos subcritérios do <i>C3</i> para o decisor <i>DM2</i>	74
Tabela 10 - Pesos dos subcritérios do <i>C4</i> para o decisor <i>DM1</i>	75
Tabela 11 - Pesos dos subcritérios do <i>C4</i> para o decisor <i>DM2</i>	75
Tabela 12 - Pesos dos subcritérios do <i>C5</i> para o decisor <i>DM1</i>	75
Tabela 13 - Pesos dos subcritérios do <i>C5</i> para o decisor <i>DM2</i>	76
Tabela 14 - Pesos dos subcritérios do <i>C6</i> para o decisor <i>DM1</i>	76
Tabela 15 - Pesos dos subcritérios do <i>C6</i> para o decisor <i>DM2</i>	76
Tabela 16 - Pesos dos subcritérios do <i>C7</i> para o decisor <i>DM1</i>	77
Tabela 17 - Pesos dos subcritérios do <i>C7</i> para o decisor <i>DM2</i>	77
Tabela 18 - Pesos finais dos subcritérios pertencentes ao decisor <i>DM1</i>	78
Tabela 19 - Pesos finais dos subcritérios pertencentes ao decisor <i>DM2</i>	79
Tabela 20 - Pesos totais dos critérios e subcritérios pertencentes a equipe de decisores DMT	80
Tabela 21 - Escala de variáveis linguísticas <i>Fuzzy TOPSIS</i>	84
Tabela 22 - Matriz de decisão <i>fuzzy</i> do decisor <i>DM1</i>	85
Tabela 23 - Matriz de decisão <i>fuzzy</i> do decisor <i>DM2</i>	86
Tabela 24 - Matriz de decisão <i>fuzzy</i> com seus respectivos TFN do decisor <i>DM1</i>	87
Tabela 25 - Matriz de decisão <i>fuzzy</i> com seus respectivos TFN do decisor <i>DM2</i>	87
Tabela 26 - Matriz de decisão <i>fuzzy</i> agregada	88
Tabela 27 - Matriz de decisão <i>fuzzy</i> agregada normalizada	89
Tabela 28 - Matriz de decisão <i>fuzzy</i> agregada ponderada	91
Tabela 29 - Distância <i>FPIS</i> (d_i^+) de cada alternativa para a solução ideal	93
Tabela 30 - Distância <i>FNIS</i> (d_i^-) de cada alternativa para a solução anti-ideal	94
Tabela 31 - Coeficiente de proximidade (CC_i) de cada alternativa	94
Tabela 32 - Ranqueamento das alternativas	95

Tabela 33 - Variações e ajustes dos pesos do critério <i>C1</i> : Perfil.....	96
Tabela 34 - Variações e ajustes dos pesos do critério <i>C2</i> : Custo.....	96
Tabela 35 - Variações e ajustes dos pesos do critério <i>C3</i> : Relacionamento	97
Tabela 36 - Variações e ajustes dos pesos do critério <i>C4</i> : Desempenho operacional.....	97
Tabela 37 - Variações e ajustes dos pesos do critério <i>C5</i> : Qualidade de serviço	97
Tabela 38 - Variações e ajustes dos pesos do critério <i>C6</i> : Tecnologias da Informação	98
Tabela 39 - Variações e ajustes dos pesos do critério <i>C7</i> : Segurança e meio ambiente.....	98
Tabela 40 - Coeficiente de proximidade (<i>CCi</i>) das alternativas com variações dos pesos do <i>C1</i>	98
Tabela 41 - Coeficiente de proximidade (<i>CCi</i>) das alternativas com variações dos pesos do <i>C2</i>	99
Tabela 42 - Coeficiente de proximidade (<i>CCi</i>) das alternativas com variações dos pesos do <i>C3</i>	99
Tabela 43 - Coeficiente de proximidade (<i>CCi</i>) das alternativas com variações dos pesos do <i>C4</i>	99
Tabela 44 - Coeficiente de proximidade (<i>CCi</i>) das alternativas com variações dos pesos do <i>C5</i>	99
Tabela 45 - Coeficiente de proximidade (<i>CCi</i>) das alternativas com variações dos pesos do <i>C6</i>	100
Tabela 46 - Coeficiente de proximidade (<i>CCi</i>) das alternativas com variações dos pesos do <i>C7</i>	100

LISTA DE SIGLAS

3PL	Third-Party Logistics
LSP	Logistics Service Provider
LSU	Logistics Service User
SCM	Supply Chain Management
MCDM	Multi-Criteria Decision-Making
DM	Decision Maker
DMT	Decision-Making Team
TFN	Triangular Fuzzy Number
SWARA	Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis
AHP	Analytic Hierarchy Process
ANP	Analytic Network Process
ANN	Artificial Neural Network
ISM	Interpretive Structural Model
QFD	Quality Function Deployment
CBR	Case-Based Reasoning
RBR	Rule-Based Reasoning
MAUT	Multi Attribute Utility Theory
BWM	Best-Worst Method
PIS	Positive Ideal Solution
NIS	Negative Ideal Solution
FTL	Full Truck Load
LTL	Large Truck Load

LISTA DE ACRÔNIMOS

FUZZY	Fuzzy Sets Theory
IT2FSs	Interval Type-2 Fuzzy Sets
MHFLTS	Multi-Hesitant Fuzzy Linguistic Term Sets
VIKOR	Multi-criteria optimization and compromise solution
TOPSIS	Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution
HOQ	House of Quality
TODIM	Tomada de Decisão Interativa Multicritério
CRITIC	Criteria Importance Through Inter-criteria Correlation
DEMATEL	Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory
WASPAS	Weighted Aggregated Sum Product Assessment
MOORA	Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis)
COPRAS	Complex Proportional Assessment
ELECTRE	Elimination and Choice Expressing Reality
PROMETHEE	Preference Ranking Organisation MeTHod for Enrichment Evaluations
MACBETH	Measuring Attractiveness by a Categorical-Based Evaluation Technique
RFI	Request for Information
RFP	Request for Proposal

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 OBJETIVOS.....	22
1.1.1 Objetivo Geral.....	22
1.1.2 Objetivos Específicos	23
1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO	23
2 REVISÃO DE LITERATURA	26
2.1 GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS E LOGÍSTICA.....	26
2.1.1 Operador Logístico	28
2.1.2 Processo de Seleção do Operador Logístico	29
2.2 CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DO OPERADOR LOGÍSTICO.....	31
2.3 MÉTODOS DE DECISÃO MULTICRITÉRIO PARA SELEÇÃO DO OPERADOR LOGÍSTICO	32
2.3.1 Classificação de MCDM.....	33
2.3.1.1 Fuzzy set theory	35
2.3.1.2 Step-wise weight assessment ratio analysis (SWARA)	37
2.3.1.3 Fuzzy technique for order preference by similarity to ideal solution (Fuzzy TOPSIS)	40
2.4 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE E DASHBOARD DE RESULTADOS	45
2.4.1 Análise de Sensibilidade.....	46
2.4.2 Dashboard de Resultados	47
3 METODOLOGIA	48
3.1 CONSTRUÇÃO DA EQUIPE DE DECISORES E IDENTIFICAÇÃO DOS STAKEHOLDERS DA EMPRESA.....	49
3.2 DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE SELEÇÃO	50
3.3 IDENTIFICAÇÃO DOS OPERADORES LOGÍSTICOS POTENCIAIS	51
3.4 ESTRUTURAÇÃO DO PROBLEMA.....	52
3.5 DETERMINAÇÃO DOS PESOS DOS CRITÉRIOS E SUBCRITÉRIOS: FUZZY SWARA.....	53
3.6 SELEÇÃO DO OPERADOR LOGÍSTICO USANDO FUZZY TOPSIS	56
4 APLICAÇÃO DA PROPOSTA DO MODELO INTEGRADO FUZZY SWARA E FUZZY TOPSIS	59

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA E PROCESSO LOGÍSTICO	59
4.1.1 Caracterização do Processo de Seleção do Operador Logístico	61
4.2 DEFINIÇÃO DA EQUIPE DE DECISORES E STAKEHOLDERS	62
4.3 DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE SELEÇÃO	64
4.4 DETERMINAÇÃO DAS ALTERNATIVAS	68
4.5 ESTRUTURAÇÃO HIERÁRQUICA DO PROBLEMA	69
4.6 RESULTADOS DE APLICAÇÃO DO MÉTODO FUZZY SWARA	71
4.7 RESULTADOS DE APLICAÇÃO DO MÉTODO FUZZY TOPSIS	84
5 ANÁLISE E VALIDAÇÃO DE RESULTADOS	96
5.1 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE	96
5.2 DASHBOARD DE RESULTADOS	106
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	111
6.2 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS	112
REFERÊNCIAS	114
APÊNDICE A - Conhecimento do processo	130
APÊNDICE B - Categorização dos critérios de seleção	134
APÊNDICE C - Revisão sistemática de literatura	137
APÊNDICE D - Convocação de profissionais da área	148
APÊNDICE E - Apresentação e validação dos critérios e subcritérios	152
APÊNDICE F - Ordenação dos critérios e subcritérios	156
APÊNDICE G - Questionário online para a obtenção da importância dos critérios e subcritérios	159
APÊNDICE H - Avaliação dos operadores logísticos (alternativas)	164

1 INTRODUÇÃO

Na economia global, os mercados tendem a se tornar cada vez mais competitivos. As empresas para permanecerem competitivas no mercado global, precisam entregar uma resposta eficiente e de qualidade às demandas de diferentes segmentos do mercado (VASILIAUSKAS; JAKUBAUSKAS, 2007). Em réplica a esse ambiente competitivo, os padrões de negócios estão mudando, e muitas empresas estão terceirizando várias áreas de negócio (KANNAN et al, 2009).

Deste modo, a logística, que tem um papel importante na integração da cadeia de suprimentos, torna-se uma área significativa no negócio das empresas para melhorar o atendimento ao cliente e reduzir custos. A tendência mais recente é que as empresas terceirizam seus serviços de logística visando se concentrarem em seus negócios principais (YAN; CHAUDHRY; CHAUDHRY, 2003; GUARNIERI et al, 2015).

Um provedor de serviços de logístico (*Third-Party Logistics - 3PL* ou *Logistics Service Provider - LSP*) é uma empresa externa que executa atividades de logística, completas ou parciais, que foram gerenciadas convencionalmente pela cadeia de suprimentos do cliente (GUPTA; SACHDEVA; BHARDWAJ, 2012).

Os principais benefícios da utilização de um provedor de serviços de logística terceirizado (adiante denominado operador logístico) são que o usuário do serviço de logística (*Logistics Service User – LSU*) possa aumentar a eficiência e melhorar o serviço, reduzir o custo de transporte, reestruturar a cadeia de suprimento e estabelecer o desenvolvimento da legitimidade do mercado (BHATNAGAR; SOHAL; MILLEN, 1999).

Esse processo de melhoria contínua na logística fez com que os operadores logísticos especializassem seus serviços por meio da diferenciação, com o escopo de serviços abrangendo uma variedade de opções, desde serviços limitados às atividades extensas na cadeia de suprimento (LAI; NGAI; CHENG, 2004).

Recentemente, segundo Langley (2016), o uso de operadores logísticos além de contribuírem na redução geral de custos logísticos e melhoramento do atendimento ao cliente, 73% dos usuários do serviço de logística e 90% operadores logísticos dos entrevistados disseram que os operadores logísticos oferecem maneiras inovadoras de melhorar a eficiência logística.

Por exemplo, os serviços dos operadores logísticos utilizados pelas empresas de manufatura são: transporte *inbound* e *outbound*, armazenagem, manuseio de

material na fábrica, agenciamento de carga, descarte de sucata, gestão de frota, previsão de demanda, gestão de estoque, entrada e processamento de pedidos, desembaraço aduaneiro, rotulagem de produtos, embalagem, suporte pós-venda, aquisição, distribuição e canalização (HALDAR et al, 2017).

A importância destes serviços logísticos tem dominado continuamente a cadeia de suprimento global devido ao crescimento da indústria de operadores logísticos e sua expansão global (SINGH; SHARMA; GARG, 2010). De acordo com a avaliação de projeção de 2030 realizada em sete mercados emergentes (Brasil, Rússia, China, Índia, México, Turquia e África do Sul), os serviços logísticos exibiram as maiores taxas de crescimento no setor da indústria de operadores logísticos nos últimos anos e estão susceptíveis a continuar crescendo por causa da demanda interna de empresas de manufatura (RUSKE et al, 2010).

Conseqüentemente, devido a tendência crescente em direção aos serviços de logística, os usuários do serviço de logística (à frente nomeado empresa usuária) têm enfrentado uma necessidade inevitável de selecionar o melhor operador logístico (DATTA et al, 2013).

Assim, a seleção do melhor operador logístico na cadeia de suprimento tornou-se uma decisão estratégica fundamental para o aumento das competências das empresas usuárias que desejam reduzir investimentos de capital em instalações, equipamentos, tecnologias da informação e mão de obra, e bem como aumentar a flexibilidade na adaptação a mudanças no mercado, reduzir e melhorar a taxa de rotatividade de estoque, melhorar a entrega no prazo, reduzir custos de transporte utilizados como vantagens competitivas (MARASCO, 2008; CELIK; ERDOGAN; GUMUS, 2016; KESHAVARZ GHORABAE et al, 2017; BIANCHINI, 2018).

No entanto, a seleção para o melhor operador logístico é um processo de decisão crítica. Uma vez selecionado o operador logístico, não é viável alterar a decisão com frequência e a parceria pode permanecer por vários anos. Uma seleção inadequada pode custar muito à empresa usuária (GUPTA; SACHDEVA; BHARDWAJ, 2012).

Portanto, a seleção de um operador logístico precisa de um cuidadoso escrutínio e de visão de negócios pela empresa usuária. Selecionar o operador logístico pode ser desafiador, pois cada empresa usuária é única e, às vezes, um requerimento do negócio aparentemente insignificante pode fazer uma enorme diferença no desempenho eficiente do operador logístico (SAHU; DATTA;

MAHAPATRA, 2013; ALI; KAUR, 2018). Em outras palavras, essa tarefa de decisão torna-se mais complexa com o aumento no número de critérios de seleção (JHARKHARIA; SHANKAR, 2007).

Como mencionado acima, essa tarefa de decisão geralmente envolve diversos critérios de seleção. Portanto, os critérios de seleção devem ser apropriados ao seu nível de planejamento e critérios conflitantes, como baixo preço com alta qualidade, tecnologia mais avançada com altos custos de compra e tarifas excessivas. Além destes, outros critérios devem ser analisados adequadamente. Entretanto, durante a seleção do operador logístico, os critérios são geralmente avaliados subjetiva ou objetivamente por mais de um tomador de decisão com base em dados quantitativos ou qualitativos (CHAN; KUMAR, 2007; WANG, WANG; ZHANG, 2016).

Com base nessas características, onde a tarefa é encontrar a melhor alternativa de um conjunto de alternativas existentes e o envolvimento de vários critérios, o método *Multi-Criteria Decision-Making (MCDM)* torna-se uma abordagem útil para resolver esse tipo de problema (WANG; LEE, 2007; MARDANI et al, 2016). *MCDM* é uma das áreas da pesquisa operacional, e vários estudos que trabalham com o problema de seleção do operador logístico têm sido realizados na área de gestão da cadeia de suprimentos e logística (BEIKKHAKHIAN et al, 2015).

De acordo com Aguezzoul (2014), em uma das mais recentes revisões de literatura sobre seleção do operador logístico, trata que as técnicas de decisão multicritério podem ser divididas em cinco categorias: métodos *MCDM*, abordagens estatísticas, programação matemática, inteligência artificial e métodos integrados.

Os métodos *MCDM* usados podem incluir *Analytic Hierarchy Process (AHP)*, *Analytic Network Process (ANP)*, *Interpretive Structural Model (ISM)*, *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)*, *Multi-criteria optimization and compromise solution (VIKOR)*, *Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL)*, *Elimination and Choice Expressing Reality (ELECTRE)*, *Quality Function Deployment (QFD)*, *Fuzzy Sets Theory (Fuzzy)* and *utility theory*.

Esses métodos *MCDM* são usados durante diferentes estágios do processo de seleção do operador logístico tais como: desenvolvimento de critérios, identificação de operadores potenciais, obtenção de dados necessários e avaliação de operadores logísticos (BOTTANI; RIZZI, 2006).

Igualmente, os métodos *MCDM* tem sido aplicados de maneira individual ou integrada, por exemplo, Jharkharia e Shankar (2007) estruturam problemas

específicos relacionados à seleção do operador logístico enfrentados por usuários. Foi aplicado o *AHP* para capturar interdependências entre os critérios e para determinar a seleção final de um operador logístico.

Kannan, Pokharel e Kumar (2009) desenvolveram um modelo *MCDM* baseado em *ISM* e *Fuzzy TOPSIS* onde a relação entre os critérios foi identificada via *ISM*, os pesos de critérios e classificações das alternativas foram representados com variáveis linguísticas as quais são variáveis cujos valores são palavras ou termos em uma linguagem natural por ZADEH,1965)) usando *Fuzzy* e para a seleção do operador adequado na realização das atividades de logística reversa foi utilizado *TOPSIS*.

Em um modelo *MCDM* integrado construído por Büyüközkan, Feyzioğlu e Nebol (2008) para auxiliar as empresas de logística nas tomadas de decisões críticas durante o possível desenvolvimento de alianças estratégicas, o *Fuzzy AHP* foi usado para determinar pesos de critérios e *Fuzzy TOPSIS* foi utilizado para alcançar os resultados finais de classificação de operadores.

Bottani e Rizzi (2006) estabeleceram o método *Fuzzy TOPSIS* em uma perspectiva de processo comprador-vendedor. Este modelo usou *Fuzzy* para determinar os pesos e para avaliar os operadores logísticos versus cada critério e *TOPSIS* para selecionar o operador mais viável.

Um modelo integrado, que enfatiza o desempenho passado dos operadores, proposto por Efendigil, Önüt e Kongar (2008), o *DELPHI* foi usado para selecionar os critérios apropriados, e o *Fuzzy AHP* para incluir na estrutura da *Artificial Neural Network (ANN)*, efetuando os valores de entrada pela primeira vez, *AHP* e *ANN* para incorporar critérios quantitativos e qualitativos e selecionar o operador.

Liu e Wang (2009) desenvolveram um modelo para as várias necessidades logísticas da empresa e para lidar com situações de decisão incertas e imprecisas, aplicando *Fuzzy DELPHI* para identificar critérios de avaliação importantes, *Fuzzy* para eliminar operadores inadequados e *Fuzzy linear assignment* para a seleção final do operador.

Ho et al (2012) desenvolveram um modelo considerando o impacto dos objetivos e requisitos de negócios dos *stakeholders* onde o *Fuzzy AHP* foi utilizado para determinar as classificações de importância e ponderações de relacionamento em *HOQ (House of quality)* e *QFD* para traduzir os requisitos das partes interessadas da empresa em critérios de avaliação, que foram usados para avaliar os operadores.

Senthil, Srirangacharyulu e Ramesh (2014) aplicaram *AHP* para obter os pesos dos critérios iniciais e *Fuzzy TOPSIS* para classificar os operadores de logística reversa.

Işiklar, Alptekin e Büyüközkan (2007) sugeriram um modelo integrado baseado no *Case-Based reasoning (CBR)*, o *Rule-Based Reasoning (RBR)* e o *Fuzzy* para os clientes definirem suas preferências estratégicas no cenário do operador logístico. Wang, Wang e Zhang (2016) apresentaram *Multi-Hesitant Fuzzy Linguistic Term Sets (MHFLTS)* e escalas para obter o grau de possibilidade de dois números reais devido a limitações de informação, cognição e tempo dos tomadores de decisão e em seguida aplicaram *TODIM (Tomada de Decisão Interativa Multicritério)* para a seleção e avaliação do operador.

Göl e Çatay (2007) utilizaram o *AHP* para lidar com os critérios racional e intuitivo para selecionar o operador logístico. Beikkhakhian et al (2015) propuseram um modelo integrado usando o *ISM* para nivelar os critérios de avaliação dos operadores logísticos potenciais, o *AHP* para ponderar os critérios e o *Fuzzy TOPSIS* para classificar os operadores.

Keshavarz Ghorabae et al (2017) utilizaram *Interval Type-2 Fuzzy Sets (IT2FSs)* para fazer com que os tomadores de decisão expressassem suas preferências, *Criteria Importance Through Inter-criteria Correlation (CRITIC)* para determinar os pesos objetivos dos critérios na matriz de decisão e combiná-los com os pesos subjetivos expressos pelos tomadores de decisão, e para avaliar os operadores finais usaram *Weighted Aggregated Sum Product Assessment (WASPAS)*.

Yazdani et al (2017) desenvolveram um *Fuzzy QFD* e um *Fuzzy TOPSIS* considerando as atitudes dos clientes e as preferências dos *stakeholders*. O *Fuzzy QFD* foi utilizado para ponderar os critérios de decisão e o *Fuzzy TOPSIS* para gerar o ranking de operadores logísticos. Finalmente, Bianchini (2018) empregou o *AHP* para calcular os pesos dos critérios e o *TOPSIS* para determinar os resultados finais do ranking dos operadores.

Como pode ser observado, existe evidência que a maioria dos métodos *MCDM* individuais e integrados usam *Fuzzy Sets Theory* durante diferentes estágios do processo de seleção do operador logístico (BÜYÜKÖZKAN; FEYZIOĞLU; NEBOL, 2008; EFENDIGIL; ÖNÜT; KONGAR, 2008; SENTHIL; SRIRANGACHARYULU; RAMESH, 2014; WANG; WANG; ZHANG, 2016; BEIKKHAKHIAN et al, 2015; KESHAVARZ GHORABAE et al, 2017; YAZDANI et al, 2017). Já que, na prática, o

modelo de preferência humana é incerto e vago, e os tomadores de decisão podem relutar ou não atribuir números *crisp*¹ aos julgamentos de comparação (CHAN e KUMAR, 2007).

Enquanto em alguns métodos *MCDM* os números *crisp* são frequentemente disponíveis e precisos para critérios objetivos como o custo (HO et al, 2012; BIANCHINI, 2018), variáveis linguísticas² associadas a números *fuzzy*³ são geralmente usadas para representar critérios subjetivos, como qualidade e reputação (KANNAN; POKHAREL; KUMAR, 2009; BOTTANI; RIZZI, 2006; LIU; WANG, 2009).

Embora esses métodos do *MCDM* possam lidar com critérios objetivos e subjetivos no processo de seleção do operador logístico, eles não levam em consideração o impacto das prioridades em relação às políticas das empresas na avaliação dos critérios de seleção. Como por exemplo, o estabelecimento das prioridades da política da empresa no processo de seleção de operadores logísticos ajudam o prestador a implementar serviços de logística de referência na cadeia de suprimento da empresa usuária (LI et al, 2018; DAPIRAN et al, 1996; BHATNAGAR, SOHAL; MILLEN, 1999; POWER; SHARAFALI; BHAKOO, 2007).

Nos métodos do *MCDM*, como *AHP* ou *ANP*, que são baseados em avaliação de critérios, as prioridades dos critérios são afetadas pelas avaliações dos decisores (KOUCHAKSARAEI; ZOLFANI; GOLABCHI, 2015; ZOLFANI et al, 2015; HASHEMKHANI ZOLFANI; MAKNOON; ZAVADSKAS, 2015). Deste modo, o *Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis (SWARA)* desenvolvido por Keršulienė, Zavadskas e Turskis (2010) é um método útil sempre que as prioridades existem, mas o peso de cada critério é crucial (GHORSHI NEZHAD et al, 2015).

O *SWARA* é um método que ajuda tomadores de decisão e gerentes a priorizar critérios considerando as políticas da empresa de uma cadeia de suprimentos específica. A vantagem de usar este método é que ele pode avaliar a opinião dos especialistas e a importância relativa de cada critério (KERŠULIENE; ZAVADSKAS; TURSKIS, 2010).

¹ Valor numérico exato de acordo com a terminologia *fuzzy logic*.

² Variáveis cujos valores são palavras ou termos em uma linguagem natural. Por exemplo, a "velocidade" é uma variável linguística, que pode receber os valores como "baixa", "média", "alta" entre outros.

³ Valor numérico exato no sentido de que não se refere a um único valor, mas sim a um conjunto de valores possíveis, em que cada valor possível tem seu próprio peso no intervalo [0,1] (ZADEH, 1965).

De acordo com esse método, a importância de cada critério é determinada com base na informação, experiência e conhecimento implícito dos especialistas (ZOLFANI; BANIHASHEMI, 2014; HASHEMKHANI ZOLFANI; BAHRAMI, 2014). Portanto, o decisor deve expressar a sua opinião utilizando variáveis linguísticas baseadas em números triangulares *fuzzy* para estimar a importância de cada critério em números *crisp* (CHAN; KUMAR, 2007).

Com base nessa análise, um método *SWARA* associado a *Fuzzy* foi proposto para determinar os pesos de cada critério em relação à prioridade das políticas da empresa. O método *Fuzzy SWARA* foi aplicado com sucesso para ponderar os critérios e integrado ao *Fuzzy MOORA (Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis)* e *Fuzzy COPRAS (Complex proportional assessment of alternatives)* para selecionar o operador de logística reversa (MAVI; GOH; ZARBAKHSHNIA, 2017; ZARBAKHSHNIA; SOLEIMANI; GHADERI, 2018).

Entretanto, neste trabalho de pesquisa, propõe-se incorporar o método *Fuzzy TOPSIS* no *Fuzzy SWARA* para avaliar operadores logísticos potenciais. O *Fuzzy TOPSIS* é recomendado por ser insensível ao número de alternativas e ao número de critérios. Este método tem sido usado em estudos relevantes para problemas de classificação (SINGH; GUNASEKARAN; KUMAR, 2018; YAZDANI, et al, 2017; CELIK; ERDOGAN; GUMUS, 2016). Portanto, a integração desses dois métodos permitirá que as empresas usuárias lidem com o problema de selecionar o operador logístico quando os critérios são priorizados em relação às políticas da empresa.

1.1 OBJETIVOS

Este trabalho de pesquisa visa alcançar os seguintes objetivos:

1.1.1 Objetivo Geral

Propor um modelo multicritério de apoio à decisão para selecionar o melhor operador logístico, considerando as prioridades da política de uma empresa manufatureira.

1.1.2 Objetivos Específicos

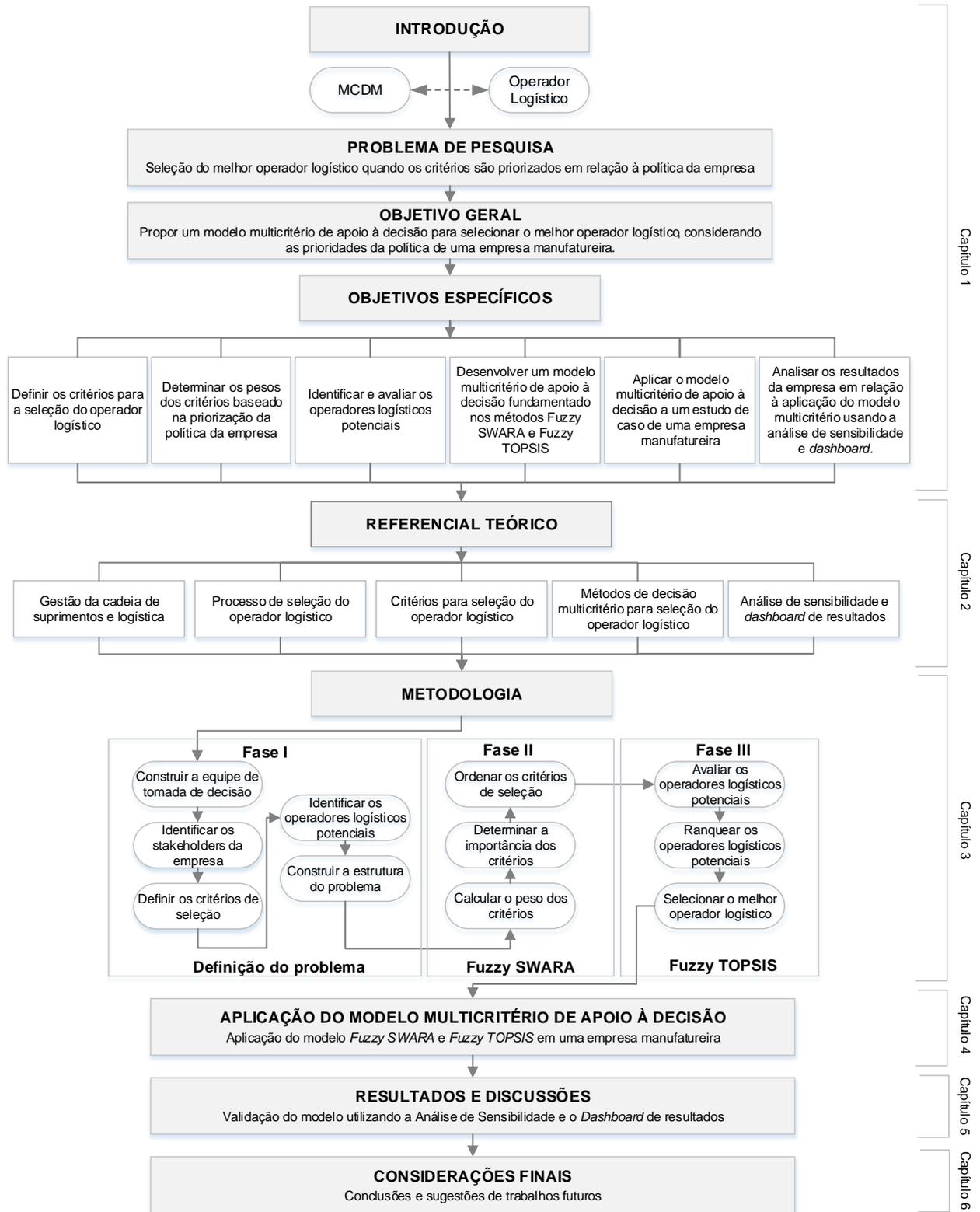
- a) Definir os critérios para a seleção do operador logístico.
- b) Determinar os pesos dos critérios baseado na priorização da política da empresa.
- c) Identificar e avaliar os operadores logísticos potenciais
- d) Desenvolver um modelo multicritério de apoio à decisão fundamentado nos métodos *Fuzzy SWARA* e *Fuzzy TOPSIS*.
- e) Aplicar o modelo multicritério de apoio à decisão a um estudo de caso de uma empresa manufatureira.
- f) Analisar os resultados da empresa em relação à aplicação do modelo multicritério usando a análise de sensibilidade e *dashboard*.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura do trabalho é composto por seis capítulos como pode ser visualizada graficamente na Figura 1.

No primeiro capítulo são apresentados a introdução, a justificativa e o problema da pesquisa, e, em seguida, os objetivos geral e específicos a serem alcançados. No segundo capítulo, tem-se a revisão de literatura, com os principais conceitos, definições e abordagens utilizados para o desenvolvimento do modelo integrado proposto.

Figura 1 - Estrutura do trabalho



Fonte: Autoria própria (2019)

No terceiro capítulo encontra-se a metodologia com o passo a passo do modelo integrado. No quarto capítulo a aplicação do modelo em uma empresa manufatureira. No quinto capítulo os resultados e discussões da aplicação do modelo e por fim no sexto capítulo as considerações finais do trabalho.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo, apresenta-se a revisão da literatura voltada a seleção do operador logístico. Incluem-se alguns conceitos teóricos e definições como: *Supply Chain* e Logística, operador logístico, processo de seleção do operador logístico, critérios para seleção, métodos *MCDM* para seleção do operador logístico e aplicações dos métodos *SWARA* e *TOPSIS* associados com *Fuzzy set theory*.

2.1 GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS E LOGÍSTICA

Desde o início do século XXI, as empresas vêm enfrentando uma concorrência crescente, combinada com mudanças drásticas no mercado global, refletidas na redução do ciclo de vida dos produtos, aumento da volatilidade do mercado, demanda imprevisível e fornecimento instável (WANG; CRUZ, 2018).

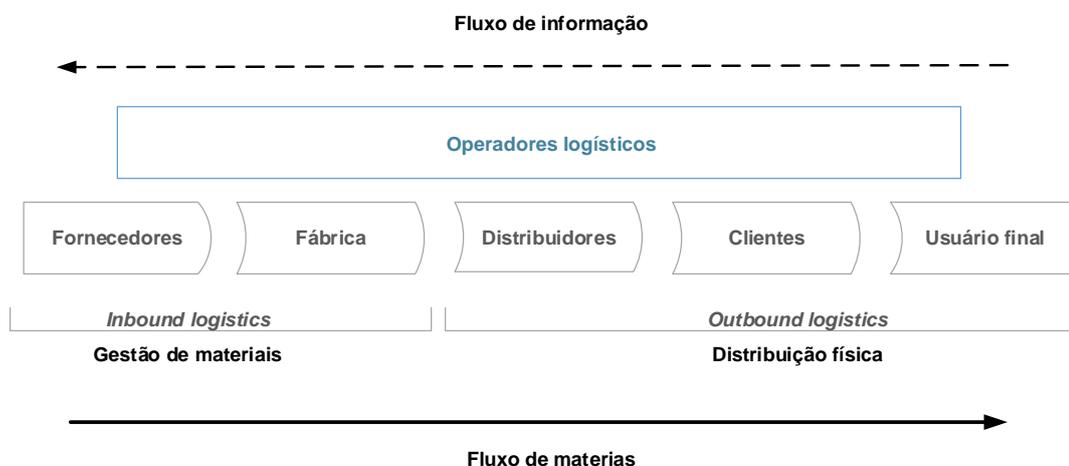
As necessidades dos clientes e o crescimento de suas expectativas são a base para a turbulenta formação do ambiente de mercado (GELASHVILI; HUXEL, 2014). Os desejos dos clientes aumentam e para as empresas a área chave é tornar o produto disponível no menor tempo possível e mais barato, sem danos ou perdas (GUPTA; SACHDEVA; BHARDWAJ, 2012).

Em outras palavras, as empresas devem melhorar continuamente a eficiência de sua cadeia de suprimentos de modo a permanecerem competitivas e responderem às mudanças do mercado rapidamente (SHEN; CHOU, 2010).

A cadeia de suprimento é referida como um sistema integrado que sincroniza uma série de processos de negócios inter-relacionados tais como: fornecedores de materiais, instalações de produção, serviços de distribuição, clientes e operadores logísticos, cujo objetivo principal é aumentar a eficiência operacional, a rentabilidade e a posição competitiva da empresa e de seus parceiros da cadeia de suprimentos (MIN; ZHOU, 2002; GELASHVILI; HUXEL, 2014).

Uma cadeia de suprimentos é caracterizada pelo fluxo direto de materiais e fluxo inverso de informações, como mostrado na Figura 2.

Figura 2 - Cadeia de suprimentos



Fonte: Adaptado de Min e Zhou (2002) e Mentzer (2001)

Normalmente, a cadeia de suprimentos é composta de dois processos de negócios principais: *Inbound logistics* que se refere a gestão de materiais que está relacionada às atividades logísticas como a aquisição e armazenamento de matérias-primas, peças e suprimentos e *Outbound logistics* que é a distribuição física que engloba todas as atividades logísticas relacionadas com atendimento ao cliente (MIN e ZHOU, 2002).

Enquanto a gestão da cadeia de suprimentos (*Supply Chain Management - SCM*) é o gerenciamento dos processos de negócios que facilitam o cumprimento de um pedido do cliente para um bem fabricado, e assim atingir clientes satisfeitos a um custo razoável (WANG e CRUZ, 2018). A cadeia de suprimentos é vista como cadeia de valor que exige colaborações com diferentes áreas da empresa, bem como fortes parcerias com organizações externas (DWAYNE WHITTEN, GREEN JR e ZELBST, 2012).

A colaboração da cadeia de suprimentos e logística é uma estratégia que abrange os processos de negócios dentro da empresa (GIUNIPERO e BRAND, 1996). A inclusão da logística na estratégia do desempenho da empresa, tem influenciado na satisfação do cliente de maneira positiva (TRACEY, 2006). Uma decisão estratégica característica dessa colaboração é a contratação de um operador logístico (LARSON e HALLDORSSON, 2004).

Sendo que, os serviços logísticos terceirizados prestados pelo operador desempenham um papel importante no cumprimento dos objetivos estratégicos da empresa (QURESHI, KUMAR e KUMAR, 2008).

2.1.1 Operador Logístico

No ambiente de mercado competitivo, uma empresa deve ser igualmente competitiva, trabalhando em estreita cooperação com seus parceiros. O operador logístico tem sido amplamente promovido na cadeia de suprimentos pelo fenômeno da terceirização ou *outsourcing*, uma vez que as empresas confiam cada vez mais por vários benefícios que ele oferece, como aumento de produtividade, melhoria na qualidade do serviço prestado aos clientes, redução de custos: administrativo, trabalhista, imobiliário e diminuição de instalações e equipamentos (AGUEZZOUL, 2014; ALI e KAUR, 2018).

O *3PL*, *LSU*, *outsourcing logistics*, ou operador logístico é uma empresa externa especializada que presta às empresas, algumas ou todas as atividades de logística de sua cadeia de suprimentos (ECER, 2018). Datta et al (2013) descreveram quatro categorias de operadores logísticos:

- 1) O operador logístico padrão: executa atividades logísticas básicas, como embalagem, armazenagem e distribuição.
- 2) O desenvolvedor de serviços: oferece serviços de valor agregado, como rastreamento de pacotes, *cross-docking*, embalagem específica ou aprimorada, sistema de segurança e envio.
- 3) O adaptador do cliente: ajuste-se com as operações logísticas do cliente e trabalha como parte da equipe principal.
- 4) O desenvolvedor do cliente: tem controle total sobre as atividades logísticas do cliente, possui funções de *redesign-logistic* com seu próprio estilo de trabalho e adequação dos processos e oferece soluções logísticas inovadoras.

A maioria dos operadores logísticos especializam seus serviços com um escopo de serviços que englobam uma variedade de opções, desde serviços limitados às atividades que abrangem a cadeia de suprimentos (AGUEZZOUL e PIRES, 2016).

Conforme Alkhatib, Darlington e Nguyen (2015), uma visão geral dos serviços e atividades logísticas prestadas pelo operador logístico são ilustrados no Quadro 1.

Quadro 1 - Serviços e atividades logísticas do operador logístico

Serviços	Atividades logísticas
Transporte	<i>Inbound logistics</i> – transporte de entrada <i>Outbound logistics</i> – transporte de saída
Estoque e armazenagem	Atividades de fluxo de entrada Atividades de fluxo de saída
Postergação	Montagem Embalagem Etiquetagem
Atendimento ao cliente	Pagamento de frete e auditoria Gerenciamento de pedidos <i>Help desk</i> Seleção de transportadora
Serviços de <i>e-logistics</i>	Visibilidade global e rastreamento Compartilhamento de informações em tempo real e tomada de decisões Treinamento em e-logística e educação
Segurança e proteção	Avaliação de risco Segurança de expedição e equipamentos Segurança das pessoas

Fonte: Adaptado de Alkhatib, Darlington e Nguyen (2015)

As atividades logísticas são executadas de forma eficaz e eficiente quando as empresas terceirizam suas funções e contratam os serviços do operador logístico (YAYLA, 2015). Desta maneira, a seleção de um operador logístico torna-se importante para ajudar às empresas a atingir seus objetivos estratégicos (QURESHI, KUMAR e KUMAR, 2008).

2.1.2 Processo de Seleção do Operador Logístico

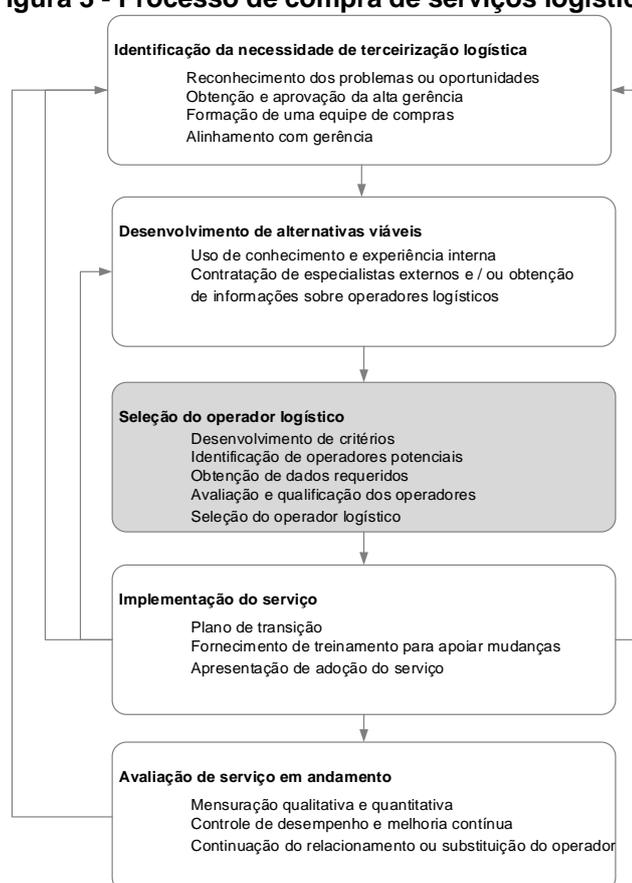
A avaliação e seleção do operador logístico é um processo muito importante. Ao selecionar o operador correto, os serviços de logística e a cadeia de suprimentos dos fornecedores e clientes podem ser significativamente melhorados (ALKHATIB, DARLINGTON e NGUYEN 2015).

As empresas precisam selecionar operadores que tenham objetivos compatíveis, habilidades apropriadas, motivação efetiva e orientações estratégicas complementares. Isso ocorre porque os gerentes precisam encontrar maneiras de desenvolver negócios em que todos ganhem (ambos os parceiros se beneficiam) para que essas alianças sejam bem-sucedidas (BÜYÜKÖZKAN; FEYZIOĞLU e NEBOL, 2008).

Quando há uma aliança entre um operador logístico e uma empresa usuária, o papel da empresa é ser o cliente que adquire o serviço de logística, enquanto o operador logístico é o prestador de serviços que atua como intermediário sem tomar posse dos produtos, mas para o qual as atividades logísticas são terceirizadas (HWANG, CHEN e LIN, 2016).

Segundo Bottani e Rizzi (2006), para o estabelecimento de uma aliança a longo prazo entre o operador logístico e a empresa usuária, devem ser seguidos as cinco etapas do processo de compra de serviços de logística como é mostrado na Figura 3.

Figura 3 - Processo de compra de serviços logísticos



Fonte: Adaptado de Bottani e Rizzi (2006)

De maneira geral as etapas do processo de compra de serviços do operador logístico podem ter alguma sobreposição ou, ao mesmo tempo alguma iteração quando for necessária.

A terceira etapa, a seleção do operador logístico, é talvez o passo mais importante na criação de uma aliança de sucesso. Se precipitar na relação empresa usuária-operador logístico sem a preparação adequada ou a compreensão das necessidades dos parceiros muitas vezes leva ao fracasso dos relacionamentos (GUPTA, SACHDEVA e BHARDWAJ, 2011).

Portanto, a etapa da seleção do operador logístico exige uma avaliação detalhada em relação à possibilidade do prestador de serviços atender a necessidade e expectativa da empresa usuária, assim como uma estrutura para desenvolver critérios para avaliar os operadores logísticos potenciais (QURESHI, KUMAR e KUMAR, 2008).

2.2 CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DO OPERADOR LOGÍSTICO

Um dos principais desafios na cadeia de suprimentos das empresas é selecionar operadores logísticos apropriados baseados em critérios subjetivos e objetivos, que muitas vezes são conflitantes (MEHRI, ROGHANIAN e KHODADADZADEH, 2013; RATTANAWIBOONSOM, 2014).

Os critérios de seleção não podem ser os mesmos para todas as empresas, uma vez que as empresas usuárias têm objetivos diferentes à respeito da terceirização dos serviços logísticos. A importância dos critérios de seleção pode variar de empresa para empresa e de serviço para serviço (KUMAR e SINGH, 2012).

A análise de tais critérios para selecionar o melhor operador logístico tem sido foco em vários estudos. Com base nas revisões de literatura mais recentes, Alkhatib, Darlington e Nguyen, (2015) resumiram que os critérios mais utilizados são custo / preço, qualidade, flexibilidade e serviços.

Aguezoul (2014) identificou 11 critérios principais como: custo, relacionamento, serviços, qualidade, sistema de informação e equipamentos, flexibilidade, entrega, profissionalismo, posição financeira, localização e reputação.

Qureshi, Kumar e Kumar (2008) classificaram os critérios em qualidade de serviço, tamanho e qualidade de ativos fixos, qualidade de gestão, capacidade de tecnologia da informação, desempenho de entrega, compartilhamento de informações e confiança, desempenho operacional, compatibilidade, estabilidade financeira, distribuição geográfica e variedade de serviços, relacionamento de longo prazo, reputação, custo ótimo, capacidade de abastecimento e flexibilidade na operação e entrega.

Selviaridis e Spring (2007) argumentaram que os critérios típicos incluem, custo, qualidade e confiabilidade do serviço, flexibilidade, capacidade de resposta a solicitações e estabilidade financeira.

Como mostrado por esses estudos discutidos acima, a seleção do operador logístico é uma decisão multi-objetiva porque requer a consideração de vários critérios. Por conseguinte, a decisão da seleção do melhor operador logístico é mais complexa com o aumento no número de critérios de seleção (MEADE e SARKIS, 2002).

No entanto, quando vários critérios são considerados em problemas de tomada de decisão, eles são chamados de problemas de tomada de decisão multicritério (BEIKKHAKHIAN et al, 2015). Diante disso, diferentes métodos *MCDM* podem ser adotados considerando os diversos critérios para seleção do melhor operador logístico.

2.3 MÉTODOS DE DECISÃO MULTICRITÉRIO PARA SELEÇÃO DO OPERADOR LOGÍSTICO

Os métodos de decisão multicritério (*Multi-criteria decision making - MCDM*) são métodos que possibilitam tratar a avaliação de múltiplas opções frente a vários critérios de decisão para selecionar, ordenar, classificar ou descrever um conjunto de alternativas em processos decisórios complexos (HUANG, KEISLER e LINKOV, 2011).

De acordo com Triantaphyllou (2000), todos os *MCDM* seguem três etapas: estabelecer os critérios e as alternativas do problema, quantificar a importância dos critérios e dos critérios sobre as alternativas e, processar os valores de cada alternativa para classificação.

Os métodos multicritérios são divididos em duas escolas de pensamento, a Americana e a Francesa. Os métodos baseados na escola de pensamento Americana, conhecidos a partir da Teoria da Utilidade Multiatributo, são de natureza compensatória, enquanto os métodos embasados na escola Francesa, nomeados como métodos de *outranking*, são de natureza não-compensatória (ZAVADSKAS e TURSKIS, 2011).

Quanto aos métodos compensatórios, um valor negativo em um atributo pode ser compensado por um valor igual ou maior em outro atributo. Por exemplo, aluguel alto (atributo negativo) para um apartamento pode ser compensado pela melhor localização (atributo positivo) daquele apartamento.

No entanto, os métodos não-compensatórios utilizam atalhos ou simplificam o processo compensatório através da aplicação de heurísticas para avaliar rapidamente as alternativas com o mínimo de esforço e podem permitir decisões mais rápidas com perdas de precisão aceitáveis (LEE e ANDERSON, 2009).

2.3.1 Classificação de *MCDM*

Pode-se classificar os *MCDM* de diversas formas, pois, existem muitos métodos desenvolvidos para o tratamento de problemas que englobam múltiplos critérios.

Segundo Mulliner, Malys e Maliene (2016), pode-se considerar os *MCDM*, de acordo com a sua natureza, como:

- Compensatório: possibilitam permutações evidentes entre os critérios;
- Não-compensatório: tratam as alternativas em comparação com critérios individuais.

Roy (1996), propôs uma classificação dos *MCDM* de acordo com sua abordagem, dividindo-os em:

- Critério único de síntese: utiliza da agregação de diferentes parâmetros compensatórios sob diferentes avaliações em uma única função de síntese, como *MAUT*, *SMART*, *MACBETH*, *AHP*, *BWM* e *TOPSIS*.
- Sobreclassificação ou *outranking*: opera a partir de comparações em pares para definições de preferências e superações entre as alternativas frente as características analisadas de natureza não-compensatória, como *ELECTRE* e *PROMETHEE*.
- Interativos: ferramentas computacionais usadas para buscar a solução de problemas discretos ou contínuos, como a Programação Linear Multiobjetivo, *TRIMAP* e *STEM*.

Aguezzoul (2014) classificou as diferentes técnicas de decisão multicritério utilizadas para a seleção do operador logístico em cinco categorias: métodos de *MCDM*, abordagens estatísticas, inteligência artificial e programação matemática. Cada uma dessas categorias consiste em diferentes métodos, mostrados no Quadro 2.

Quadro 2 - Classificação das operador logístico

Categoria	Métodos
Métodos <i>MCDM</i>	<i>FST</i> <i>ANP</i> <i>TOPSIS</i> <i>ISM</i> <i>VIKOR</i> <i>DEMATEL</i> <i>QFD</i> <i>ELECTRE</i> <i>Utility theory</i>
Abordagens estatísticos	<i>Correlation method</i> <i>Cluster analysis</i> <i>Binary logic</i> <i>MNL</i>
Programação matemática	<i>Linear/Non-Linear programming (LP/NLP)</i> <i>Multi-Objective programming (MOP)</i> <i>Data Envelopment Analysis (DEA)</i> <i>Mixed Integer Programming (MIP)</i> <i>Dynamic Programming (DP)</i> <i>Total Cost of Ownership (TCO)</i>
Inteligência artificial	<i>Case-Based Reasoning/Rule-Based Reasoning (CBR/ RBR)</i> <i>Data mining</i> <i>Artificial Neural Network (ANN)</i> <i>Delphi method</i> <i>Interference method</i>

Fonte: Adaptado de Aguezzoul (2014)

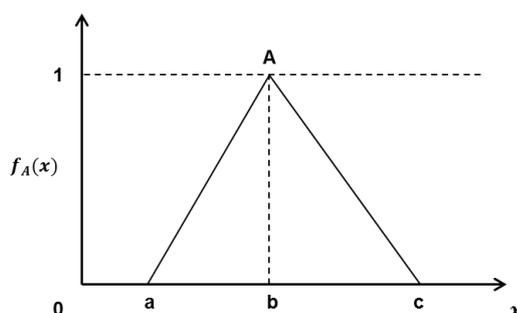
2.3.1.1 Fuzzy set theory

No processo de decisão, os tomadores de decisão precisam interagir com uma variedade de informações incertas, vagas de percepções as quais apresentam experiências subjetivas (ZHANG e LI, 2015). O que dificulta para estes estabelecer valores numéricos exatos para representar a sua opinião (LI, NIE e CHEN, 2007). Em problemas reais, os valores numéricos exatos são inadequados para modelar o julgamento humano, pois os dados não são exatos ou disponíveis, a natureza dos dados é incerta, imprecisa e vaga, necessitando desta forma de abordagem com variáveis linguísticas para representar a realidade (CHEN, LIN e HUANG, 2006; OLFAT, GOVINDAN e KHODAVERDI, 2013; SAREMI, MOUSAVI e SANAYEI, 2009).

A fim de modelar esses problemas de imprecisão e incerteza no processo de tomada de decisão, pode-se usar *Fuzzy Sets Theory* introduzida por Zadeh (1965) utilizando as variáveis linguísticas por trás dos números *fuzzy* para expressar em termos quantitativos (BOTTANI e RIZZI, 2006; ZHANG e LI, 2015). A expressão de um número *fuzzy* é possivelmente diferente de acordo com a situação aplicada (ERTUĞRUL e KARAKAŞOĞLU, 2008).

Por tanto, as variáveis linguísticas a serem utilizadas para a representação da opinião dos decisores devem estabelecer a estrutura *fuzzy* adequada para tratar o problema decisório (LI, NIE e CHEN, 2007). Uma das abordagens para o tratamento das incertezas são os números triangulares *fuzzy*, estabelecido como (a, b, c) , sendo que $a \leq b \leq c$, onde a é o valor do limite mínimo, b é o valor médio e c é o valor do limite máximo, conforme à função de associação triangular mostrada na Figura 4 (KANNAN, JABBOUR e JABBOUR, 2014).

Figura 4 - Função de associação triangular



Fonte: Adaptado de Kannan, Jabbour e Jabbour (2014)

A teoria *Fuzzy* possui muitas definições, como as estabelecidas por Zadeh (1965):

Definição 1: *Fuzzy Set* – Considerando X como universo de discurso, um conjunto *fuzzy* \tilde{A} é dado pela função de associação $\mu_{\tilde{A}}(x)$ que relaciona os elementos x em X , com um valor no intervalo $[0,1]$.

Definição 2: Número *Fuzzy* – é um número com medida imprecisa, tratado como função de domínio $[0,1]$.

Um número *fuzzy* triangular \tilde{A} pode ser descrito por $\tilde{A}(a, b, c)$, com função de associação:

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a < x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b < x \leq c \\ 0, & x > c \end{cases}$$

Definição 3: Sendo $\tilde{A}_1(a_1, b_1, c_1)$ e $\tilde{A}_2(a_2, b_2, c_2)$ números triangulares *fuzzy*, então:

$$(a) \tilde{A}_1 \oplus \tilde{A}_2 = [a_1 + a_2, b_1 + b_2, c_1 + c_2]$$

$$(b) \tilde{A}_1 \ominus \tilde{A}_2 = [a_1 - c_2, b_1 - b_2, c_1 - a_2]$$

$$(c) \tilde{A}_1 \otimes \tilde{A}_2 \cong [a_1 * a_2, b_1 * b_2, c_1 * c_2]$$

$$(d) \tilde{A}_1 \oslash \tilde{A}_2 \cong [a_1/c_2, b_1/b_2, c_1/a_2]$$

$$(e) k\tilde{A} = [ka, kb, kc], k \in \mathbb{R}$$

$$(f) -\tilde{A} = (-c, -b, -a)$$

$$(g) \frac{1}{\tilde{A}} = \left(\frac{1}{c}, \frac{1}{b}, \frac{1}{a}\right)$$

Definição 4: Considerando \tilde{A}_1 e \tilde{A}_2 , calcula-se a distância entre os dois números triangulares *fuzzy* através da equação da distância Euclidiana:

$$d(\tilde{A}_1, \tilde{A}_2) = \sqrt{\frac{1}{3}[(a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2 + (c_1 - c_2)^2]} \quad (1)$$

A distância entre dois números *Fuzzy* é um número *crisp*.

2.3.1.2 *Step-wise weight assessment ratio analysis (SWARA)*

Existem vários métodos de avaliar e determinar pesos de critérios, isto é, objetivos (Entropia - métodos matemáticos baseados na análise dos dados iniciais), subjetivos (*AHP* - métodos de julgamento de especialistas baseados no questionamento de especialistas) e métodos integrados que são combinação de vários métodos (ZOLFANI, ZAVADSKAS e TURSKIS, 2013; HASAN AGHDAIE, HASHEMKHANI ZOLFANI e ZAVADSKAS, 2013; KERŠULIENĖ e TURSKIS, 2011).

No entanto, uma das tarefas essenciais na modelagem do *MCDM* é explorar métodos novos e lógicos para avaliar e ponderar os critérios de decisão (YAZDANI, HASHEMKHANI ZOLFANI, ZAVADSKAS, 2016). O método *SWARA* (*Stepwise Ratio Weight Assessment Ratio Analysis*) desenvolvido por Keršulienė, Zavadskas e Turskis (2010) é um dos métodos mais recentes de avaliação e ponderação para critérios de decisão, cuja característica principal é a capacidade de estimar opinião de especialistas ou grupos de interesse sobre a importância relativa dos critérios no processo de determinação de seus pesos.

De acordo com este método, cada especialista pode determinar a importância de cada critério e classificar todos os critérios do primeiro ao último. Com base na informação, experiência e conhecimento implícito dos especialistas, o critério mais significativo é dado ao primeiro posto como o melhor, e o critério mais trivial é dado ao último posto.

As classificações gerais dos especialistas são determinadas de acordo com o valor médio das classificações (ZOLFANI e BANIHASHEM, 2014; HASHEMKHANI ZOLFANI e BAHRAMI, 2014). O método *SWARA* atua de maneira diferente de outros métodos para determinar os critérios de pesos, tais como: métodos *AHP* (SAATY, 1980), *ANP* (SAATY, 2001), *FARE* (GINEVIČIUS, 2011) e *BWM* (REZAEI, 2015) (JAMALI et al, 2017).

Esses métodos são baseados em procedimentos de comparação de pares e os valores de consistência devem ser calculados, o que permite uma fácil identificação do respondente inadequado, ou seja, um questionário pouco útil (STANUJKIC, KARABASEVIC e ZAVADSKAS, 2015).

O método *SWARA*, diferentemente desses métodos, não utiliza tal procedimento ou similar. No entanto, o número de comparações necessárias é significativamente menor, o que é mais benéfico para coletar e organizar dados de especialistas. Portanto, os especialistas podem facilmente trabalhar juntos com base em sua simplicidade (ZOLFANI e ZAVADSKAS, 2013; STANUJKIC, KARABASEVIC e ZAVADSKAS, 2015; HASAN AGHDAIE, HASHEMKHANI ZOLFANI e ZAVADSKAS, 2013).

Uma outra diferença do método *SWARA* está relacionada ao uso de escalas predefinidas para expressar preferências. No caso do método *AHP*, comumente é utilizada a escala de nove pontos proposta por Saaty (1980). Em contraste, no método *SWARA*, os especialistas têm maior liberdade para expressar sua opinião (STANUJKIC, KARABASEVIC e ZAVADSKAS, 2015).

Mais uma outra diferença importante do método *SWARA* é que não há necessidade de avaliar e classificar os critérios, uma vez que as prioridades dos problemas são definidas com relação às políticas das empresas ou dos países (ZOLFANI et al, 2013). Em métodos como *AHP* ou *ANP*, cujo modelo é baseado em avaliação de critérios, as prioridades serão afetadas pelas avaliações dos especialistas (KOUCHAKSARAEI; ZOLFANI; GOLABCHI, 2015; ZOLFANI et al, 2015; HASHEMKHANI ZOLFANI; MAKNOON; ZAVADSKA, 2015).

Portanto, o método *SWARA* pode ser útil sempre que as prioridades existam, mas o peso de cada critério seja importante (GHORSHI NEZHAD et al, 2015). É também um método prático e recomendado para ser aplicado no processo de tomada de decisão (ZOLFANI; SAPARAUSKAS, 2013). Alguns processos de tomada de decisão o qual o método *SWARA* há sido desenvolvido e aplicado são em modelos individuais e integrados do *MCDM*.

Em modelos individuais o método *SWARA* têm sido aplicado na seleção de vagões ferroviários de transporte interno (ZAVADSKAS et al, 2018); priorização de design de produto (ZOLFANI; ZAVADSKAS; TURSKIS, 2013); seleção de *design* de embalagem (STANUJKIC; KARABASEVIC; ZAVADSKAS, 2015); priorização de indicadores de avaliação de sustentabilidade do sistema energético (ZOLFANI; SAPARAUSKAS, 2013); seleção de projetos de previsão tecnológica (ZOLFANI et al, 2015) e seleção de pessoal (ZOLFANI; BANIHASHEMI, 2014).

Algumas aplicações de modelos *MCDM* integrados baseados no método *SWARA* são apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3 - Aplicações do método *SWARA* em modelos integrados *MCDM*

No.	Modelo <i>MCDM</i>	Área de aplicação	Indústria, País	Autor (Ano)
1	<i>Fuzzy ARAS - SWARA</i>	Seleção de arquitetos	Construção, Lithuania	Keršulienė e Turskis (2011)
2	<i>SWARA - COPRAS-G</i>	Seleção de máquinas operatrizes	Fabricação de máquinas de prensagem, Iran	Hasan Aghdaie, Hashemkhani Zolfani e Zavadskas (2013)
3	<i>SWARA - WASPAS</i>	Localização de <i>shopping center</i>	Construção, Iran	Zolfani et al (2013)
4	<i>SWARA - COPRAS</i>	Seleção de estruturas de construção	Construção, Iran	Zolfani e Zavadskas (2013)
5	<i>SWARA - WASPAS</i>	Avaliação de sensor inteligente em tempo real	Construção, Iran	Bitarafan et al (2014)
6	<i>SWARA - COPRAS</i>	Priorização de investimentos da indústria de alta tecnologia	Alta tecnologia, Iran	Hashemkhani Zolfani e Bahrami (2014)
7	<i>SWARA – Game theory</i>	Seleção de pessoal	Consultoria, Iran	Zolfani e Banihashemi (2014)
8	<i>SWARA – ARAS</i>	Seleção de pessoal	Telecomunicação, Serbia	Karabašević, Stanujkić e Urošević (2015)
9	<i>SWARA – COPRAS</i>	Localização de <i>Greenhouse</i>	Construção, Iran	Kouchaksaraei, Zolfani e Golabchi (2015)
10	<i>SWARA – WASPAS</i>	Priorização de investimentos da indústria de alta tecnologia	Nanotecnologia, Iran	Ghorshi Nezhad et al (2015)
11	<i>SWARA – WASPAS</i>	Estratégia e avaliação de cenários	Jogos, Iran	Hashemkhani Zolfani, Maknoon E Zavadskas (2015)
12	<i>SWARA – ARAS</i>	Seleção de pessoal	Fabricação de móveis, Serbia	Karabasevic et al (2016)
13	<i>SWARA – QFD</i>	Seleção de fornecedores sustentáveis	Aço inoxidável, Iran	Yazdani, Hashemkhani Zolfani e Zavadskas (2016)
14	<i>Fuzzy SWARA - Fuzzy MOORA</i>	Seleção de provedor de logística reversa terceirizado	Plastico, Iran	Mavi e Zarbakhshnia (2017)
15	<i>Fuzzy SWARA - Fuzzy COPRAS</i>	Avaliação de provedor de logística reversa terceirizado sustentável	Automotivo, Iran	Zarbakhshnia, Soleimani e Ghaderi (2018)

Fonte: Autoria própria (2019)

O procedimento para a determinação de pesos pelo método *SWARA* como análise matemática por etapas pode ser expresso da seguinte forma: (ZAVADSKAS et al, 2018).

Passo 1: Os critérios são classificados e ordenados com base na opinião dos especialistas.

Passo 2: A partir do segundo critério, o valor da importância comparativa S_j do critério deve ser feita da seguinte forma: j em relação ao critério anterior ($j - 1$) criteria.

Passo 3: Determinar o parâmetro k_j como segue:

$$k_j = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ S_{j+1} & j > 1 \end{cases} \quad (2)$$

Passo 4: Determinar o peso relativo q_j da seguinte maneira:

$$q_j = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ \frac{q_{j-1}}{k_j} & j > 1 \end{cases} \quad (3)$$

Passo 5: Calcular os pesos dos critérios com a soma igual a um:

$$w_j = \frac{q_j}{\sum_{j=1}^n q_j} \quad (4)$$

onde w_j representa o valor do peso relativo do critério j .

2.3.1.3 *Fuzzy technique for order preference by similarity to ideal solution (Fuzzy TOPSIS)*

Os métodos do *MCDM* podem ser divididos em dois tipos de problemas. Um deles são os problemas convencionais, em que as classificações e os pesos dos critérios são medidos em números *crisp* e outro são os problemas *fuzzy*, em que as classificações e os pesos dos critérios são avaliados em subjetividade e imprecisão, usualmente expressas por variáveis linguísticas e em seguida definidas por números *fuzzy* (KANNAN, POKHAREL e KUMAR, 2009).

Technique for Order Preference By Similarity To Ideal Solution (TOPSIS) proposta por Hwang e Yoon (1981), é um método MCDM para resolver problemas convencionais cuja lógica é baseada na ideia de que a alternativa selecionada deve ter a menor distância da solução ideal positiva (*Positive Ideal Solution - PIS*) e do outro lado a maior distância da solução ideal negativa (*Negative Ideal Solution - NIS*) em um sentido geométrico (por exemplo, euclidiano) (CELIK, ERDOGAN e GUMUS, 2016; HALDAR et al, 2017; PERCIN, 2009).

O método *TOPSIS* diferencia os critérios de benefício e custo. O *PIS* maximiza os critérios de benefício e minimiza os critérios de custo, enquanto o *NIS* maximiza os critérios de custo e minimiza os critérios de benefícios (BIANCHINI, 2018; SENTHIL; SRIRANGACHARYULU; RAMESH, 2014).

TOPSIS é um método de tomada de decisão comum e fácil de usar, que tem recebido enorme atenção das comunidades acadêmicas e industriais para avaliar e comparar várias alternativas em relação aos critérios seleção (YAZDANI et al, 2017; KORE; RAVI; PATIL, 2017; RAMKUMAR; SUBRAMANIAN; RAJMOHAN, 2009).

Embora o método *TOPSIS* tenha essa vantagem, a principal desvantagem são os problemas de incerteza e imprecisão relacionados a representar a opinião do tomador de decisão a valores *crisp* (BÜYÜKÖZKAN; FEYZIOĞLU, 2008; SENTHIL, SRIRANGACHARYULU; RAMESH, 2014).

No entanto, o método *TOPSIS* associado à *Fuzzy Set Theory* (*Fuzzy TOPSIS*) possibilita o tratamento e a otimização de informações subjetivas, incompletas ou estimadas pelo decisores na tomada de decisão (DEVIREN; YAVUZ; KILINÇ, 2009; ZHANG; LI, 2015). *Fuzzy TOPSIS*, estabelecido por Chen e Hwang (1992), utilizou variáveis linguísticas que podem ser facilmente convertidos em números *fuzzy* e permitir seu uso em cálculos (CELIK; ERDOGAN; GUMUS, 2016).

Em outras palavras, a associação do *TOPSIS* com *Fuzzy Set Theory* permite substituir os variáveis linguísticos por valores *fuzzy* para representar os julgamentos subjetivos dos decisores quanto a parâmetros qualitativos e quantitativos e assim selecionar a alternativa adequada de forma eficaz (CHEN; LIN; HUANG, 2006; YAYLA et al, 2015).

O método *Fuzzy TOPSIS* têm sido utilizado na gestão da cadeia de suprimentos e logística em diferentes áreas, como seleção de localização das instalações de fabricação (ALIMORADI; YUSSUF; ZULKIFLI, 2011; CHU; LIN, 2009; ERTUĞRUL; KARAKAŞOĞLU, 2008; CHU, 2002); avaliação de desempenho de fornecedores ambientais (AWASTHI; CHAUHAN; GOYAL, 2010); seleção do centro de distribuição (AWASTHI; CHAUHAN; OMRANI, 2011; KUO; TZENG; HUANG, 2007) e seleção de fornecedores de materiais (ROGHANIAN; RAHIMI; ANSARI, 2010; BORAN et al, 2009; CHEN; LIN; HUANG, 2006; CHEN, 2011; DALALAH; HAYAJNEH; BATIEHA, 2011; DENG; CHAN; 2011).

Outra área da gestão da cadeia de suprimentos e logística em que o método *Fuzzy TOPSIS* foi aplicado que também é o objetivo deste trabalho, é na seleção de operador logístico.

Alguns estudos relacionados a essa área que utilizaram o método *Fuzzy TOPSIS* são mostrados no Quadro 4.

Quadro 4 - Aplicações do método *Fuzzy TOPSIS* na seleção do operador logístico

No.	Modelo MCDM	Foco	Indústria, País	Autor (Ano)
1	<i>Fuzzy TOPSIS</i>	a) Processo de compra e venda	Laticínios, Itália	Bottani e Rizzi (2006)
2	<i>Fuzzy AHP- Fuzzy TOPSIS</i>	a) Aliança estratégica em uma cadeia de valor de logística	Serviços logísticos, Turquia	Büyüközkan, Feyzioğlu e Nebol (2008)
3	<i>ISM - Fuzzy TOPSIS</i>	a) Desafios enfrentados pelos gestores e decisores políticos nas indústrias	Fabricação de Baterias, Índia	Kannan, Pokharel e Kumar (2009)
4	<i>Fuzzy Delphi - Fuzzy TOPSIS</i>	a) Imprecisão e incertezas prevalentes durante o julgamento tomando uma decisão	Empresa automotiva, Índia	Gupta, Sachdeva e Bhardwaj (2012)
5	<i>AHP - Fuzzy TOPSIS</i>	a) Processo de reciclagem de resíduos de plástico	Reciclagem de plástico, Índia	Senthil, Srirangacharyulu e Ramesh (2014)
6	<i>AHP - Fuzzy TOPSIS</i>	a) Critérios de seleção para operadores logísticos	Não mencionada, Irã	Beikkhakhian et al (2015)
7	<i>Fuzzy ANP - Fuzzy TOPSIS</i>	a) Situações incertas e imprecisas de percepções e experiências subjetivas	Agricultura, China	Zhang e Li (2015)

No.	Modelo MCDM	Foco	Indústria, País	Autor (Ano)
8	<i>Fuzzy AHP - Fuzzy TOPSIS</i>	a) Dados imprecisos, indefinidos e subjetivos b) Fatores de terceirização de atividades de transporte de empresas produtoras	Empresa de confeitaria, Turquia	Yayla et al (2015)
9	<i>Fuzzy AHP - Fuzzy TOPSIS and GRA</i>	a) Operador logístico sustentável	Não mencionado, Turquia	Celik, Erdogan e Gumus (2016)
10	<i>Fuzzy AHP - Fuzzy TOPSIS</i>	a) Tipos de operadores logísticos	Fabricação de Baterias, Índia	Kishore e Padmanabhan (2016)
11	<i>Fuzzy QFD- Fuzzy TOPSIS</i>	a) Atitudes dos clientes b) Preferências dos <i>stakeholders</i>	Agricultura, França	Yazdani et al (2017)
12	<i>Fuzzy AHP - Fuzzy TOPSIS</i>	a) Desempenho sustentável da empresa	Cadeia de frio, Índia	Singh, Gunasekaran e Kumar (2018)
13	<i>Fuzzy SWARA - Fuzzy TOPSIS</i>	a) Avaliação e determinação dos pesos dos critérios de seleção em relação às prioridades da política da empresa	Fabricação de eletrodomésticos, Brasil	Trabalho atual

Fonte: A autoria própria (2019)

As etapas para aplicação do método *TOPSIS* em conjunto com Números Triangulares *Fuzzy* segue a proposta de Singh e Benyoucef (2011):

1º etapa: Com a matriz de decisão criada, deve-se construir a matriz de decisão *fuzzy*, através da transformação das siglas dadas aos critérios em seus respectivos números triangulares *fuzzy*.

2º etapa: Normalização da Matriz *Fuzzy* para que os números triangulares *fuzzy* pertençam ao intervalo [0,1], para obter a Matriz *Fuzzy* Normalizada:

A partir dos seguintes cálculos para os critérios de benefício (*B*) e custo (*C*), respectivamente:

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^+}, \frac{b_{ij}}{c_j^+}, \frac{c_{ij}}{c_j^+} \right), j \in B \quad (5)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right), j \in C \quad (6)$$

onde:

\tilde{r}_{ij} = Matriz *fuzzy* normalizada

$$c_j^+ = \max_i c_{ij} \text{ se } j \in B; \text{ e}$$

$$a_j^- = \min_i a_{ij} \text{ se } j \in C.$$

3º etapa: Ponderar a Matriz *Fuzzy* Normalizada, através do peso de cada critério calculado pelo método *Fuzzy SWARA* representado sob a perspectiva de número triangular *fuzzy*:

$$\tilde{X}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$$

onde:

\tilde{X}_{ij} = Variáveis linguísticas

a, b, c = Números triangulares *fuzzy* ($i, j = 1, 2, \dots, n$)

A equação para a obtenção da Matriz *Fuzzy* Normalizada Ponderada, $\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n}$, onde $i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$, é dada por:

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} * \tilde{X}_{ij} \quad (7)$$

4º etapa: Definir a solução ideal *fuzzy* ($FPIS, A^+$) e a solução anti-ideal *fuzzy* ($FNIS, A^-$), de acordo com:

$$A^+ = (\tilde{v}_1^+, \tilde{v}_2^+, \dots, \tilde{v}_j^+) \quad (8)$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_j^-) \quad (9)$$

onde:

$$\tilde{v}_j^+ = \max_i v_{ij}; \text{ e}$$

$$\tilde{v}_j^- = \min_i v_{ij}$$

para $i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$.

Neste caso, considera-se $\tilde{v}_j^+ = (1,1,1)$ como a solução ideal e $\tilde{v}_j^- = (0,0,0)$ como a solução anti-ideal para $j = 1, 2, \dots, n$.

5° etapa: Determinar as distâncias das alternativas até a *FPIS* e a *FNIS*, conforme:

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^+) \quad (10)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-) \quad (11)$$

para $i = (1, 2, \dots, m)$; $j = (1, 2, \dots, n)$.

onde:

$d_v(. , .)$ é a distância entre dois números *fuzzy*, calculado pela equação (3);

d_i^+ é a distância de A_i até *FPIS*; e

d_i^- é a distância de A_i até *FNIS*.

6° etapa: Calcular o coeficiente de proximidade (CC_i) para cada alternativa, de acordo com:

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}, i = (1, 2, \dots, m) \quad (12)$$

Quanto mais próximo de 1 o valor de CC_i , mais próximo de *FPIS* e mais distante de *FNIS* a alternativa se encontra.

7° etapa: Ordenar os CC_i das alternativas em ordem decrescente.

2.4 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE E *DASHBOARD* DE RESULTADOS

Nesta seção apresenta-se as ferramentas a serem utilizadas para a análise e validação dos resultados do modelo a ser proposto para a solução do problema de seleção do operador logístico.

2.4.1 Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade é uma técnica que permite determinar o impacto da variação dos pesos dos critérios no processo de apoio à decisão por meio de diferentes cenários que podem alterar a ordem de seleção das alternativas (DIABY; GOEREE, 2014).

Se a ordenação de seleção das alternativas for alterada aumentando ou diminuindo o grau de importância dos critérios, os resultados serão expressos como sensíveis, caso contrário, serão robustos (SENTHIL; SRIRANGACHARYULU; RAMESH, 2014).

A metodologia utilizada para elaborar a análise de sensibilidade foi baseada na proposta de Diaby e Goeree (2014), a qual visa alterar cada um dos pesos dos critérios dentro de um intervalo $[0,1]$.

Por exemplo, quando o peso do critério C_1 de um conjunto de critérios C_2, C_3 e C_4 é atribuído um peso de $W_1 = 0$, os pesos dos outros critérios W_2^*, W_3^* e W_4^* são ajustados proporcionalmente conforme o seguinte procedimento:

$$W_2^* = [W_2/(W_2 + W_3 + W_4)]; W_3^* = [W_3/W_2 + W_3 + W_4]; W_4^* = [W_4/W_2 + W_3 + W_4] \quad (13)$$

Por tanto, a análise de sensibilidade do modelo proposto neste trabalho obedece os seguintes passos:

Passo 1: Modificar os pesos totais dos 7 critérios (C_1, \dots, C_7) utilizados no método *Fuzzy SWARA*, atribuindo valores de 0 a 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9 e 1; utilizando a equação (13).

Passo 2: Ajustar os pesos dos outros critérios de forma proporcional considerando os valores atribuídos nos pesos dos 7 critérios.

Passo 3: Calcular o coeficiente de proximidade CC_i das alternativas (A_1, \dots, A_5) por meio do método *Fuzzy TOPSIS*, levando em consideração as variações e ajustes dos pesos nos 7 critérios.

Passo 4: Na forma de gráficos, o coeficiente de proximidade das alternativas frente a variação dos pesos dos 7 critérios.

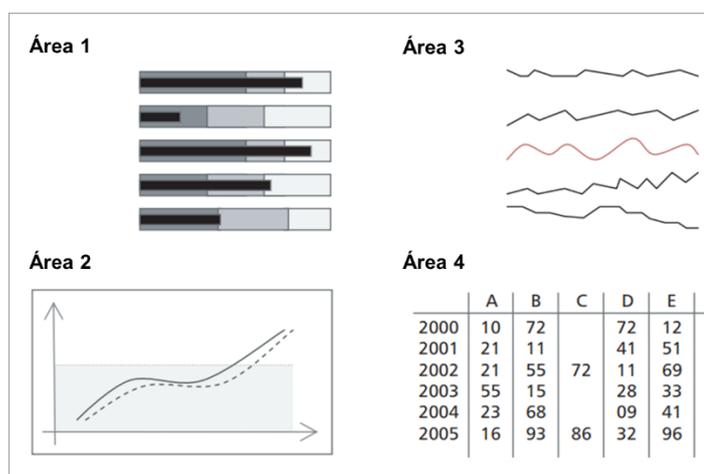
Passo 5: Analisar a sensibilidade e robustez da ordenação de seleção das alternativas.

2.4.2 Dashboard de resultados

Em uma organização, o termo “*dashboard*” é uma exibição visual das informações mais importantes necessárias para alcançar um ou mais objetivos; consolidada e organizada em uma página única, geralmente chamada de tela, para que as informações possam ser monitoradas rapidamente e sejam úteis para o apoio à tomada de decisão (JANES; SILLITTI; SUCCI, 2013; CHIANG, 2011).

Um *dashboard* típico de uma organização apresenta as informações importantes de maneira resumida por meio de gráficos, tabelas, indicadores entre outros, conforme mostrado na Figura 5.

Figura 5 - Dashboard típico de uma organização



Fonte: Adaptado de Janes, Sillitti e Succi (2013)

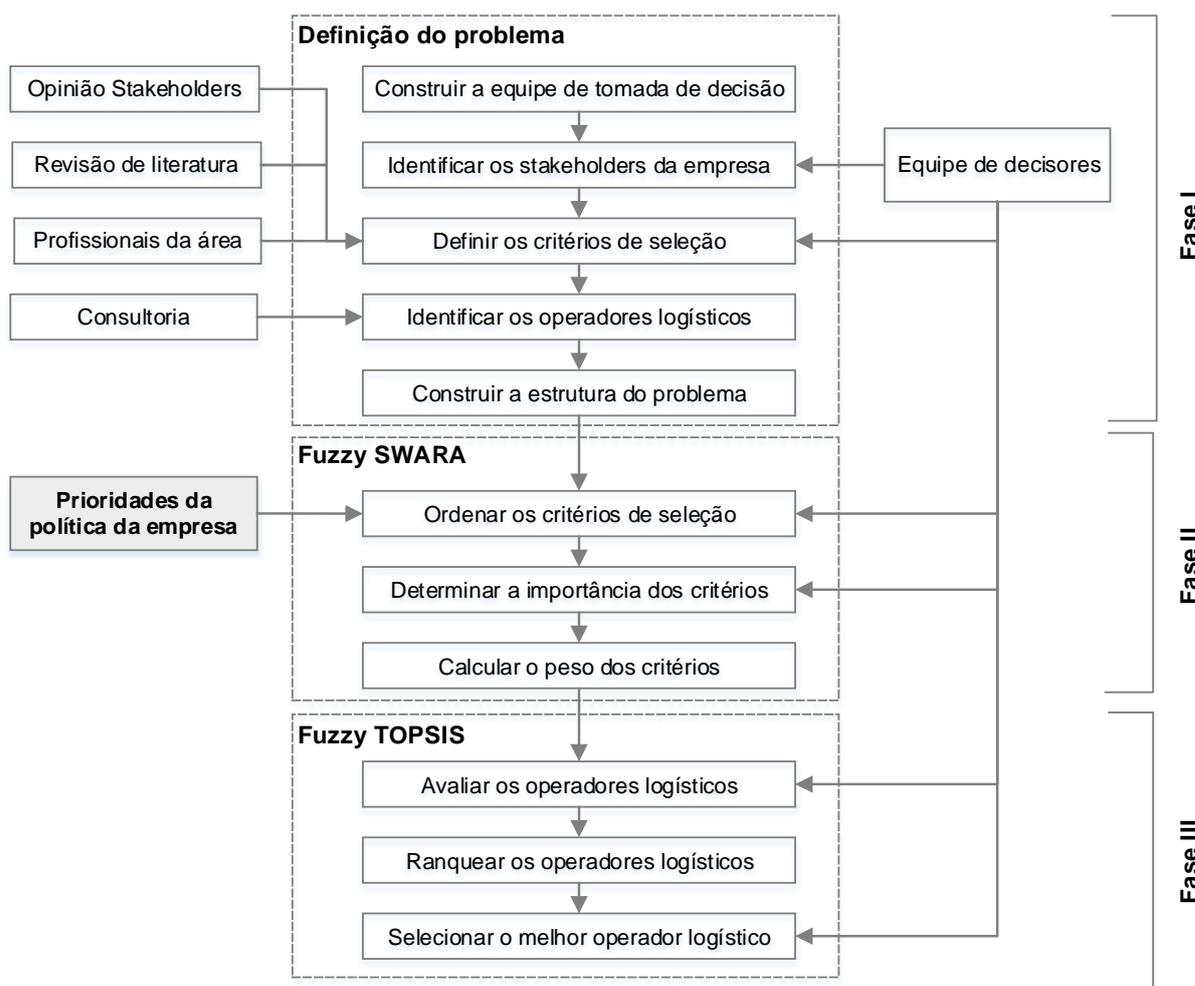
Baseado nas duas ferramentas citadas anteriormente, será demonstrada a análise e validação da metodologia proposta do modelo multicritério de apoio à decisão, a qual é explicada passo a passo no capítulo seguinte.

3 METODOLOGIA

Neste trabalho, um modelo integrado via *Fuzzy SWARA* e *Fuzzy TOPSIS* é usado para selecionar o melhor operador logístico quando os critérios são priorizados em relação à política da empresa. Na metodologia, aplica-se o método *Fuzzy SWARA* para calcular os pesos dos critérios de seleção considerando as prioridades da política da empresa e *Fuzzy TOPSIS* para ajudar aos tomadores de decisão na avaliação dos operadores logísticos potenciais e assim finalmente selecionar o melhor operador entre as alternativas existentes.

A metodologia separada em três fases principais para a seleção do operador logístico conforme ilustrado na Figura 6.

Figura 6 - Metodologia do modelo integrado



Fonte: Autoria própria (2019)

Na fase I do modelo *MCDM*, uma equipe de decisores é formada e *stakeholders* da empresa são identificadas. Essa equipe define critérios de seleção do operador logístico, incluindo a opinião dos profissionais da área e da literatura disponível. Em seguida, a equipe de tomada de decisão constrói e representa a estrutura do problema, considerando os critérios e subcritérios de seleção e alternativas.

Na fase II, após a finalização da estruturação do problema, os critérios e subcritérios são ordenados com base nas prioridades da política da empresa, em seguida a importância de cada critério e subcritério é determinada pela opinião dos especialistas (adiante denominados decisores - DMs) e finalmente o peso dos critérios e subcritérios é calculado aplicando o método *Fuzzy SWARA*.

Na fase III, as alternativas são avaliadas pelos DMs utilizando as variáveis linguísticas adequadas. As alternativas são ranqueadas aplicando o método *Fuzzy TOPSIS* e a melhor alternativa é selecionada.

3.1 CONSTRUÇÃO DA EQUIPE DE DECISORES E IDENTIFICAÇÃO DOS STAKEHOLDERS DA EMPRESA

O primeiro passo para desenvolver o modelo *MCDM* proposto é a construção de uma equipe de decisores (DMT) da empresa escolhida para selecionar um operador logístico como provedor de serviços. A DMT é formado por n decisores denotado por DMs $(DM_1, DM_2, \dots, DM_n)$ que são especialistas com amplo conhecimento e experiência em atividades de logística para tomar decisões no interesse da empresa (GUPTA; SACHDEVA; BHARDWAJ, 2012).

Para ter uma perspectiva equilibrada da DMT e capturar uma imagem holística para obter uma seleção eficaz de operador logístico, a DMT deve levar em consideração as diferentes opiniões dos *stakeholders* da empresa envolvida no processo (HWANG; CHEN; LIN, 2016).

Os *stakeholders* da empresa incluem diferentes grupos internos e externos de especialistas. Eles podem ser especialistas de departamentos funcionais, como vendas, compras, manufatura, finanças e gerenciamento de mudanças e profissionais da área, como clientes, fornecedores, consultores, professores de administração de operações, funcionários do governo local, especialistas de industriais e associados do setor (HO et al, 2012; WANG et al, 2015).

3.2 DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE SELEÇÃO

A definição dos critérios para a seleção do operador logístico deve considerar a estratégia de negócio e a opinião dos *stakeholders* da empresa, portanto, a DMT é previamente determinada (HO; XU; DEY, 2010). As etapas para definir os critérios de seleção são descritas da seguinte maneira:

Passo 1: A DMT estabelece a estratégia de negócios para que eles ajudem a definir os critérios de seleção e, além disso, entendam o que a empresa usuária espera do operador logístico (GÖL; ÇATAY, 2007).

Passo 2: A DMT compartilha a estratégia de negócios com os *stakeholders* da empresa interna (especialistas dos departamentos funcionais) para coletar informações técnicas, por exemplo, os serviços de logística na qual a empresa está buscando do operador logístico (GREEN et al, 2008).

Passo 3: A DMT, juntamente com os departamentos funcionais, desenha um conjunto de critérios quantitativos e qualitativos através de uma discussão em grupo ou seções de *brainstorming* (HWANG; CHEN; LIN, 2016).

Passo 4: A DMT deve discutir e validar os critérios de seleção considerando a opinião dos *stakeholders* da empresa externa (profissionais da área) e da literatura disponível para determinar os critérios de seleção (PRAKASH; BARUA, 2016a).

Passo 5: Os critérios de seleção final devem ser agrupados em não mais do que 7 ou 9 critérios com seus respectivos sub-critérios. Esta recomendação de agrupação de critérios ajudará à DMT a lidar mais facilmente com a seleção do operador logístico (MILLER, 1956).

3.3 IDENTIFICAÇÃO DOS OPERADORES LOGÍSTICOS POTENCIAIS

Após a definição dos critérios de seleção, os operadores logísticos potenciais (alternativas) devem ser identificados. De acordo com Green et al, (2008), para identificar os operadores logísticos potenciais, os próximos passos devem ser seguidos:

Passo 1: Uma pesquisa de mercado deve ser conduzida usando fontes da Internet, diretórios industriais, conferências, periódicos, entre outros. para localizar os operadores logísticos que podem atender às necessidades da empresa usuária.

Esta pesquisa de mercado normalmente produz uma longa lista de operadores logísticos, especialmente quando a estratégia da empresa usuária é encontrar o melhor preço e, portanto, o uso de uma triagem preliminar é necessária (ANDERSSON; NORRMAN, 2002).

Passo 2: Uma triagem preliminar é realizada com o objetivo de apoiar a empresa a poupar um tempo significativo de esforço com operadores que não atendem aos requisitos básicos (VAIDYANATHAN, 2005; WANG et al, 2015). A triagem preliminar consiste em responder ao contato direto dos operadores usando fatores qualitativos, como reputação, área geográfica coberta, faixa de produtos manipulados, entre outros (SELVIARIDIS; SPRING, 2007).

Passo 3: Uma requisição de informação (*RFI*) é enviada aos operadores logísticos para diminuir a quantidade dos provedores com base em algumas informações preliminares fornecidas por eles, para conhecer sua disposição de firmar um contrato de terceirização de serviços com a empresa usuária (JHARKHARIA; SHANKAR, 2007).

Passo 4: Depois de confirmar o interesse dos operadores, um pedido de proposta (*RFP*) é enviada aos fornecedores com um período de tempo razoável para responder às solicitações. Nesta fase, as respostas à RFP devem ser estruturadas nos fundamentos dos critérios de seleção previamente definidos para a comparação dos operadores potenciais (GUPTA; SACHDEVA; BHARDWAJ, 2010).

Passo 5: Assim que as respostas das solicitações de *RFP* forem recebidas, os operadores potenciais serão identificados após esse estágio. Para avaliar as respostas, uma visita de campo e inspeção são realizadas nas instalações dos provedores.

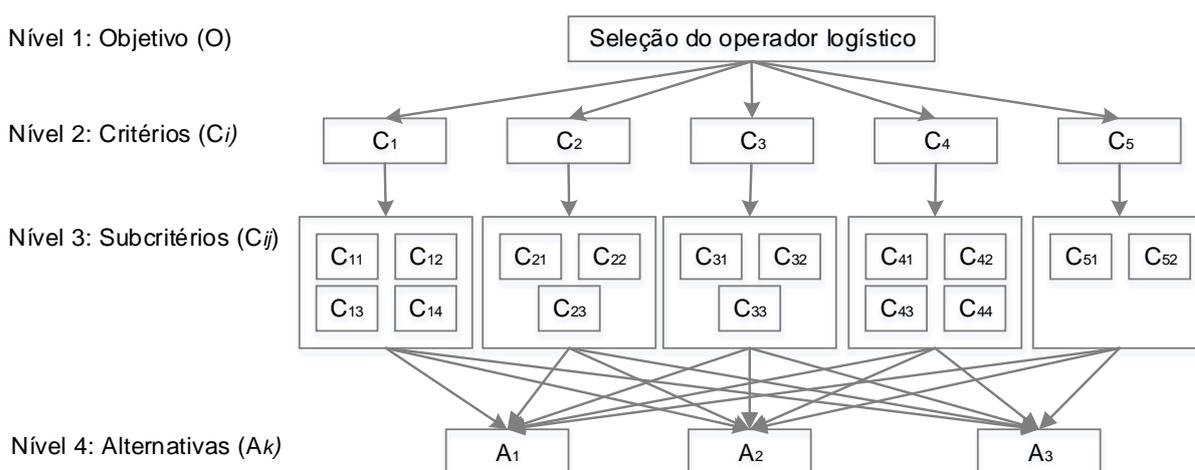
Essa avaliação permite que a empresa usuária conheça os operadores pessoalmente, interaja com seus funcionários e, além disso, discuta com seus clientes antes que qualquer seleção seja feita (GREEN et al, 2008).

No entanto, as atividades acima mencionadas para a identificação de operadores logísticos potenciais são recomendadas para serem realizadas por serviços de consultoria, já que possuem a habilidade e o conhecimento necessários (QURESHI; KUMAR; KUMAR, 2008).

3.4 ESTRUTURAÇÃO DO PROBLEMA

Depois de identificar os operadores logísticos potenciais, a DMT deve estruturar o problema. A ideia básica da estruturação do problema é desenvolver uma hierarquia apropriada para o modelo e dividir o problema em subproblemas mais gerenciáveis (SINGH BHATTI; KUMAR; KUMAR, 2010; MIN, 1994). Para a estrutura do problema da seleção do operador logístico é proposta uma hierarquia de 4 níveis usada por Chan e Kumar, (2007). Os critérios são denotados por C_i , subcritérios por C_{ij} , e alternativas por A_k (onde, $i, j, k = 1, 2, \dots, n$) como pode ser visualizado na Figura 7.

Figura 7 - Estruturação do problema



Fonte: Adaptado de Chan e Kumar (2007)

A hierarquia para a seleção de operador logístico envolve os seguintes níveis:

Nível 1: No nível superior (ou primeiro nível), a DMT define o objetivo. No caso deste estudo, o objetivo é selecionar o operador.

Nível 2: O nível dois da hierarquia contém os critérios utilizados para atingir o objetivo (do Nível 1); neste trabalho, o nível dois é representado pelo grupo de critérios definidos no passo 5 dos critérios de seleção da seção 3.2.

Nível 3: No terceiro nível, os subcritérios do grupo dos critérios (do nível 2) são colocados, os quais impactam na seleção do operador logístico.

Nível 4: O nível inferior da hierarquia (ou no nível 4) é representado pelas alternativas de decisão (operadores logísticos potenciais).

3.5 DETERMINAÇÃO DOS PESOS DOS CRITÉRIOS E SUBCRITÉRIOS: *FUZZY SWARA*

A fase II do modelo MCDM proposta para a seleção do operador logístico é calcular os pesos dos critérios e subcritérios utilizando o método *Fuzzy SWARA* proposto por Keršulienė, Zavadskas e Turskis (2010) e com base na opinião dos DMs sobre a empresa usuária. Esta fase pode ser descrita usando os seguintes passos:

Passo 1: Como indicado no Quadro 2, o foco deste modelo integrado é considerar as prioridades da política da empresa na avaliação e determinação dos pesos dos critérios de seleção, desta forma, a DMT ordena os critérios de seleção C_i e subcritérios C_{ij} , em ordem decrescente de acordo com as prioridades da política da empresa usuária.

Neste passo, destaca-se que quando as prioridades da política da empresa não existem, a ordenação dos critérios pode ser realizada por métodos como: *Direct Rating Method* no qual os decisores atribuem o grau de importância utilizando escala de 5 ou 7 pontos, escala de 0 -100 pontos ou 0 -10 pontos (ZARDARI et al, 2015), *Point Allocation* o qual o decisor aloca um determinado número de pontos (em geral 100) entre os critérios (DOYLE; GREEN; BOTTOMLEY, 1997) ou *Graphical Weighting Method* o qual o decisor coloca uma marca sobre uma linha horizontal, e assim a importância do critério aumenta quando a marca é colocada mais para a extremidade direita da linha (HAJKOWICZ; MCDONALD; SMITH, 2000).

Passo 2: Após os critérios C_i serem ordenados, o valor da importância comparativa S_i é determinado para cada critério de seleção C_i . A partir do segundo critério de ordem dois $C_{i=2}$, os DMs (DM_1, DM_2, \dots, DM_n) são solicitados a estimar quanto o critério $C_{i=2}$, é importante em relação ao critério C_{i-1} através das variáveis linguísticas X_{ij} para que eles possam ser posteriormente descritos em números triangulares fuzzy $\tilde{X}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$, onde, $i, j = 1, 2, \dots, n$.

Para estimar a importância dos critérios é proposta uma escala fuzzy de 7 pontos com suas respectivas variáveis linguísticas como ilustra a Tabela 1.

A escala proposta foi construída a partir de uma de 5 pontos com um intervalo de números triangulares fuzzy (*Triangular Fuzzy Numbers - TFN*) entre $[0,1]$, a qual foi introduzida por Lau et al (2003) com base na escala de Chang e Chen (1994) e é recomendada porque é de fácil utilização para os DMs e pelas diferentes categorias de TFN (CHEN; KU; TSUI, 2008).

Ademais, foram adicionados dois pontos, um extremo inferior e outro superior, devido à que o método SWARA requer valores *crisp* de 0 ou 1 quando são expressados graus de importância de igualdade ou equivalência.

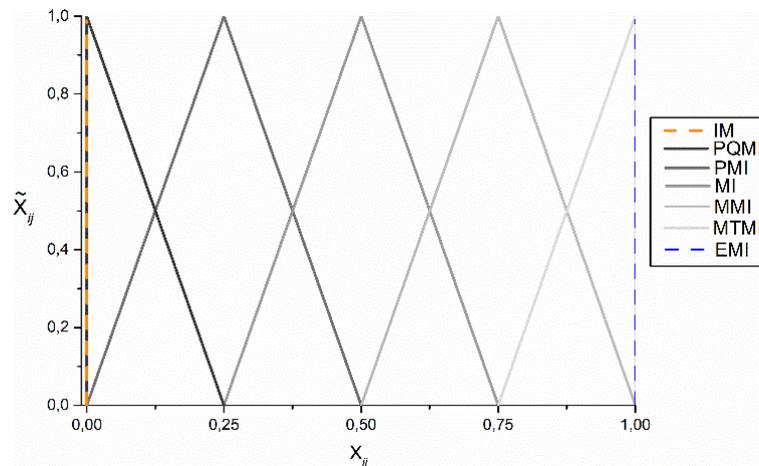
Tabela 1 - Escala de variáveis linguísticas Fuzzy SWARA

Sigla	Variáveis linguísticas	TFN
IM	Igualmente importante	(0,0,0)
PQMI	Pouquíssimo menos importante	(0, 0, 0,25)
PMI	Pouco menos importante	(0, 0,25, 0,5)
MI	Menos importante	(0,25, 0,5, 0,75)
MMI	Muito menos importante	(0,5, 0,75, 1)
MTMI	Muitíssimo menos importante	(0,75, 1, 1)
EMI	Extremamente menos importante	(1,1,1)

Fonte: Adaptado de Mavi, Goh e Zarbakhshnia (2017) e Lau et al (2003)

A função de associação triangular que representa as variáveis linguísticas com os TFN correspondentes para determinar valor da importância comparativa S_i de cada critério e subcritério é apresentada na Figura 8.

Figura 8 - Função de associação triangular *Fuzzy SWARA*



Fonte: Autoria própria (2019)

Segundo Yazdani et al (2017), os números triangulares *fuzzy* $\tilde{X}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ podem ser convertidos em valores *crisp* (processo de defuzzificação) usando a equação abaixo:

$$x = \frac{(a + 2b + c)}{4} \quad (13)$$

Passo 3: Repetir o procedimento descrito no passo 2 para determinar os parâmetros S_{ij} de cada subcritério C_{ij} .

Passo 4: Determinar o coeficiente k_i para cada critério C_i e subcritério C_{ij} do seguinte modo:

$$k_i = \begin{cases} 1 & i = 1 \\ S_{i+1} & i > 1 \end{cases} \quad (14)$$

Passo 5: Determinar o peso relativo q_i para cada critério C_i e subcritério C_{ij} como segue:

$$q_i = \begin{cases} 1 & i = 1 \\ \frac{q_{i-1}}{k_i} & i > 1 \end{cases} \quad (15)$$

Passo 6: Calcular os pesos dos critérios w_i para cada critério C_i e subcritério C_{ij} do seguinte modo:

$$w_i = \frac{q_i}{\sum_{i=1}^n q_i} \quad (16)$$

Passo 7: Após os pesos w_i serem calculados para cada critério C_i e subcritério C_{ij} , segundo Karabašević, Stanujkić e Urošević (2015), o peso geral λ_i é determinado como uma média geométrica dos pesos obtidos dos DMs (DM_1, DM_2, \dots, DM_n), da seguinte maneira:

$$\lambda_i = \left(\prod_{n=1}^n w_i^n \right)^{1/n} \quad (17)$$

Além disso, para obter resultados mais precisos refletidos pela opinião dos DMs, deve-se informar que a relação entre o valor de importância comparativa S_i e peso relativo W_i não é linear. Este desvio não é tão significativo para os valores baixos de S_i , mas não pode ser totalmente ignorado quando os valores estão altos (STANUJKIC; KARABASEVIC; ZAVADSKAS, 2015).

3.6 SELEÇÃO DO OPERADOR LOGÍSTICO USANDO FUZZY TOPSIS

A fase III do modelo *MCDM* proposto consiste em selecionar a melhor alternativa (operador logístico) através da avaliação de cada alternativa em função de cada critério e subcritério baseado no método *Fuzzy TOPSIS*, portanto o procedimento pode ser expresso pelos seguintes passos:

Passo 1: Após os pesos de cada critério C_i e subcritérios C_{ij} serem calculados por meio do método *Fuzzy SWARA*, o primeiro passo é escolher as variáveis linguísticas apropriadas X_{ij} para avaliar as alternativas em relação a cada critério (SENTHIL; SRIRANGACHARYULU; RAMESH, 2014; BÜYÜKÖZKAN; FEYZIOĞLU, 2008). As variáveis linguísticas são descritas por TFN e denotadas por \tilde{X}_{ij} (onde, $i, j = 1, 2, \dots, n$).

Passo 2: O próximo passo é construir a matriz de decisão *fuzzy* de m linhas (alternativas) A_k , $k = (1, 2, \dots, m)$ e n colunas (critérios) C_i , $i = (1, 2, \dots, n)$ que é descrita da seguinte forma:

$$\tilde{D} = \begin{matrix} & \tilde{W}_1 & \cdots & \tilde{W}_n \\ & C_1 & \cdots & C_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} \tilde{X}_{11} & \cdots & \tilde{X}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{X}_{m1} & \cdots & \tilde{X}_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Onde $\tilde{X}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ e \tilde{W}_i são números triangulares *fuzzy* representado por variáveis linguísticas que tratam da incerteza e a imprecisão que prevalecem durante o processo de decisão, aqui $i = (1, 2, \dots, n)$ e $j = (1, 2, \dots, m)$. A \tilde{X}_{ij} representa a avaliação das alternativas e \tilde{W}_i o peso calculado de cada critério. Esse passo pode ser aplicado para n DMs.

Passo 3: Para um processo de seleção de múltiplos decisores, realizar uma matriz de decisão *fuzzy* agregada considerando a avaliação das alternativas (expressadas em números triangulares *fuzzy* \tilde{X}_{ij}) da equipe de decisores DMT representada pelos decisores DMs (DM_1, DM_2, \dots, DM_n). Conforme Yazdani et al (2017), a matriz de decisão *fuzzy* agregada poder ser calculada como:

$$\tilde{X}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$$

$$\text{onde: } a = \text{Min} \{a_k\}; b = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n b_k; c = \text{Max} \{c_k\} \quad (18)$$

Passo 4: Elaborar o processo de normalização da matriz de decisão *fuzzy* (um decisor) ou da matriz de decisão *fuzzy* agregada (múltiplos DMs). Os dados da matriz de decisão são normalizados para unificar as diferentes escalas de medição dos critérios de benefício (B) e custo (C), que podem ser determinados baseado nas equações (5) e (6) respectivamente.

Passo 5: Construir a matriz de decisão *fuzzy* ponderada, considerando os pesos dos critérios e subcritérios calculados pelo método *Fuzzy SWARA* utilizando a equação (7).

Passo 6: Determinar as distâncias das alternativas até $FPIS$ (d_i^+) e $FNIS$ (d_i^-) em relação à solução ideal fuzzy ($FPIS, A^+$) e a solução anti-deal fuzzy ($FNIS, A^-$) respectivamente. Além disso, considera-se que $\tilde{v}_j^+ = (1,1,1)$ é a solução ideal e $\tilde{v}_j^- = (0,0,0)$ é a solução anti-ideal (SINGH e BENYOUCEF, 2011). As distâncias d_i^+ e d_i^- de cada alternativa podem ser determinadas conforme as equações (10) e (11) respectivamente.

Passo 7: Calcular o coeficiente de proximidade (C_i) para cada alternativa, de acordo com a equação (12), considerando que quanto mais próximo de 1 o valor de C_i , mais próximo de $FPIS$ e mais distante de $FNIS$ a alternativa se encontra.

Passo 8: Ordenar os coeficientes de proximidade de cada alternativa obtidos no passo 7 de maneira decrescente.

4 APLICAÇÃO DA PROPOSTA DO MODELO INTEGRADO *FUZZY SWARA* E *FUZZY TOPSIS*

Nesta seção, a fim de demonstrar a usabilidade do modelo integrado proposto, o mesmo está representado em um estudo de caso de seleção e avaliação do melhor operador logístico em uma empresa manufatureira localizada no Brasil.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA E PROCESSO LOGÍSTICO

A empresa manufatureira é uma fabricante de eletrodomésticos multinacional presente em mais de 150 países que conta com mais de 60 mil colaboradores diretos. No Brasil a distribuição ocorre da seguinte forma: uma planta no estado de Paraná com 4.374 colaboradores, onde se fabricam refrigeradores e freezers, uma planta no estado de São Paulo com 2.034 colaboradores, onde se fabricam máquinas de lavar de roupa e fogões e uma planta no estado do Amazonas com 478 empregos diretos, onde se fabricam ar-condicionados e micro-ondas.

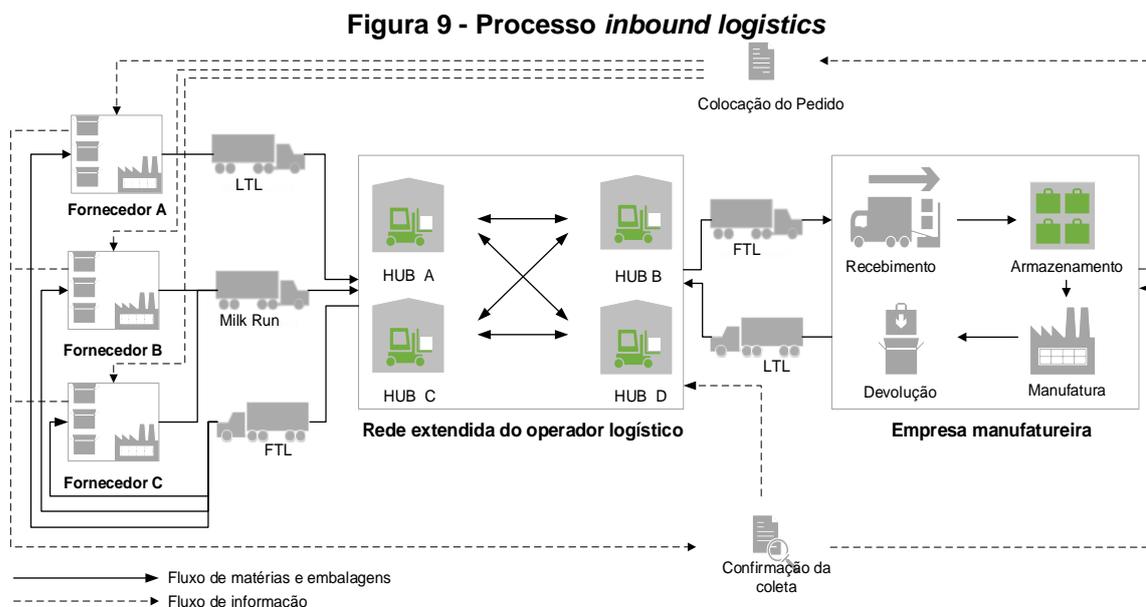
A rede logística da empresa conta com diferentes modais de transporte de matéria-prima tais como: rodoviário, marítimo, aéreo e cabotagem. As atividades logísticas terceirizadas pertencem ao modal rodoviário compondo 47% do frete doméstico e coleta de matéria-prima de 234 dos fornecedores nacionais abastecem as fabricas da empresa.

O processo logístico de transporte rodoviário, denominado também *inbound logistics* possui diferentes configurações de transporte de carga do frete doméstico dependendo o tipo de utilização do veículo, como fracionado (*Large Truck Load - LTL*) ou dedicado (lotação/*Full Truck Load - FTL*), ou *Milk Run* se a necessidade de coleta de matéria-prima com os fornecedores é de forma sequencial em uma mesma rota.

Para facilitar o transporte e armazenamento da matéria-prima a empresa utiliza embalagens retornáveis alugadas do próprio operador logístico, que as mesmas devem ser usadas e devolvidas pelos fornecedores. As embalagens usadas no processo *inbound logistics* incluem paletes, caixas, containers e alguns acessórios que ajudam a manter a qualidade das peças.

Para que a coleta de matéria-prima aconteça, deve existir um fluxo de informações no processo *inbound logistics*, por tanto, a área de programação da empresa envia o pedido aos fornecedores para que eles analisem. Posteriormente, os fornecedores confirmam a coleta, a confirmação é compartilhada com operador logístico que separa as embalagens para envio aos fornecedores. No dia seguinte o operador logístico realiza a coleta da matéria-prima, alimenta o sistema com a informação do que foi coletado contra o que era previsto. Finalmente a matéria-prima é transportada para os diferentes *HUB* logísticos para ser separada e distribuída para as fábricas da empresa.

O fluxo de materiais, embalagens e informações existentes no processo *inbound logistics* é apresentado na Figura 9.



Fonte: Autoria própria (2019)

Em resumo, as atividades logísticas executadas pelo operador logístico dentro do processo *inbound logistics* são: Transporte, Distribuição, Armazenagem, Gestão de inventário, Embalagem e Logística reversa de matéria-prima.

4.1.1 Caracterização do Processo de Seleção do Operador Logístico

A principal motivação da empresa para terceirizar suas atividades logísticas do processo *logistics inbound* foi devido à busca de redução de custos, competitividade e necessidade de se focar no seu *core business*. Os objetivos traçados pela empresa com o atual operador logístico foi aumentar a rentabilidade do negócio através de economias de escala, inteligência logística para gerenciar os elos da cadeia com uma visão global dos processos, buscar parceiros para investir em ativos (embalagens, veículos, etc..), foco na gestão estratégica e planejamento e garantia na satisfação dos clientes internos e externos.

Com esses objetivos estabelecidos, a empresa selecionou o atual operador logístico utilizando 14 etapas do processo de contratação *BID (bidding process)*, sendo estas:

- 1) Selecionar os participantes do *BID*.
- 2) Enviar *RFP (Request for Proposal)* e *RFI (Request for Information)* a todos os participantes.
- 3) Recebimento do aceite de participação.
- 4) Receber todos os documentos mencionados na carta convite.
- 5) Encaminhar os documentos para o departamento de análise de crédito e risco.
- 6) Receber perguntas e dúvidas sobre o processo do *BID*.
- 7) Enviar todas as respostas aos questionamentos a todos os participantes.
- 8) Preparar análise *score card*.
- 9) Realizar a primeira rodada de negócios.
- 10) Realizar a segunda rodada de negócios.
- 11) Realizar a terceira rodada de negócios.
- 12) Selecionar os 5 finalistas do *BID*.
- 13) Apresentar os finalistas para os gestores para a decisão final.
- 14) Assinar contrato com ganhador do *BID*.

Os principais problemas que a empresa enfrentou durante o último processo de seleção do operador logístico foram: cláusulas contratuais descoladas da necessidade da operação, baixa velocidade do operador logístico em se adaptar as mudanças da companhia, falta de investimento em tecnologia por parte do operador logístico e falta de comunicação interna para obter sinergia entre as várias operações.

No entanto, a empresa nos próximos anos terá que realizar novamente um processo de seleção do operador logístico para terceirizar as atividades logísticas do processo *logistics inbound*, já que o contrato com o atual operador está próximo a expirar. Diante disso, foi sugerido para a empresa aplicar o modelo integrado *Fuzzy SWARA* e *Fuzzy TOPSIS* como ferramenta de apoio à decisão ao processo atual de contratação *BID*.

4.2 DEFINIÇÃO DA EQUIPE DE DECISORES E *STAKEHOLDERS*

A equipe de decisores definida para a aplicação do modelo integrado foi formada baseado-se no escopo do projeto para selecionar o operador logístico do processo *inbound*. Neste sentido, foram escolhidos dois participantes com nível gerencial da área de logística e compras que possuíam mais de 5 anos experiência na empresa. Algumas informações relevantes sobre a equipe de decisores são apresentados no Quadro 5.

Quadro 5 - Informações relevantes da equipe de decisores

Decisores	Formação	Experiência (anos)	Cargo	Principais responsabilidades
DM_1	Economia	10	Gerente de Projetos Logísticos	Estimação dos orçamentos e acompanhamento do custo dos projetos logísticos
DM_2	Engenharia de Produção	7	Gerente Compras Logísticas	Elaboração de estratégias de negociação e fechamento de negócios com os fornecedores logísticos

Fonte: Autoria própria (2019)

Em seguida, a equipe de decisores da empresa identificou os *stakeholders* que participariam do projeto de seleção do operador logístico assim como no estabelecimento dos objetivos a longo prazo e identificação das necessidades dos serviços do processo *inbound logistics*.

No entanto, conforme o processo atual de contratação *BID* da empresa, os *stakeholders* estão sempre disponíveis a contribuir com sua experiência e opinião em qualquer uma das etapas do processo de seleção.

Neste caso, há oito áreas funcionais participantes da empresa: Transportes, Programação PCM (Planejamento e controle de materiais), PCP (Planejamento e controle da produção), Captação, TI (Tecnologias da informação), Jurídico, Fiscal e Controladoria.

Quanto às informações relevantes sobre os *stakeholders* da empresa, estas podem ser observadas no Quadro 6.

Quadro 6 - Informações relevantes dos *stakeholders* da empresa

Stakeholders	Área	Formação	Experiência (anos)	Cargo	Principais responsabilidades
S_1	Transportes	Economia	8	Coordenador	Coordenação dos transportes domésticos
S_2	Programação PCM	Engenharia Mecânica	4	Analista	Planejamento de materiais, análise das demandas e geração das requisições
S_3	PCP	Engenharia Produção	6	Analista	Interface com PCM e manufatura para o planejamento e controle de insumos
S_4	Captação	Engenharia Elétrica	5	Coordenador	Coordenação das operações logísticas de recebimento e estoque
S_5	TI	Tecnologias da Informação	3	Especialista	Monitoramento e manutenção dos sistemas de gestão de transportes
S_6	Jurídico	Direito	5	Coordenador	Monitoramento da qualidade dos serviços prestados e fidelização
S_7	Fiscal	Contabilidade	3	Analista	Análise dos procedimentos fiscais da empresa
S_8	Controladoria	Comércio Exterior	4	Analista	Reportagem das evoluções de custos de materiais diretos e indiretos

Fonte: Autoria própria (2019)

A importância do envolvimento dos *stakeholders* da empresa ajudará na identificação e validação dos critérios de seleção do operador logístico.

4.3 DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE SELEÇÃO

Os critérios de seleção do operador logístico foram definidos a partir das informações obtidas em entrevistas semiestruturadas aplicadas à equipe de decisores da empresa conforme o Apêndice A e também através da aplicação do passo a passo da metodologia proposta na seção 3.2.

Passo 1: A equipe de decisores inicialmente realizou uma sessão de *brainstorming* com os *stakeholders* da empresa para apresentar o escopo do projeto da logística. Nessas reuniões foram levantados os aspectos técnicos e condições básicas para atingir a estratégia de longo prazo da companhia.

Passo 2: Em seguida, foi criada uma lista de requerimentos que auxilia à equipe de decisores para a seleção do operador logístico e para o desenvolvimento do plano de negócios.

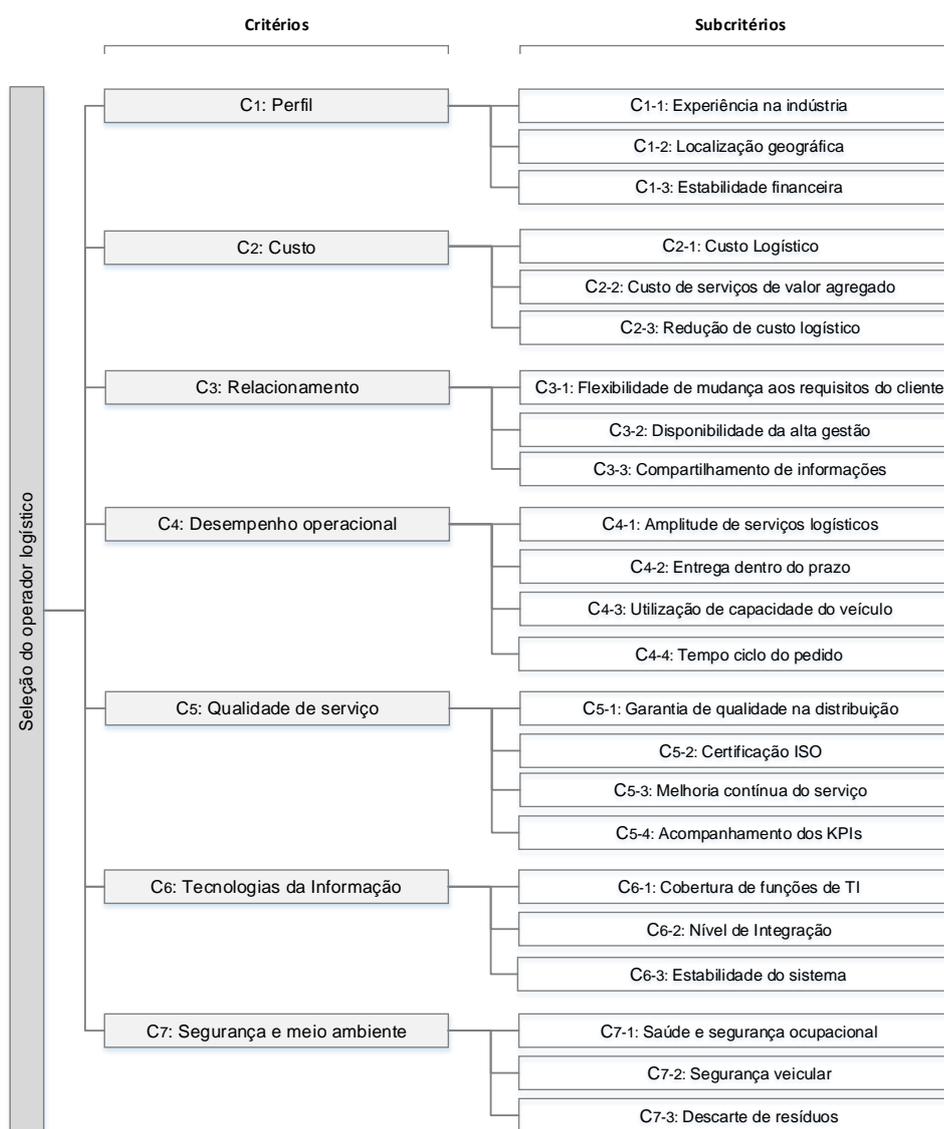
Passo 3: Neste estágio, foi sugerido à equipe de decisores, considerar os critérios de seleção do operador logístico discutidos na literatura e utilizados por profissionais na área. Portanto, foi compartilhado com a empresa a categorização de 11 critérios com seus respectivos 61 subcritérios conforme o Apêndice B, que foi resultado da revisão de literatura do período 2002 a 2018 conforme apresentado no Apêndice C, e da convocação de três profissionais da indústria manufatureira, um diretor da associação de transporte e logística e um professor de gestão logística do transporte conforme o Apêndice D.

Passo 4: Posteriormente, a equipe de decisores analisou a categorização dos critérios conforme o Apêndice E e alguns dos requerimentos que tinham sido previamente estabelecidos pelos *stakeholders* da empresa, tais como: Custo logístico, Qualidade do serviço prestado, Sistemas de informação e equipamentos, Amplitude de serviços logísticos, Estabilidade financeira, Segurança e Equipamentos, Gestão Ambiental e Certificação ISO.

No entanto, durante a análise da categorização dos critérios, foi recomendado à equipe de decisores a agrupar os critérios entre 7 a 9 categorias. Todavia, foi explicado que de acordo ao estudo realizado por Miller (1956), a maioria dos decisores não conseguem simultaneamente lidar com mais de 7 a 9 fatores quando tomam uma decisão.

Passo 5: Por fim, após uma categorização preliminar dos critérios e subcritérios, a equipe de decisores chegou a um consenso com os *stakeholders* da empresa e validou uma lista dos critérios a serem considerados. Em seguida, os critérios de seleção foram organizados em 7 categorias com seus correspondentes subcritérios, como são apresentados na Figura 10.

Figura 10 - Critérios e subcritérios de seleção



Fonte: Autoria própria (2019)

No Quadro 7 são descritos os 7 critérios e os 23 subcritérios considerados pela equipe de decisores da empresa para o desenvolvimento da seleção do operador logístico.

Quadro 7 - Descrição dos critérios e subcritérios de seleção

Crítérios	Descrição	Referência
C₁: Perfil	Refere-se ao desempenho e o histórico passado dos operadores logísticos.	Chan e Kumar (2007)
C ₁₋₁ : Experiência na indústria	Experiência do operador logístico na indústria para exibir pontualidade e cortesia aos clientes.	Li et al (2012)
C ₁₋₂ : Localização geográfica	Refere-se à cobertura de distribuição, cobertura geográfica, abrangência internacional e destinos de remessa e distância.	Jain e Khan (2017)
C ₁₋₃ : Estabilidade financeira	É a garantia de que a cooperação pode ser continuada, e os equipamentos e serviços utilizados nas operações de logística podem ser atualizados.	Senthil, Srirangacharyulu e Ramesh (2014)
C₂: Custo	Refere-se ao custo total da terceirização logística, que deve ser mínimo.	Senturk, Erginel e Binici (2017)
C ₂₋₁ : Custo Logístico	São às taxas de serviço competitivas, incluindo armazenagem, transporte de carga, distribuição, embalagem, gerenciamento de estoque, entre outros.	Bottani e Rizzi (2006)
C ₂₋₂ : Custo de serviços de valor agregado	Essa medida busca o melhor custo-benefício dos serviços de valor agregado fornecidos pelos operadores logísticos.	Hwang, Chen e Lin (2016)
C ₂₋₃ : Redução de custo logístico	Essa medida serve para solicitar ao operador logístico uma melhoria contínua na redução total de custos.	Huang e Keskar (2007)
C₃: Relacionamento	Refere-se a compartilhar riscos e recompensas, garantir a cooperação entre o usuário e o operador logístico.	Senturk, Erginel e Binici (2017)
C ₃₋₁ : Flexibilidade de mudança aos requisitos do cliente	É a capacidade de se adaptar às exigências e circunstâncias dos usuários em mudança e a possibilidade de renegociar o contrato acordado entre os parceiros.	Keshavarz Ghorabae et al (2017)
C ₃₋₂ : Disponibilidade da alta gestão	Refere-se à acessibilidade dos contatos das pessoas da alta gestão, já que é importante caso haja necessidade de uma decisão ser tomada em caráter de urgência.	Büyüközkan, Feyzioğlu e Nebol (2008)
C ₃₋₃ : Compartilhamento de informações	É o compartilhamento mútuo de informações baseadas na confiança entre o usuário e o operador logístico, não apenas para a continuidade do contrato, mas também para a melhoria contínua do serviço.	Jharkharia e Shankar (2007)

Crêterios	Descri�o	Referência
C4: Desempenho operacional	� a eficácia e a eficiência do operador logístico para fornecer desempenho no prazo e velocidade de serviço.	Senthil, Srirangacharyulu e Ramesh (2014)
C4-1: Amplitude de serviços logísticos	� a gama de processos logísticos terceirizados de transporte para distribui�o, de armazenagem para gestão de estoque, de gestão de embalagem para logística reversa	Wang, Wang e Zhang (2016)
C4-2: Entrega dentro do prazo	Refere-se a porcentagem de pedidos recebidos no prazo (data e hora) definidos pelo usuário.	Domingues, Reis e Macário (2015)
C4-3: Utiliza�o de capacidade do veículo	Capacidade de carga utilizada por jornada (ou veículo) em rela�o � capacidade de carga total disponível.	Efendigil, �n�t e Kongar (2008)
C4-4: Tempo ciclo do pedido	O tempo médio decorrido desde o momento em que o pedido está pronto para a recep�o pelo usuário (inclui carga / descarga).	Ho et al (2012)
C5: Qualidade de serviço	São todas às práticas de gestão da qualidade total a fim de melhorar a qualidade percebida do usuário.	Jain e Khan (2017)
C5-1: Garantia de qualidade na distribui�o	Refere-se aos equipamentos, embalagens e cuidados especiais para garantir a segurança da entrega do material e reduzir as chances de mau funcionamento e danos.	Ramkumar, Subramanian e Rajmohan (2009)
C5-2: Certifica�o ISSO	Refere-se � quando o usuário requer um abastecimento global, ISO 9000 ou um padrão de conformidade internacional equivalente.	Hwang, Chen e Lin (2016)
C5-3: Melhoria contínua do serviço	� a capacidade do operador logístico em procurar serviços de alta qualidade, como quão rápido e eficaz se esforça para recuperar e resolver erros de logística de maneira contínua.	G�l e �atay (2007)
C5-4: Acompanhamento dos KPIs	� a integridade dos indicadores de desempenho propostos pelo operador logístico e sua capacidade de rastrear os indicadores regularmente.	Hwang, Chen e Lin (2016)

Critérios	Descrição	Referência
C₆: Tecnologias da Informação	É o equipamento físico e sistema de informação do operador logístico para facilitar a comunicação e execução das operações logísticas de seus usuários.	Wang, Wang e Zhang (2016)
C ₆₋₁ : Cobertura de funções de TI	O escopo de função do sistema de TI, como EDI, GPS, RFID, planejamento global de cadeia de suprimentos para roteamento de frete, otimização de carga, controle de estoque, entre outros.	Göl e Çatay (2007)
C ₆₋₂ : Nível de Integração	O nível do índice relacionado à integração de tecnologias entre o usuário e o operador logístico.	Efendigil, Önüt e Kongar (2008)
C ₆₋₃ : Estabilidade do sistema	Refere-se à quantidade de tempo que o sistema de TI deve funcionar normalmente. Inclui tolerância a falhas e gerenciamento de capacidade.	Hwang, Chen e Lin (2016)
C₇: Segurança e meio ambiente	O operador logístico fornece seus serviços considerando seu impacto no meio ambiente, sociedade e funcionários em termos de bem-estar e segurança.	Ho, Xu e Dey 2010
C ₇₋₁ : Saúde e segurança ocupacional	A existência e nível da política relacionada à saúde e segurança ocupacional dos empregados.	Jung (2017)
C ₇₋₂ : Segurança veicular	A existência e o nível das regras relacionadas à segurança do veículo (por exemplo, inspeção regular do veículo).	Mavi e Zorbakhshnia (2017)
C ₇₋₃ : Descarte de resíduos	O processo de envio de resíduos do material para o destino desejado.	Kannan (2009)

Fonte: Autoria própria (2019)

Os critérios e subcritérios ajudaram a equipe de decisores a estruturar o problema da seleção do operador logístico e a identificação de potenciais alternativas.

4.4 DETERMINAÇÃO DAS ALTERNATIVAS

A empresa em estudo normalmente contrata uma consultoria externa para selecionar os participantes com base em critérios técnicos e financeiros e no escopo do projeto. Por tanto, baseado na metodologia apresentada na seção 3.3 e no processo de identificação das alternativas propostas pela consultoria, os passos são os seguintes:

Passo 1: A identificação das alternativas conduzida pela consultoria, foi realizada por meio de pesquisas realizadas pela internet, em portais de associações logísticas, considerando que os operadores logísticos deveriam possuir uma boa reputação e atuar diretamente no mercado nacional, obtendo desta uma lista 65 operadores.

Passo 2: Posteriormente, os 65 operadores logísticos foram contatados pela consultoria para informar sua localização e serviços logísticos prestados, resultando desta triagem apenas 31 competidores.

Passo 3: Na seguinte etapa, uma carta convite e uma *RFI* que é um questionário técnico/financeiro, foram enviadas aos 31 operadores logísticos, entretanto uma quantidade significativa declinou por não apresentar as condições necessárias, resultando em 5 operadoras.

Passo 4: Uma vez identificados os 5 potenciais operadores, a consultoria envia um pedido de proposta (*Request for Proposal - RFP*) para saber o interesse em participar do processo de seleção.

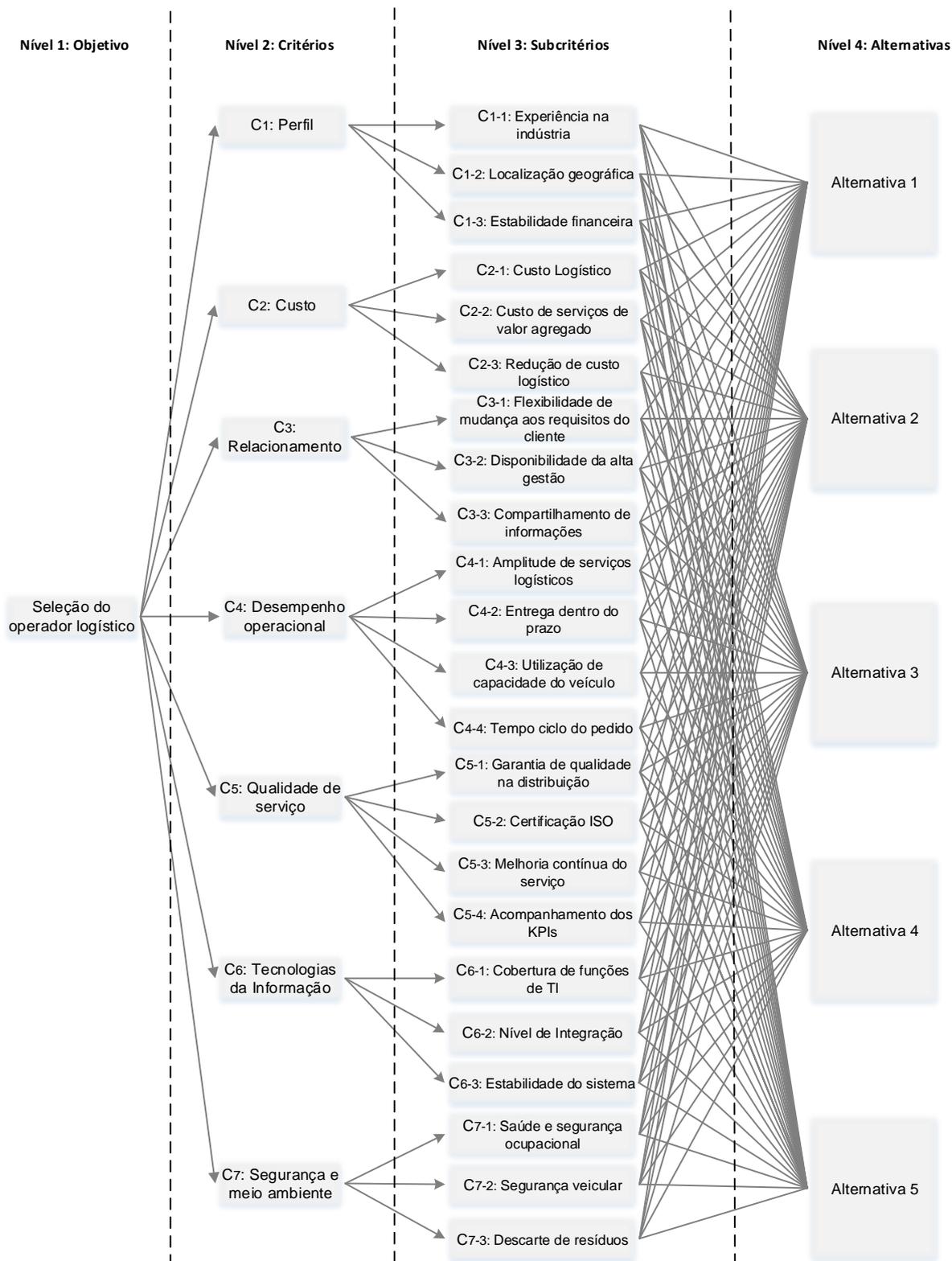
Passo 5: Nas etapas posteriores a equipe de decisores realizou visitas técnicas e auditorias para certificação das informações solicitadas no *RFI*.

Para aplicação do modelo integrado, a equipe de decisores sugeriu avaliar os 5 potenciais operadores logísticos do último processo do *BID* do projeto de *logistics inbound*. Os operadores são CARGOLIFT, DHL, GEFECO, TEGMA e TRANSDOTTI. Para privacidade, eles foram codificados aleatoriamente com o A1-A5.

4.5 ESTRUTURAÇÃO HIERÁRQUICA DO PROBLEMA

De acordo com o que foi discutido com a equipe de decisores da empresa, o problema de seleção do operador logístico pode ser mais gerenciável quando é dividido em subproblemas. Portanto, o problema é decomposto em quatro níveis de hierarquia, considerando os critérios, subcritérios e as alternativas anteriormente definidas pelos decisores, conforme ilustra a Figura 11.

Figura 11 - Estruturação hierárquica do problema



Fonte: Autoria própria (2019)

Na estruturação hierárquica do problema, o objetivo de seleção do operador logístico é colocado no nível 1, critérios no nível 2, subcritérios no nível 3 e as alternativas dos potenciais operadores logísticos no nível 4.

Após a estruturação hierárquica do problema da seleção de operador logístico deu-se início a utilização do método *Fuzzy SWARA*.

4.6 RESULTADOS DE APLICAÇÃO DO MÉTODO *FUZZY SWARA*

Esta seção do trabalho, concentra-se na obtenção dos pesos dos critérios e subcritérios baseado na priorização da política da empresa por meio da metodologia de *Fuzzy SWARA* descrita na seção 3.5.

Passo 1: Primeiramente a equipe de decisores ordena os critérios e subcritérios em ordem decrescente com base nas prioridades da política da empresa. O Apêndice F demonstra a ordenação dos critérios e subcritérios a qual foi obtida por meio da planilha eletrônica.

Passo 2: Determinar o valor de importância comparativa S_i , começando do critério de ordem dois (nível 2 da estruturação hierárquica), o DM_1 e DM_2 expressaram o grau de importância dos critérios em relação ao critério de ordem um utilizando as variáveis linguísticas da escala de números *Fuzzy* proposta na Tabela 1 na seção 3.5. Na sequência, compara-se o critério de ordem três em relação ao de ordem dois e assim por diante até finalizar o total de 6 comparações par a par dos 7 critérios definidos. Para realizar essas comparações tanto nos critérios quanto nos subcritérios utilizou-se um questionário *online* conforme ilustrado no Apêndice G.

Os números triangulares *fuzzy* podem ser defuzzificados usando a equação (13). Por exemplo, conforme o Apêndice G o decisor DM_1 atribuiu um grau de importância do critério Qualidade do serviço (C_5) em relação à Segurança e meio ambiente (C_7) como MI (Menos importante). O valor *crisp* da variável linguística MI foi determinado como:

$$x = \frac{(0,25) + 2(0,5) + (0,75)}{4} = 0,50$$

Passo 3: O procedimento descrito no passo 2 foi usado para a comparação dos subcritérios (nível 3 da estruturação hierárquica), e assim determinar o grau de importância conforme a opinião dos decisores DM_1 e DM_2 .

Passo 4: Posteriormente se determina o parâmetro k_i para os critérios e subcritérios conforme a equação (14).

Passo 5: Em seguida se calcula o peso relativo q_i para cada um dos critérios e subcritérios baseado na equação (15).

Passo 6: Uma vez expressado o grau de importância e efetuado o cálculo dos parâmetros S_i , k_i , q_i , se determina o peso w_i dos critérios e subcritérios conforme a equação (16).

Os resultados dos pesos dos critérios do decisor DM_1 são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 - Pesos dos critérios do decisor DM_1

Critério	Grau de importância	S_j	k_j	q_j	w_j
C_7 : Segurança e meio ambiente		0,000	1,000	1,000	0,216
C_5 : Qualidade de serviço	MI	0,500	1,500	0,667	0,144
C_2 : Custo	IM	0,000	1,000	0,667	0,144
C_4 : Desempenho operacional	PQMI	0,063	1,063	0,627	0,136
C_1 : Perfil	PQMI	0,063	1,063	0,591	0,128
C_3 : Relacionamento	PQMI	0,063	1,063	0,556	0,120
C_6 : Tecnologias da Informação	PQMI	0,063	1,063	0,523	0,113
				Σ	<u>4,630</u> 1,000

Fonte: Autoria própria (2019)

Na Tabela 3 são apresentados os pesos dos critérios do decisor DM_2 e o cálculo dos parâmetros S_i , k_i , q_i .

Tabela 3 - Pesos dos critérios do decisor DM_2

Critério	Grau de importância	S_j	k_j	q_j	w_j
C_7 : Segurança e meio ambiente		0,000	1,000	1,000	0,176
C_5 : Qualidade de serviço	IM	0,000	1,000	1,000	0,176
C_2 : Custo	IM	0,000	1,000	1,000	0,176
C_4 : Desempenho operacional	IM	0,000	1,000	1,000	0,176
C_1 : Perfil	MMI	0,750	1,750	0,571	0,101
C_3 : Relacionamento	IM	0,000	1,000	0,571	0,101
C_6 : Tecnologias da Informação	PQMI	0,063	1,063	0,538	0,095
				Σ	<u>5,681</u> 1,000

Fonte: Autoria própria (2019)

Quanto aos resultados dos pesos dos subcritérios perfil do decisor DM_1 , estão demonstrados na Tabela 4.

Tabela 4 - Pesos dos subcritérios do C_1 para o decisor DM_1

Subcritério	Grau de importância	S_{ij}	k_{ij}	q_{ij}	w_{ij}
C_{1-3} : Estabilidade financeira		0,000	1,000	1,000	0,412
C_{1-1} : Experiência na indústria	PQMI	0,063	1,063	0,941	0,388
C_{1-2} : Localização geográfica	MTMI	0,938	1,938	0,486	0,200
				Σ	2,427 1,000

Fonte: Autoria própria (2019)

A Tabela 5 são mostrados os pesos dos subcritérios “perfil” do decisor DM_2 .

Tabela 5 - Pesos dos subcritérios do C_1 para o decisor DM_2

Subcritério	Grau de importância	S_{ij}	k_{ij}	q_{ij}	w_{ij}
C_{1-3} : Estabilidade financeira		0,000	1,000	1,000	0,333
C_{1-1} : Experiência na indústria	IM	0,000	1,000	1,000	0,333
C_{1-2} : Localização geográfica	IM	0,000	1,000	1,000	0,333
				Σ	3,000 1,000

Fonte: Autoria própria (2019)

A Tabela 6 apresenta o grau de importância expressado nos subcritérios “custo” pelo decisor DM_1 e os pesos dos mesmos.

Tabela 6 - Pesos dos subcritérios do C_2 para o decisor DM_1

Subcritério	Grau de importância	S_{ij}	k_{ij}	q_{ij}	w_{ij}
C_{2-3} : Redução de custo logístico		0,000	1,000	1,000	0,403
C_{2-1} : Custo logístico	PQMI	0,063	1,063	0,941	0,380
C_{2-2} : Custo de serviços de valor agregado	MMI	0,750	1,750	0,538	0,217
				Σ	2,479 1,000

Fonte: Autoria própria (2019)

Por meio da Tabela 7, também é possível constatar os pesos dos subcritérios “custo” pelo decisor DM_2 .

Tabela 7 - Pesos dos subcritérios do C_2 para o decisor DM_2

Subcritério	Grau de importância	S_{ij}	k_{ij}	q_{ij}	w_{ij}
C_{2-3} : Redução de custo logístico		0,000	1,000	1,000	0,429
C_{2-1} : Custo logístico	MI	0,500	1,500	0,667	0,286
C_{2-2} : Custo de serviços de valor agregado	IM	0,000	1,000	0,667	0,286
				Σ	2,333 1,000

Fonte: Autoria própria (2019)

De encontro aos resultados dos pesos dos subcritérios “relacionamento” obtidos pelo DM_1 , são ilustrados na Tabela 8.

Tabela 8 - Pesos dos subcritérios do C_3 para o decisor DM_1

Subcritério	Grau de importância	S_{ij}	k_{ij}	q_{ij}	w_{ij}
C_{3-1} : Flexibilidade de mudança aos requisitos do cliente		0,000	1,000	1,000	0,385
C_{3-2} : Disponibilidade da alta gestão	PMI	0,250	1,250	0,800	0,308
C_{3-3} : Compartilhamento de informações	IM	0,000	1,000	0,800	0,308
				Σ	2,600 1,000

Fonte: Autoria própria (2019)

A Tabela 9 apresenta os resultados dos pesos dos subcritérios “relacionamento” gerados a partir do grau de importância expressos pelo DM_2 .

Tabela 9 - Pesos dos subcritérios do C_3 para o decisor DM_2

Subcritério	Grau de importância	S_{ij}	k_{ij}	q_{ij}	w_{ij}
C_{3-1} : Flexibilidade de mudança aos requisitos do cliente		0,000	1,000	1,000	0,385
C_{3-2} : Disponibilidade da alta gestão	PMI	0,250	1,250	0,800	0,308
C_{3-3} : Compartilhamento de informações	IM	0,000	1,000	0,800	0,308
				Σ	2,600 1,000

Fonte: Autoria própria (2019)

Conforme mostra a Tabela 10, os pesos dos subcritérios “desempenho operacional” foram determinados de acordo as expressões linguísticas do decisor DM_1 .

Tabela 10 - Pesos dos subcritérios do C_4 para o decisor DM_1

Subcritério	Grau de importância	S_{ij}	k_{ij}	q_{ij}	w_{ij}
C_{4-3} : Utilização de capacidade do veículo		0,000	1,000	1,000	0,279
C_{4-2} : Entrega dentro do prazo	PQMI	0,063	1,063	0,941	0,263
C_{4-1} : Amplitude de serviços logísticos	PMI	0,250	1,250	0,753	0,210
C_{4-4} : Tempo ciclo do pedido	PQMI	0,063	1,063	0,886	0,247
				Σ	3,580 1,000

Fonte: Autoria própria (2019)

Ademais os pesos dos subcritérios “desempenho operacional” do decisor DM_2 foram calculados e apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 - Pesos dos subcritérios do C_4 para o decisor DM_2

Subcritério	Grau de importância	S_{ij}	k_{ij}	q_{ij}	w_{ij}
C_{4-3} : Utilização de capacidade do veículo		0,000	1,000	1,000	0,273
C_{4-2} : Entrega dentro do prazo	IM	0,000	1,000	1,000	0,273
C_{4-1} : Amplitude de serviços logísticos	MI	0,500	1,500	0,667	0,182
C_{4-4} : Tempo ciclo do pedido	IM	0,000	1,000	1,000	0,273
				Σ	3,667 1,000

Fonte: Autoria própria (2019)

Na Tabela 12 são apresentados os pesos dos subcritérios “qualidade de serviço” do decisor DM_1 .

Tabela 12 - Pesos dos subcritérios do C_5 para o decisor DM_1

Subcritério	Grau de importância	S_{ij}	k_{ij}	q_{ij}	w_{ij}
C_{5-3} : Melhoria contínua do serviço		0,000	1,000	1,000	0,289
C_{5-4} : Acompanhamento dos <i>KPIs</i>	PQMI	0,063	1,063	0,941	0,272
C_{5-1} : Garantia de qualidade na distribuição	PQMI	0,063	1,063	0,886	0,256
C_{5-2} : Certificação <i>ISO</i>	MI	0,500	1,500	0,627	0,182
				Σ	3,454 1,000

Fonte: Autoria própria (2019)

Os resultados dos pesos dos subcritérios “qualidade de serviço” do decisor DM_2 são apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 - Pesos dos subcritérios do C_5 para o decisor DM_2

Subcritério	Grau de importância	S_{ij}	k_{ij}	q_{ij}	w_{ij}
C_{5-3} : Melhoria contínua do serviço		0,000	1,000	1,000	0,263
C_{5-4} : Acompanhamento dos <i>KPIs</i>	IM	0,000	1,000	1,000	0,263
C_{5-1} : Garantia de qualidade na distribuição	IM	0,000	1,000	1,000	0,263
C_{5-2} : Certificação <i>ISO</i>	PMI	0,250	1,250	0,800	0,211
			Σ	3,800	1,000

Fonte: Autoria própria (2019)

A Tabela 14 apresenta os resultados dos pesos dos subcritérios “tecnologias da informação” do decisor DM_1 .

Tabela 14 - Pesos dos subcritérios do C_6 para o decisor DM_1

Subcritério	Grau de importância	S_{ij}	k_{ij}	q_{ij}	w_{ij}
C_{6-2} : Nível de Integração		0,000	1,000	1,000	0,389
C_{6-3} : Estabilidade do Sistema	PQMI	0,063	1,063	0,941	0,366
C_{6-1} : Cobertura de funções de TI	MI	0,500	1,500	0,627	0,244
			Σ	2,569	1,000

Fonte: Autoria própria (2019)

Em seguida, os pesos dos subcritérios “tecnologias da informação” do decisor DM_2 são demonstrados na Tabela 15.

Tabela 15 - Pesos dos subcritérios do C_6 para o decisor DM_2

Subcritério	Grau de importância	S_{ij}	k_{ij}	q_{ij}	w_{ij}
C_{6-2} : Nível de Integração		0,000	1,000	1,000	0,375
C_{6-3} : Estabilidade do Sistema	IM	0,000	1,000	1,000	0,375
C_{6-1} : Cobertura de funções de TI	MI	0,500	1,500	0,667	0,250
			Σ	2,667	1,000

Fonte: Autoria própria (2019)

Os resultados dos pesos dos subcritérios “segurança e meio ambiente” do decisor DM_1 são apresentados na Tabela 16.

Tabela 16 - Pesos dos subcritérios do C_7 para o decisor DM_1

Subcritério	Grau de importância	S_{ij}	k_{ij}	q_{ij}	w_{ij}
C_{7-1} : Saúde e segurança ocupacional		0,000	1,000	1,000	0,497
C_{7-2} : Segurança veicular	MI	0,500	1,500	0,667	0,332
C_{7-3} : Descarte de resíduos	MTMI	0,938	1,938	0,344	0,171
				Σ	<u>2,011</u> 1,000

Fonte: Autoria própria (2019)

Por fim, na Tabela 17 os resultados dos pesos dos subcritérios “segurança e meio ambiente” do decisor DM_2 são mostrados.

Tabela 17 - Pesos dos subcritérios do C_7 para o decisor DM_2

Subcritério	Grau de importância	S_{ij}	k_{ij}	q_{ij}	w_{ij}
C_{7-1} : Saúde e segurança ocupacional		0,000	1,000	1,000	0,397
C_{7-2} : Segurança veicular	IM	0,000	1,000	1,000	0,397
C_{7-3} : Descarte de resíduos	MTMI	0,938	1,938	0,516	0,205
				Σ	<u>2,516</u> 1,000

Fonte: Autoria própria (2019)

Com os pesos obtidos por meio dos 7 critérios e 23 subcritérios definidos pelos decisores DM_1 e DM_2 , posteriormente determinou-se os pesos finais dos 23 subcritérios correspondentes aos pesos de cada critério por cada um dos decisores.

Os pesos dos 7 critérios e seus respectivos subcritérios são multiplicados para dar um peso final para cada subcritério. Por exemplo, conforme é apresentado na Tabela 18 referente ao decisor DM_1 , o grupo do critério C_1 : Perfil tem um peso de 0,128 quando comparado com os outros grupos dos critérios (C_2 : Custo, C_3 : Relacionamento, C_4 : Desempenho operacional, C_5 : Qualidade de serviço, C_6 : Tecnologias da Informação e C_7 : Segurança e meio ambiente).

Dentro do C_1 : Perfil do decisor DM_1 , o sub-critério C_{1-1} : Experiência na indústria tem um peso de 0,388. Portanto, o peso final para o sub-critério C_{1-1} : Experiência na indústria é de $(0,128) * (0,388) = 0,049$. Esse é o peso atribuído a esse subcritério em relação a todos os subcritérios e a todos os critérios; levando em conta que o somatório de todos dos pesos finais dos subcritérios é igual a 1,000.

Tabela 18 - Pesos finais dos subcritérios pertencentes ao decisor DM_1

Critério	Peso	Subcritério	Peso	Peso final
C_1: Perfil	0,128	C_{1-1} : Experiência na indústria	0,388	0,049
		C_{1-2} : Localização geográfica	0,200	0,026
		C_{1-3} : Estabilidade financeira	0,412	0,053
C_2: Custo	0,144	C_{2-1} : Custo logístico	0,380	0,055
		C_{2-2} : Custo de serviços de valor agregado	0,217	0,031
		C_{2-3} : Redução de custo logístico	0,403	0,058
C_3: Relacionamento	0,120	C_{3-1} : Flexibilidade de mudança aos requisitos do cliente	0,385	0,046
		C_{3-2} : Disponibilidade da alta gestão	0,308	0,037
		C_{3-3} : Compartilhamento de informações	0,308	0,037
C_4: Desempenho operacional	0,136	C_{4-1} : Amplitude de serviços logísticos	0,210	0,029
		C_{4-2} : Entrega dentro do prazo	0,263	0,036
		C_{4-3} : Utilização de capacidade do veículo	0,279	0,038
		C_{4-4} : Tempo ciclo do pedido	0,247	0,034
C_5: Qualidade de serviço	0,144	C_{5-1} : Garantia de qualidade na distribuição	0,256	0,037
		C_{5-2} : Certificação <i>ISO</i>	0,182	0,026
		C_{5-3} : Melhoria contínua do serviço	0,289	0,042
		C_{5-4} : Acompanhamento dos <i>KPIs</i>	0,272	0,039
C_6: Tecnologias da Informação	0,113	C_{6-1} : Cobertura de funções de TI	0,244	0,028
		C_{6-2} : Nível de Integração	0,389	0,044
		C_{6-3} : Estabilidade do sistema	0,366	0,041
C_7: Segurança e meio ambiente	0,216	C_{7-1} : Saúde e segurança ocupacional	0,497	0,107
		C_{7-2} : Segurança veicular	0,332	0,072
		C_{7-3} : Descarte de resíduos	0,171	0,037
			Σ	1,000

Fonte: Autoria própria (2019)

Na Tabela 19 são apresentados os pesos finais dos subcritérios pertencentes ao decisor DM_2 .

Tabela 19 - Pesos finais dos subcritérios pertencentes ao decisor DM_2

Critério	Peso	Subcritério	Peso	Peso final
C_1: Perfil	0,101	C_{1-1} : Experiência na indústria	0,333	0,034
		C_{1-2} : Localização geográfica	0,333	0,034
		C_{1-3} : Estabilidade financeira	0,333	0,034
C_2: Custo	0,176	C_{2-1} : Custo logístico	0,286	0,050
		C_{2-2} : Custo de serviços de valor agregado	0,286	0,050
		C_{2-3} : Redução de custo logístico	0,429	0,075
C_3: Relacionamento	0,101	C_{3-1} : Flexibilidade de mudança aos requisitos do cliente	0,429	0,043
		C_{3-2} : Disponibilidade da alta gestão	0,343	0,034
		C_{3-3} : Compartilhamento de informações	0,229	0,023
C_4: Desempenho operacional	0,176	C_{4-1} : Amplitude de serviços logísticos	0,182	0,032
		C_{4-2} : Entrega dentro do prazo	0,273	0,048
		C_{4-3} : Utilização de capacidade do veículo	0,273	0,048
		C_{4-4} : Tempo ciclo do pedido	0,273	0,048
C_5: Qualidade de serviço	0,176	C_{5-1} : Garantia de qualidade na distribuição	0,263	0,046
		C_{5-2} : Certificação <i>ISO</i>	0,211	0,037
		C_{5-3} : Melhoria contínua do serviço	0,263	0,046
		C_{5-4} : Acompanhamento dos <i>KPIs</i>	0,263	0,046
C_6: Tecnologias da Informação	0,095	C_{6-1} : Cobertura de funções de TI	0,250	0,024
		C_{6-2} : Nível de Integração	0,375	0,036
		C_{6-3} : Estabilidade do sistema	0,375	0,036
C_7: Segurança e meio ambiente	0,176	C_{7-1} : Saúde e segurança ocupacional	0,397	0,070
		C_{7-2} : Segurança veicular	0,397	0,070
		C_{7-3} : Descarte de resíduos	0,205	0,036
			Σ	1,000

Fonte: Autoria própria (2019)

Passo 7: Na Tabela 20, são visualizados os pesos totais dos critérios e subcritérios de seleção, os quais representam os pesos da equipe de decisores DMT.

Tabela 20 - Pesos totais dos critérios e subcritérios pertencentes a equipe de decisores DMT

Critério	Peso total	Subcritério	Peso total	Peso final
C₁: Perfil	0,113	C ₁₋₁ : Experiência na indústria	0,360	0,041
		C ₁₋₂ : Localização geográfica	0,258	0,029
		C ₁₋₃ : Estabilidade financeira	0,371	0,042
C₂: Custo	0,159	C ₂₋₁ : Custo logístico	0,329	0,052
		C ₂₋₂ : Custo de serviços de valor agregado	0,249	0,040
		C ₂₋₃ : Redução de custo logístico	0,416	0,066
C₃: Relacionamento	0,110	C ₃₋₁ : Flexibilidade de mudança aos requisitos do cliente	0,406	0,045
		C ₃₋₂ : Disponibilidade da alta gestão	0,325	0,036
		C ₃₋₃ : Compartilhamento de informações	0,265	0,029
C₄: Desempenho operacional	0,154	C ₄₋₁ : Amplitude de serviços logísticos	0,196	0,030
		C ₄₋₂ : Entrega dentro do prazo	0,268	0,041
		C ₄₋₃ : Utilização de capacidade do veículo	0,276	0,043
		C ₄₋₄ : Tempo ciclo do pedido	0,260	0,040
C₅: Qualidade de serviço	0,159	C ₅₋₁ : Garantia de qualidade na distribuição	0,260	0,041
		C ₅₋₂ : Certificação <i>ISO</i>	0,196	0,031
		C ₅₋₃ : Melhoria contínua do serviço	0,276	0,044
		C ₅₋₄ : Acompanhamento dos <i>KPIs</i>	0,268	0,043
C₆: Tecnologias da Informação	0,103	C ₆₋₁ : Cobertura de funções de TI	0,247	0,026
		C ₆₋₂ : Nível de Integração	0,382	0,040
		C ₆₋₃ : Estabilidade do sistema	0,371	0,038
C₇: Segurança e meio ambiente	0,195	C ₇₋₁ : Saúde e segurança ocupacional	0,445	0,087
		C ₇₋₂ : Segurança veicular	0,363	0,071
		C ₇₋₃ : Descarte de resíduos	0,187	0,037
			∑	1,000

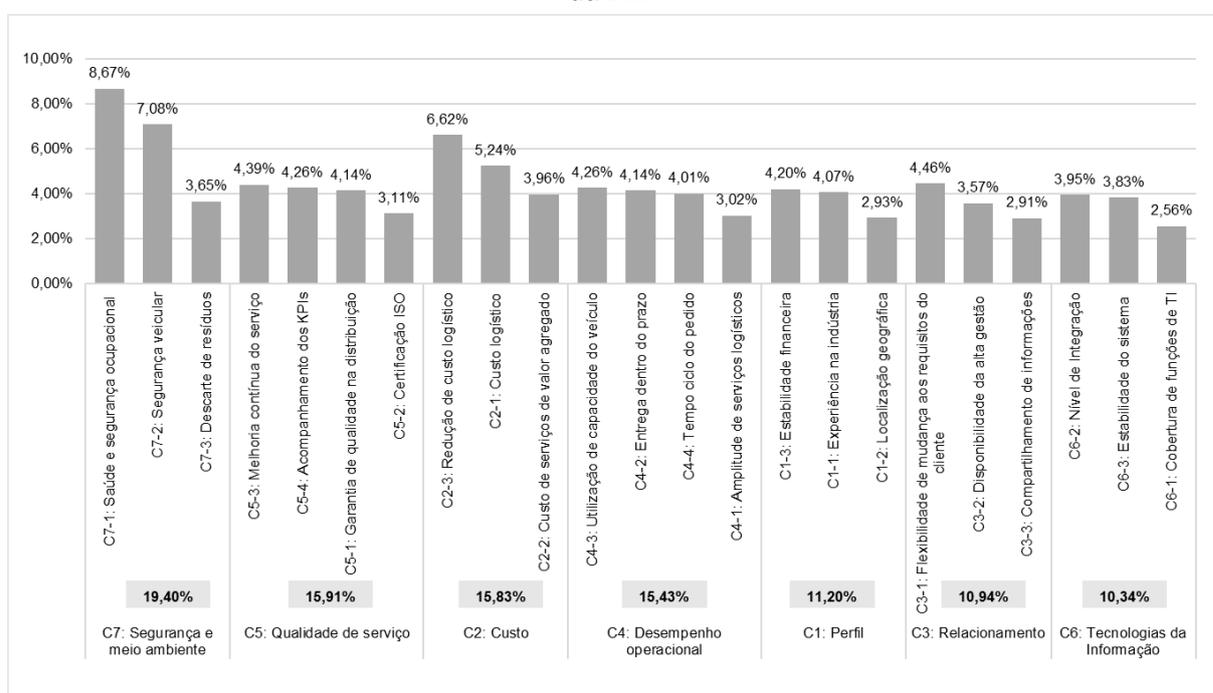
Fonte: Autoria própria (2019)

O peso total dos critérios e subcritérios são determinados conforme a equação (17) e os pesos finais obtidos dos decisores DM_1 e DM_2 .

Além disso, na mesma Tabela 20 são apresentados os pesos finais correspondentes aos subcritérios.

Para uma melhor comparação dos pesos dos critérios da equipe de decisores DMT, o Gráfico 1 mostra por meio de um histograma os pesos dos critérios em função dos seus respectivos subcritérios.

Gráfico 1 - Histograma dos pesos dos critérios em função dos seus respectivos subcritérios da DMT



Fonte: Autoria própria (2019)

Como mostrado no Gráfico 1, o grupo dos subcritérios do critério segurança e meio ambiente tem a classificação mais alta, com uma ponderação de 19,40%, seguida de qualidade de serviço (15,91%), custo (15,83%), desempenho operacional (15,43%), perfil (11,20%), relacionamento (10,94%) e tecnologias da informação (10,34%).

Em seguida, segundo a regra do 80/20, destaca-se o fato de que os cinco principais critérios, ou seja, segurança e meio ambiente, qualidade de serviço, custo, desempenho operacional e perfil representam mais de 80% do peso total, indicando que para um operador logístico que deseje fornecer atividades logísticas para a empresa manufatureira fabricante de eletrodomésticos estudada, o mais adequado é investir em de alta segurança e meio ambiente, combinado com a qualidade de serviço, custo, desempenho operacional e perfil.

Quanto a ponderação dos critérios, C_7 : Segurança e meio ambiente (19,40%) representa para a equipe de decisores o critério mais importante em relação aos outros critérios, o qual é diferente aos resultados apresentados em trabalhos anteriores que indicam que o critério custo tem sido o mais importante para a seleção do operador logístico. (DAPIRAN e LIEB, 1996; IŞIKLAR, ALPTEKIN e BÜYÜKÖZKAN, 2007; KUMAR E SINGH, 2012).

No entanto, C_2 : Custo (15,83%) se encontra abaixo de C_5 : Qualidade de serviço (15,91%) e acima de C_4 : Desempenho operacional (15,43%) com uma ponderação demasiada próxima, evidenciando que eles representam o segundo critério mais importante seguido de C_7 : Segurança e meio ambiente.

Embora, os critérios tenham sido ordenados estritamente conforme as prioridades da política da empresa, é notável que o resultados das ponderações similares de C_2 : Custo, C_5 : Qualidade de serviço e C_4 : Desempenho operacional tem a característica de possuir uma mesma importância ou equivalente para a equipe de decisores.

Além disso, a mesma importância equivalente ou similar dos critérios C_2 : Custo, C_5 : Qualidade de serviço e C_4 : Desempenho operacional, pode explicar a relação que existe entre os mesmos para estabelecer uma nova aliança entre uma empresa usuária e um operador logístico. Já que, a qualidade de serviço tem impacto positivo no desempenho operacional do operador logístico (PANAYIDES e SO, 2005). E o custo é importante quando o desempenho operacional é atendido de maneira satisfatória (BOTTANI e RIZZI, 2006).

Uma interpretação, entretanto, sobre o C_2 : Custo ter uma importância menor ao C_7 : Segurança e meio ambiente, pode significar que o baixo custo não compensará a pouca segurança e meio ambiente oferecida pelo operador logístico.

Posteriormente, um dos critérios com menor importância na aplicação do *Fuzzy SWARA*, é o C_1 : Perfil (11,20%). A ponderação inferior desse critério em relação ao C_4 : Desempenho operacional e C_2 : Custo demonstra que a estratégia do negócio da empresa está mais orientada a resultados alcançados dentro da cadeia de suprimentos, do que no perfil do operador logístico, o qual é consistente com o estudo realizado por Hwang, Chen e Lin (2016), que afirmaram que o desempenho operacional e custo são critérios focados em resultados para a seleção do operador logístico.

Seguidamente, C_3 : Relacionamento (10,94%) e C_6 : Tecnologias da informação (10,34%) são os critérios com menor importância em relação aos critérios anteriormente mencionados, embora o critério relacionamento seja considerado altamente importante para a seleção do operador logístico (SENTURK, ERGINEL e BINICI, 2017).

Também foi observado que a importância do critério C_6 : Tecnologias da informação não é tão significativa como são apontados em alguns estudos (BEIKKHAKHIAN et al, 2015). Essa peculiaridade da empresa pode significar que a equipe de decisores espera que todo operador logístico já tenha adotado as mínimas tecnologias da informação para operar nas operações de seus clientes.

Quanto a importância dos subcritérios, é visível que C_{7-1} : Saúde e segurança ocupacional (8,67%) e C_{7-2} : Segurança veicular (7,08%) são os critérios que estão em primeiro lugar como prioridade da política da empresa tanto como em importância da equipe de decisores.

Por outro lado, exibe-se que C_{2-3} : Redução de custos (6,62%) e C_{2-1} : Custo logístico (5,24%) são relevantes para equipe de decisores. Diante esse resultado, entende-se que existe a influência do comprador de logística da empresa para garantir a contratação do operador logístico.

Outro subcritério que destaca-se é C_{3-1} : Flexibilidade de mudança aos requisitos do cliente (4,46%). Para esse resultado, afirma-se que as necessidades da empresa devem ser atendidas pelo operador logístico conforme as mudanças do mercado.

Enfim, entre os subcritérios com menor importância, estão C_{3-3} : Compartilhamento de informações (2,91%) e C_{6-1} : Cobertura de funções de TI (2,56%). Os quais estão relacionados de alguma maneira a C_6 : Tecnologias da informação que também recebeu baixa importância pela equipe de decisores.

4.7 RESULTADOS DE APLICAÇÃO DO MÉTODO *FUZZY TOPSIS*

Nesta seção do trabalho, é realizada a aplicação da fase III da metodologia de *Fuzzy TOPSIS* proposta na seção 3.6 e a integração dos pesos dos critérios e subcritérios calculados pelo *Fuzzy SWARA* na fase anterior, para assim determinar o ranqueamento dos operadores logísticos e a seleção da melhor alternativa.

Passo 1: Identificou-se as variáveis linguísticas apropriadas X_{ij} para avaliar as alternativas em relação a cada critério e subcritério. Portanto, baseado nos processos anteriores do *BID* que envolvem a avaliação do operador logístico da empresa manufatureira fabricante de eletrodomésticos, é utilizada uma escala de 5 pontos pela equipe de decisores. Desta forma, as variáveis linguísticas propostas para avaliar as alternativas pertencem ao intervalo [1,9] de TFN, conforme Kore, Ravi e Patil (2017), como mostra a Tabela 21.

Tabela 21 - Escala de variáveis linguísticas *Fuzzy TOPSIS*

Sigla	Variáveis linguísticas	TFN
MB	Muito baixo	(1, 1, 3)
B	Baixo	(1, 3, 5)
M	Médio	(3, 5, 7)
A	Alto	(5, 7, 9)
MA	Muito alto	(7, 9, 9)

Fonte: Adaptado de Kore, Ravi e Patil (2017)

Passo 2: Construiu-se a matriz de decisão *fuzzy* incluindo o julgamento de preferência de cada um dos decisores da equipe DMT. Cada decisor (DM_1 e DM_2) utiliza as variáveis previamente descritas para avaliar as alternativas (A1 - A5) frente a cada grupo de subcritérios expressados no nível 3 da estruturação hierárquica.

A matriz de decisão *fuzzy* feita por cada um dos decisores DM_1 e DM_2 são vistas nas Tabelas 22 e 23 respectivamente.

Para os decisores expressarem seus julgamentos de preferência foi utilizada uma planilha eletrônica em Excel conforme o Apêndice H (Avaliação dos operadores logísticos), a qual descreve a forma como é avaliado cada um dos subcritérios. Os decisores preencheram e designaram uma variável linguística conforme a escala *Fuzzy* da Tabela 21 para cada alternativa frente a cada subcritério.

Tabela 22 - Matriz de decisão *fuzzy* do decisor DM_1

(continua)

Critérios	C1: Perfil			C2: Custo			C3: Relacionamento		
Alternativas	C1-1	C1-2	C1-3	C2-1	C2-2	C2-3	C3-1	C3-2	C3-3
A1	A	M	A	M	M	MB	A	A	B
A2	MA	M	A	M	M	B	MA	A	B
A3	MA	A	A	M	M	M	M	M	M
A4	MA	M	A	A	M	M	B	M	B
A5	MA	MA	A	A	M	A	B	M	B

(continua)

Critérios	C4: Desempenho operacional				C5: Qualidade de serviço			
Alternativas	C4-1	C4-2	C4-3	C4-4	C5-1	C5-2	C5-3	C5-4
A1	MB	MA	M	B	A	M	B	B
A2	MB	MA	M	B	MA	A	M	B
A3	M	MA	M	B	M	M	M	M
A4	M	MA	M	B	M	M	B	M
A5	A	MA	M	B	M	A	B	M

(conclusão)

Critérios	C6: Tecnologias da Informação			C7: Segurança e meio ambiente		
Alternativas	C6-1	C6-2	C6-3	C7-1	C7-2	C7-3
A1	M	MB	MA	M	M	A
A2	M	MB	MA	A	M	A
A3	M	A	MA	A	A	A
A4	M	M	MA	M	M	A
A5	M	M	MA	MA	A	A

Fonte: Autoria própria (2019)

Tabela 23 - Matriz de decisão *fuzzy* do decisor DM_2

(continua)

Critérios	C1: Perfil			C2: Custo			C3: Relacionamento		
	Alternativas	C1-1	C1-2	C1-3	C2-1	C2-2	C2-3	C3-1	C3-2
A1	A	A	A	A	A	A	M	M	A
A2	MA	A	A	M	M	A	A	A	A
A3	A	A	A	MA	MA	M	M	A	A
A4	A	M	M	A	A	A	M	M	A
A5	A	M	A	A	A	A	A	M	A

(continua)

Critérios	C4: Desempenho operacional				C5: Qualidade de serviço				
	Alternativas	C4-1	C4-2	C4-3	C4-4	C5-1	C5-2	C5-3	C5-4
A1	A	A	A	A	A	A	A	A	M
A2	A	MA	MA	A	A	A	A	A	A
A3	A	M	M	A	A	A	A	A	MA
A4	A	A	A	A	A	A	A	A	M
A5	A	A	A	A	A	A	A	A	A

(conclusão)

Critérios	C6: Tecnologias da Informação			C7: Segurança e meio ambiente		
	Alternativas	C6-1	C6-2	C6-3	C7-1	C7-2
A1	M	A	A	A	A	A
A2	A	MA	A	A	A	A
A3	A	MA	A	A	A	A
A4	M	A	A	A	A	A
A5	A	A	A	A	A	A

Fonte: Autoria própria (2019)

Posteriormente são aplicados os números triangulares *fuzzy* $\tilde{X}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ às duas matrizes de decisão *fuzzy* contruídas com as variáveis linguísticas expressas pelos decisores DM_1 e DM_2 conforme as Tabelas 24 e 25.

Tabela 24 - Matriz de decisão *fuzzy* com seus respectivos TFN do decisor DM_1

(continua)

Critérios	C1: Perfil			C2: Custo			C3: Relacionamento		
	Alternativas	C1-1	C1-2	C1-3	C2-1	C2-2	C2-3	C3-1	C3-2
A1	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(1, 1, 3)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)
A2	(7, 9, 9)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(7, 9, 9)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)
A3	(7, 9, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)
A4	(7, 9, 9)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)
A5	(7, 9, 9)	(7, 9, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)

(continua)

Critérios	C4: Desempenho operacional				C5: Qualidade de serviço			
	Alternativas	C4-1	C4-2	C4-3	C4-4	C5-1	C5-2	C5-3
A1	(1, 1, 3)	(7, 9, 9)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)
A2	(1, 1, 3)	(7, 9, 9)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(7, 9, 9)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)
A3	(3, 5, 7)	(7, 9, 9)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)
A4	(3, 5, 7)	(7, 9, 9)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)
A5	(5, 7, 9)	(7, 9, 9)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)

(conclusão)

Critérios	C6: Tecnologias da Informação			C7: Segurança e meio ambiente		
	Alternativas	C6-1	C6-2	C6-3	C7-1	C7-2
A1	(3, 5, 7)	(1, 1, 3)	(7, 9, 9)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)
A2	(3, 5, 7)	(1, 1, 3)	(7, 9, 9)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)
A3	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(7, 9, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)
A4	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(7, 9, 9)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)
A5	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(7, 9, 9)	(7, 9, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)

Fonte: Autoria própria (2019)

Tabela 25 - Matriz de decisão *fuzzy* com seus respectivos TFN do decisor DM_2

(continua)

Critérios	C1: Perfil			C2: Custo			C3: Relacionamento		
	Alternativas	C1-1	C1-2	C1-3	C2-1	C2-2	C2-3	C3-1	C3-2
A1	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)
A2	(7, 9, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)
A3	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(7, 9, 9)	(7, 9, 9)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)
A4	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)
A5	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)

(continua)

Critérios	C4: Desempenho operacional				C5: Qualidade de serviço				
	Alternativas	C4-1	C4-2	C4-3	C4-4	C5-1	C5-2	C5-3	C5-4
A1	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)
A2	(5, 7, 9)	(7, 9, 9)	(7, 9, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)
A3	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(7, 9, 9)
A4	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)
A5	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)

(conclusão)

Critérios	C6: Tecnologias da Informação			C7: Segurança e meio ambiente			
	Alternativas	C6-1	C6-2	C6-3	C7-1	C7-2	C7-3
A1	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)
A2	(5, 7, 9)	(7, 9, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)
A3	(5, 7, 9)	(7, 9, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)
A4	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)
A5	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)

Fonte: Autoria própria (2019)

Passo 3: Criou-se a matriz de decisão *fuzzy* agregada considerando as duas matrizes de avaliação das alternativas pertencentes aos decisores DM_1 e DM_2 expressas em números triangulares fuzzy \tilde{X}_{ij} . Com ajuda da equação (18) gera-se a matriz de decisão *fuzzy* agregada conforme é apresentada na Tabela 26.

Tabela 26 - Matriz de decisão *fuzzy* agregada

(continua)

Critérios	C1: Perfil			C2: Custo			C3: Relacionamento			
	Alternativas	C1-1	C1-2	C1-3	C2-1	C2-2	C2-3	C3-1	C3-2	C3-3
A1	(5, 7, 9)	(3, 6, 9)	(5, 7, 9)	(3, 6, 9)	(3, 6, 9)	(1, 4, 9)	(3, 6, 9)	(3, 6, 9)	(3, 6, 9)	(1, 5, 9)
A2	(7, 9, 9)	(3, 6, 9)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(1, 5, 9)	(5, 8, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(1, 5, 9)
A3	(5, 8, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(3, 7, 9)	(3, 7, 9)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(3, 6, 9)	(3, 6, 9)	(3, 6, 9)
A4	(5, 8, 9)	(3, 5, 7)	(3, 6, 9)	(5, 7, 9)	(3, 6, 9)	(3, 6, 9)	(1, 4, 7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(1, 5, 9)
A5	(5, 8, 9)	(3, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(3, 6, 9)	(5, 7, 9)	(1, 5, 9)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(1, 5, 9)

(continua)

Critérios	C4: Desempenho operacional				C5: Qualidade de serviço			
	Alternativas	C4-1	C4-2	C4-3	C4-4	C5-1	C5-2	C5-3
A1	(1, 4, 9)	(5, 8, 9)	(3, 6, 9)	(1, 5, 9)	(5, 7, 9)	(3, 6, 9)	(1, 5, 9)	(1, 4, 7)
A2	(1, 4, 9)	(7, 9, 9)	(3, 7, 9)	(1, 5, 9)	(5, 8, 9)	(5, 7, 9)	(3, 6, 9)	(1, 5, 9)
A3	(3, 6, 9)	(3, 7, 9)	(3, 5, 7)	(1, 5, 9)	(3, 6, 9)	(3, 6, 9)	(3, 6, 9)	(3, 7, 9)
A4	(3, 6, 9)	(5, 8, 9)	(3, 6, 9)	(1, 5, 9)	(3, 6, 9)	(3, 6, 9)	(1, 5, 9)	(3, 5, 7)
A5	(5, 7, 9)	(5, 8, 9)	(3, 6, 9)	(1, 5, 9)	(3, 6, 9)	(5, 7, 9)	(1, 5, 9)	(3, 6, 9)

(conclusão)

Critérios	C6: Tecnologias da Informação			C7: Segurança e meio ambiente		
	Alternativas	C6-1	C6-2	C6-3	C7-1	C7-2
A1	(3, 5, 7)	(1, 4, 9)	(5, 8, 9)	(3, 6, 9)	(3, 6, 9)	(5, 7, 9)
A2	(3, 6, 9)	(1, 5, 9)	(5, 8, 9)	(5, 7, 9)	(3, 6, 9)	(5, 7, 9)
A3	(3, 6, 9)	(5, 8, 9)	(5, 8, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)
A4	(3, 5, 7)	(3, 6, 9)	(5, 8, 9)	(3, 6, 9)	(3, 6, 9)	(5, 7, 9)
A5	(3, 6, 9)	(3, 6, 9)	(5, 8, 9)	(5, 8, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)

Fonte: Autoria própria (2019)

Passo 4: Realizou-se a normalização da matriz de decisão *fuzzy* agregada. De acordo com o processo de avaliação dos operadores logísticos da empresa fabricante de eletrodomésticos, todos os subcritérios de seleção são do tipo benefício (*B*), ou seja, de maximização. Portanto, para o cálculo da matriz de decisão *fuzzy* agregada normalizada é utilizada a equação (5). A Tabela 27 apresenta a matriz de decisão *fuzzy* normalizada.

Tabela 27 - Matriz de decisão *fuzzy* agregada normalizada

(continua)

Critérios	C1: Perfil			C2: Custo
	Alternativas	C1-1	C1-2	C1-3
A1	(0,55, 0,77, 1)	(0,33, 0,66, 1)	(0,55, 0,77, 1)	(0,33, 0,66, 1)
A2	(0,77, 1, 1)	(0,33, 0,66, 1)	(0,55, 0,77, 1)	(0,33, 0,55, 0,77)
A3	(0,55, 0,88, 1)	(0,55, 0,77, 1)	(0,55, 0,77, 1)	(0,33, 0,77, 1)
A4	(0,55, 0,88, 1)	(0,33, 0,55, 0,77)	(0,33, 0,66, 1)	(0,55, 0,77, 1)
A5	(0,55, 0,88, 1)	(0,33, 0,77, 1)	(0,55, 0,77, 1)	(0,55, 0,77, 1)

(continua)

Critérios	C2: Custo		C3: Relacionamento		
	Alternativas	C2-2	C2-3	C3-1	C3-2
A1		(0,33, 0,66, 1)	(0,11, 0,44, 1)	(0,33, 0,66, 1)	(0,33, 0,66, 1)
A2		(0,33, 0,55, 0,77)	(0,11, 0,55, 1)	(0,55, 0,88, 1)	(0,55, 0,77, 1)
A3		(0,33, 0,77, 1)	(0,33, 0,55, 0,77)	(0,33, 0,55, 0,77)	(0,33, 0,66, 1)
A4		(0,33, 0,66, 1)	(0,33, 0,66, 1)	(0,11, 0,44, 0,77)	(0,33, 0,55, 0,77)
A5		(0,33, 0,66, 1)	(0,55, 0,77, 1)	(0,11, 0,55, 1)	(0,33, 0,55, 0,77)

(continua)

Critérios	C3: Relacionamento		C4: Desempenho operacional		
	Alternativas	C3-3	C4-1	C4-2	C4-3
A1		(0,11, 0,55, 1)	(0,11, 0,44, 1)	(0,55, 0,88, 1)	(0,33, 0,66, 1)
A2		(0,11, 0,55, 1)	(0,11, 0,44, 1)	(0,77, 1, 1)	(0,33, 0,77, 1)
A3		(0,33, 0,66, 1)	(0,33, 0,66, 1)	(0,33, 0,77, 1)	(0,33, 0,55, 0,77)
A4		(0,11, 0,55, 1)	(0,33, 0,66, 1)	(0,55, 0,88, 1)	(0,33, 0,66, 1)
A5		(0,11, 0,55, 1)	(0,55, 0,77, 1)	(0,55, 0,88, 1)	(0,33, 0,66, 1)

(continua)

Critérios	C4: Desempenho operacional		C5: Qualidade de serviço		
	Alternativas	C4-4	C5-1	C5-2	C5-3
A1		(0,11, 0,55, 1)	(0,55, 0,77, 1)	(0,33, 0,66, 1)	(0,11, 0,55, 1)
A2		(0,11, 0,55, 1)	(0,55, 0,88, 1)	(0,55, 0,77, 1)	(0,33, 0,66, 1)
A3		(0,11, 0,55, 1)	(0,33, 0,66, 1)	(0,33, 0,66, 1)	(0,33, 0,66, 1)
A4		(0,11, 0,55, 1)	(0,33, 0,66, 1)	(0,33, 0,66, 1)	(0,11, 0,55, 1)
A5		(0,11, 0,55, 1)	(0,33, 0,66, 1)	(0,55, 0,77, 1)	(0,11, 0,55, 1)

(continua)

Critérios	C5: Qualidade de serviço		C6: Tecnologias da Informação		
	Alternativas	C5-4	C6-1	C6-2	C6-3
A1		(0,11, 0,44, 0,77)	(0,33, 0,55, 0,77)	(0,11, 0,44, 1)	(0,55, 0,88, 1)
A2		(0,11, 0,55, 1)	(0,33, 0,66, 1)	(0,11, 0,55, 1)	(0,55, 0,88, 1)
A3		(0,33, 0,77, 1)	(0,33, 0,66, 1)	(0,55, 0,88, 1)	(0,55, 0,88, 1)
A4		(0,33, 0,55, 0,77)	(0,33, 0,55, 0,77)	(0,33, 0,66, 1)	(0,55, 0,88, 1)
A5		(0,33, 0,66, 1)	(0,33, 0,66, 1)	(0,33, 0,66, 1)	(0,55, 0,88, 1)

(conclusão)

Critérios		C7: Segurança e meio ambiente		
Alternativas	C7-1	C7-2	C7-3	
A1	(0,33, 0,66, 1)	(0,33, 0,66, 1)	(0,55, 0,77, 1)	
A2	(0,55, 0,77, 1)	(0,33, 0,66, 1)	(0,55, 0,77, 1)	
A3	(0,55, 0,77, 1)	(0,55, 0,77, 1)	(0,55, 0,77, 1)	
A4	(0,33, 0,66, 1)	(0,33, 0,66, 1)	(0,55, 0,77, 1)	
A5	(0,55, 0,88, 1)	(0,55, 0,77, 1)	(0,55, 0,77, 1)	

Fonte: Autoria própria (2019)

Passo 5: Desenhou-se a matriz de decisão *fuzzy* ponderada, aplicando o peso final dos subcritérios pertencentes à equipe de decisores DMT da Tabela 20 utilizando a equação (7). A matriz de decisão *fuzzy* ponderada é apresentada na Tabela 28.

Tabela 28 - Matriz de decisão fuzzy agregada ponderada

(continua)

Critérios		C1: Perfil		
Alternativas	C1-1	C1-2	C1-3	
A1	(0,022, 0,031, 0,040)	(0,009, 0,019, 0,029)	(0,023, 0,032, 0,041)	
A2	(0,031, 0,040, 0,040)	(0,009, 0,019, 0,029)	(0,023, 0,032, 0,041)	
A3	(0,022, 0,036, 0,040)	(0,016, 0,022, 0,029)	(0,023, 0,032, 0,041)	
A4	(0,022, 0,036, 0,040)	(0,009, 0,016, 0,022)	(0,013, 0,027, 0,041)	
A5	(0,022, 0,036, 0,040)	(0,009, 0,022, 0,029)	(0,023, 0,032, 0,041)	

(continua)

Critérios		C2: Custo		
Alternativas	C2-1	C2-2	C2-3	
A1	(0,017, 0,034, 0,052)	(0,013, 0,026, 0,039)	(0,007, 0,029, 0,066)	
A2	(0,017, 0,029, 0,040)	(0,013, 0,022, 0,030)	(0,007, 0,036, 0,066)	
A3	(0,017, 0,040, 0,052)	(0,013, 0,030, 0,039)	(0,022, 0,036, 0,051)	
A4	(0,029, 0,040, 0,052)	(0,013, 0,026, 0,039)	(0,022, 0,044, 0,066)	
A5	(0,029, 0,040, 0,052)	(0,013, 0,026, 0,039)	(0,036, 0,051, 0,066)	

(continua)

Critérios		C3: Relacionamento		
Alternativas	C3-1	C3-2	C3-3	
A1	(0,014, 0,029, 0,044)	(0,011, 0,023, 0,035)	(0,003, 0,016, 0,029)	
A2	(0,024, 0,039, 0,044)	(0,019, 0,027, 0,035)	(0,003, 0,016, 0,029)	
A3	(0,014, 0,024, 0,034)	(0,011, 0,023, 0,035)	(0,009, 0,019, 0,029)	
A4	(0,004, 0,019, 0,034)	(0,011, 0,019, 0,027)	(0,003, 0,016, 0,029)	
A5	(0,004, 0,024, 0,044)	(0,011, 0,019, 0,027)	(0,003, 0,016, 0,029)	

(continua)

Critérios		C4: Desempenho operacional		
-----------	--	----------------------------	--	--

Alternativas	C4-1	C4-2	C4-3
A1	(0,003, 0,013, 0,030)	(0,022, 0,036, 0,041)	(0,014, 0,028, 0,042)
A2	(0,003, 0,013, 0,030)	(0,032, 0,041, 0,041)	(0,014, 0,033, 0,042)
A3	(0,010, 0,020, 0,030)	(0,013, 0,032, 0,041)	(0,014, 0,023, 0,033)
A4	(0,010, 0,020, 0,030)	(0,022, 0,036, 0,041)	(0,014, 0,028, 0,042)
A5	(0,016, 0,023, 0,030)	(0,022, 0,036, 0,041)	(0,014, 0,028, 0,042)

(continua)

Critérios	C4: Desempenho operacional		C5: Qualidade de serviço	
Alternativas	C4-4	C5-1	C5-2	
A1	(0,004, 0,022, 0,040)	(0,022, 0,032, 0,041)	(0,010, 0,020, 0,031)	
A2	(0,004, 0,022, 0,040)	(0,022, 0,036, 0,041)	(0,017, 0,024, 0,031)	
A3	(0,004, 0,022, 0,040)	(0,013, 0,027, 0,041)	(0,010, 0,020, 0,031)	
A4	(0,004, 0,022, 0,040)	(0,013, 0,027, 0,041)	(0,010, 0,020, 0,031)	
A5	(0,004, 0,022, 0,040)	(0,013, 0,027, 0,041)	(0,017, 0,024, 0,031)	

(continua)

Critérios	C5: Qualidade de serviço		C6: Tecnologias da Informação	
Alternativas	C5-3	C5-4	C6-1	
A1	(0,004, 0,024, 0,043)	(0,004, 0,018, 0,033)	(0,008, 0,014, 0,019)	
A2	(0,014, 0,029, 0,043)	(0,004, 0,023, 0,042)	(0,008, 0,017, 0,025)	
A3	(0,014, 0,029, 0,043)	(0,014, 0,033, 0,042)	(0,008, 0,017, 0,025)	
A4	(0,004, 0,024, 0,043)	(0,014, 0,023, 0,033)	(0,008, 0,014, 0,018)	
A5	(0,004, 0,024, 0,043)	(0,014, 0,028, 0,042)	(0,008, 0,017, 0,025)	

(continua)

Critérios	C6: Tecnologias da Informação		C7: Segurança e meio ambiente	
Alternativas	C6-2	C6-3	C7-1	
A1	(0,004, 0,017, 0,039)	(0,021, 0,034, 0,038)	(0,028, 0,057, 0,086)	
A2	(0,004, 0,021, 0,039)	(0,021, 0,034, 0,038)	(0,048, 0,067, 0,086)	
A3	(0,021, 0,035, 0,039)	(0,021, 0,034, 0,038)	(0,048, 0,067, 0,086)	
A4	(0,013, 0,026, 0,039)	(0,021, 0,034, 0,038)	(0,028, 0,057, 0,086)	
A5	(0,013, 0,026, 0,039)	(0,021, 0,034, 0,038)	(0,048, 0,077, 0,086)	

(conclusão)

Critérios	C7: Segurança e meio ambiente	
Alternativas	C7-2	C7-3
A1	(0,023, 0,047, 0,070)	(0,020, 0,028, 0,036)
A2	(0,023, 0,047, 0,070)	(0,020, 0,028, 0,036)
A3	(0,039, 0,055, 0,070)	(0,020, 0,028, 0,036)
A4	(0,023, 0,047, 0,070)	(0,020, 0,028, 0,036)
A5	(0,039, 0,055, 0,070)	(0,020, 0,028, 0,036)

Fonte: Autoria própria (2019)

Passo 6: Em seguida, determinou-se as distâncias das alternativas até *FPIS* (d_i^+) e *FNIS* (d_i^-) em relação a solução ideal fuzzy (*FPIS*, A^+) e à solução anti-deal fuzzy (*FNIS*, A^-) respectivamente, considerando $\tilde{v}_j^+ = (1,1,1)$ e $\tilde{v}_j^- = (0,0,0)$ e utilizando as equações (10) e (11). A *FPIS* (d_i^+) de cada alternativa em relação à solução ideal é apresentada na Tabela 29.

Tabela 29 - Distância *FPIS* (d_i^+) de cada alternativa para a solução ideal

(continua)

Critérios	C1: Perfil			C2: Custo			C3: Relacionamento		
	Alternativas	C1-1	C1-2	C1-3	C2-1	C2-2	C2-3	C3-1	C3-2
A1	0,968	0,981	0,967	0,965	0,974	0,966	0,970	0,976	0,984
A2	0,962	0,981	0,967	0,971	0,978	0,964	0,964	0,972	0,984
A3	0,967	0,977	0,967	0,963	0,972	0,963	0,975	0,976	0,981
A4	0,967	0,984	0,972	0,959	0,974	0,956	0,980	0,980	0,984
A5	0,967	0,979	0,967	0,959	0,974	0,949	0,975	0,980	0,984

(continua)

Critérios	C4: Desempenho operacional				C5: Qualidade de serviço			
	Alternativas	C4-1	C4-2	C4-3	C4-4	C5-1	C5-2	C5-3
A1	0,984	0,966	0,972	0,978	0,968	0,979	0,976	0,981
A2	0,984	0,962	0,970	0,978	0,966	0,976	0,971	0,976
A3	0,980	0,971	0,976	0,978	0,972	0,979	0,971	0,970
A4	0,980	0,966	0,972	0,978	0,972	0,979	0,976	0,976
A5	0,977	0,966	0,972	0,978	0,972	0,976	0,976	0,972

(conclusão)

Critérios	C6: Tecnologias da Informação			C7: Segurança e meio ambiente			FPIS
	Alternativas	C6-1	C6-2	C6-3	C7-1	C7-2	C7-3
A1	0,986	0,980	0,969	0,943	0,953	0,972	22,357
A2	0,983	0,978	0,969	0,933	0,953	0,972	22,313
A3	0,983	0,968	0,969	0,933	0,945	0,972	22,309
A4	0,986	0,974	0,969	0,943	0,953	0,972	22,351
A5	0,983	0,974	0,969	0,930	0,945	0,972	22,294

Fonte: Autoria própria (2019)

Na Tabela 30 é apresentada a distância *FNIS* (d_i^-) da cada alternativa em relação à solução anti-ideal.

Tabela 30 - Distância $FNIS (d_i^-)$ de cada alternativa para a solução anti-ideal

(continua)

Critérios	C1: Perfil			C2: Custo			C3: Relacionamento		
	Alternativas	C1-1	C1-2	C1-3	C2-1	C2-2	C2-3	C3-1	C3-2
A1	0,033	0,021	0,034	0,038	0,029	0,042	0,032	0,026	0,019
A2	0,038	0,021	0,034	0,031	0,023	0,044	0,037	0,029	0,019
A3	0,034	0,023	0,034	0,040	0,030	0,039	0,026	0,026	0,021
A4	0,034	0,017	0,030	0,042	0,029	0,048	0,023	0,021	0,019
A5	0,034	0,022	0,034	0,042	0,029	0,053	0,030	0,021	0,019

(continua)

Critérios	C4: Desempenho operacional				C5: Qualidade de serviço			
	Alternativas	C4-1	C4-2	C4-3	C4-4	C5-1	C5-2	C5-3
A1	0,019	0,035	0,031	0,027	0,033	0,022	0,029	0,022
A2	0,019	0,039	0,032	0,027	0,035	0,025	0,032	0,028
A3	0,022	0,031	0,025	0,027	0,030	0,022	0,032	0,032
A4	0,022	0,035	0,031	0,027	0,030	0,022	0,029	0,025
A5	0,024	0,035	0,031	0,027	0,030	0,025	0,029	0,031

(conclusão)

Critérios	C6: Tecnologias da Informação			C7: Segurança e meio ambiente			FNIS
	Alternativas	C6-1	C6-2	C6-3	C7-1	C7-2	C7-3
A1	0,015	0,025	0,032	0,062	0,051	0,029	0,705
A2	0,018	0,026	0,032	0,069	0,051	0,029	0,737
A3	0,018	0,033	0,032	0,069	0,057	0,029	0,731
A4	0,015	0,028	0,032	0,062	0,051	0,029	0,701
A5	0,018	0,028	0,032	0,073	0,057	0,029	0,750

Fonte: Autoria própria (2019)

Passo 7: O seguinte passo após o cálculo das distâncias das alternativas $FPIS (d_i^+)$ e $FNIS (d_i^-)$, foi determinar o coeficiente de proximidade (CC_i) para cada alternativa, de acordo com a equação (12), como pode ser observado na Tabela 31.

Tabela 31 - Coeficiente de proximidade (CC_i) de cada alternativa

Alternativas	$FPIS (d_i^+)$	$FNIS (d_i^-)$	CC_i
A1	22,3570	0,7052	0,0306
A2	22,3131	0,7375	0,0320
A3	22,3089	0,7311	0,0317
A4	22,3509	0,7009	0,0304
A5	22,2942	0,7505	0,0326

Fonte: Autoria própria (2019)

Passo 8: Por fim, de acordo com a Tabela 31, são ordenados de forma decrescente cada um dos coeficientes de proximidade para assim obter o ranqueamento das alternativas conforme apresentado na Tabela 32.

Tabela 32 - Ranqueamento das alternativas

Alternativas	CC_i	Ranqueamento
A1	0,0306	4
A2	0,0320	2
A3	0,0317	3
A4	0,0304	5
A5	0,0326	1

Fonte: Autoria própria (2019)

De acordo com a Tabela 32, para a empresa manufatureira fabricante de eletrodomésticos que avaliou os operadores logísticos potenciais considerando o julgamento de preferência da sua equipe de decisores DMT, a melhor alternativa para a prestação de serviços é o operador logístico que representa a alternativa A_5 com um coeficiente de proximidade $CC_i = 0,0326$, enquanto que o operador logístico com menor possibilidades de prestar serviços para a empresa usuária é a alternativa A_4 ($CC_i = 0,0304$).

Por fim, a ordenação de seleção do operador logístico para a prestação de serviços das cinco alternativas, baseada no modelo de *Fuzzy SWARA* e *Fuzzy TOPSIS* é a seguinte:

$$A_5 > A_2 > A_3 > A_1 > A_4$$

Embora possam ser de confiança e credibilidade os resultados obtidos pelo modelo de *MCDM* proposto, a robustez e consistência dos mesmos devem ser analisados e validados. Assim, por essa razão principal, no seguinte capítulo é desenvolvida uma análise de sensibilidade e um *dashboard* de resultados da aplicação do modelo proposto.

5 ANÁLISE E VALIDAÇÃO DE RESULTADOS

Neste capítulo do trabalho, apresenta-se a aplicação da análise de sensibilidade e do *dashboard* de resultados com o objetivo de analisar e validar a aplicação do modelo proposto *Fuzzy SWARA* e *Fuzzy TOPSIS*.

5.1 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Conforme o passo a passo explicado na seção 2.4.1, as Tabelas 33 a 39 demonstram os resultados dos passos 1 e 2 para os 7 critérios.

Tabela 33 - Variações e ajustes dos pesos do critério C_1 : Perfil

Crítérios	$w_1 = 0$	$w_1 = 0,1$	$w_1 = 0,2$	$w_1 = 0,3$	$w_1 = 0,4$	$w_1 = 0,5$	$w_1 = 0,6$	$w_1 = 0,7$	$w_1 = 0,8$	$w_1 = 0,9$	$w_1 = 1$
C_1	0,000	0,100	0,200	0,300	0,400	0,500	0,600	0,700	0,800	0,900	1,000
C_2	0,180	0,162	0,144	0,126	0,108	0,090	0,072	0,054	0,036	0,018	0,000
C_3	0,125	0,112	0,100	0,087	0,075	0,062	0,050	0,037	0,025	0,012	0,000
C_4	0,176	0,158	0,141	0,123	0,105	0,088	0,070	0,053	0,035	0,018	0,000
C_5	0,181	0,163	0,145	0,127	0,109	0,091	0,072	0,054	0,036	0,018	0,000
C_6	0,118	0,106	0,094	0,082	0,071	0,059	0,047	0,035	0,024	0,012	0,000
C_7	0,221	0,199	0,177	0,155	0,132	0,110	0,088	0,066	0,044	0,022	0,000
\sum	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Fonte: Autoria própria (2019)

Tabela 34 - Variações e ajustes dos pesos do critério C_2 : Custo

Crítérios	$w_2 = 0$	$w_2 = 0,1$	$w_2 = 0,2$	$w_2 = 0,3$	$w_2 = 0,4$	$w_2 = 0,5$	$w_2 = 0,6$	$w_2 = 0,7$	$w_2 = 0,8$	$w_2 = 0,9$	$w_2 = 1$
C_1	0,135	0,121	0,108	0,094	0,081	0,067	0,054	0,040	0,027	0,013	0,000
C_2	0,000	0,100	0,200	0,300	0,400	0,500	0,600	0,700	0,800	0,900	1,000
C_3	0,132	0,118	0,105	0,092	0,079	0,066	0,053	0,039	0,026	0,013	0,000
C_4	0,185	0,167	0,148	0,130	0,111	0,093	0,074	0,056	0,037	0,019	0,000
C_5	0,191	0,172	0,153	0,134	0,115	0,096	0,076	0,057	0,038	0,019	0,000
C_6	0,124	0,112	0,099	0,087	0,075	0,062	0,050	0,037	0,025	0,012	0,000
C_7	0,233	0,210	0,186	0,163	0,140	0,117	0,093	0,070	0,047	0,023	0,000
\sum	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Fonte: Autoria própria (2019)

Tabela 35 - Variações e ajustes dos pesos do critério C_3 : Relacionamento

Critérios	$w_3 = 0$	$w_3 = 0,1$	$w_3 = 0,2$	$w_3 = 0,3$	$w_3 = 0,4$	$w_3 = 0,5$	$w_3 = 0,6$	$w_3 = 0,7$	$w_3 = 0,8$	$w_3 = 0,9$	$w_3 = 1$
C_1	0,127	0,114	0,102	0,089	0,076	0,064	0,051	0,038	0,025	0,013	0,000
C_2	0,180	0,162	0,144	0,126	0,108	0,090	0,072	0,054	0,036	0,018	0,000
C_3	0,000	0,100	0,200	0,300	0,400	0,500	0,600	0,700	0,800	0,900	1,000
C_4	0,175	0,158	0,140	0,123	0,105	0,088	0,070	0,053	0,035	0,018	0,000
C_5	0,181	0,162	0,144	0,126	0,108	0,090	0,072	0,054	0,036	0,018	0,000
C_6	0,117	0,106	0,094	0,082	0,070	0,059	0,047	0,035	0,023	0,012	0,000
C_7	0,220	0,198	0,176	0,154	0,132	0,110	0,088	0,066	0,044	0,022	0,000
Σ	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Fonte: Autoria própria (2019)

Tabela 36 - Variações e ajustes dos pesos do critério C_4 : Desempenho operacional

Critérios	$w_4 = 0$	$w_4 = 0,1$	$w_4 = 0,2$	$w_4 = 0,3$	$w_4 = 0,4$	$w_4 = 0,5$	$w_4 = 0,6$	$w_4 = 0,7$	$w_4 = 0,8$	$w_4 = 0,9$	$w_4 = 1$
C_1	0,134	0,121	0,107	0,094	0,080	0,067	0,054	0,040	0,027	0,013	0,000
C_2	0,189	0,170	0,151	0,132	0,114	0,095	0,076	0,057	0,038	0,019	0,000
C_3	0,131	0,118	0,105	0,092	0,079	0,065	0,052	0,039	0,026	0,013	0,000
C_4	0,000	0,100	0,200	0,300	0,400	0,500	0,600	0,700	0,800	0,900	1,000
C_5	0,190	0,171	0,152	0,133	0,114	0,095	0,076	0,057	0,038	0,019	0,000
C_6	0,124	0,111	0,099	0,087	0,074	0,062	0,049	0,037	0,025	0,012	0,000
C_7	0,232	0,209	0,186	0,162	0,139	0,116	0,093	0,070	0,046	0,023	0,000
Σ	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Fonte: Autoria própria (2019)

Tabela 37- Variações e ajustes dos pesos do critério C_5 : Qualidade de serviço

Critérios	$w_5 = 0$	$w_5 = 0,1$	$w_5 = 0,2$	$w_5 = 0,3$	$w_5 = 0,4$	$w_5 = 0,5$	$w_5 = 0,6$	$w_5 = 0,7$	$w_5 = 0,8$	$w_5 = 0,9$	$w_5 = 1$
C_1	0,135	0,121	0,108	0,094	0,081	0,067	0,054	0,040	0,027	0,013	0,000
C_2	0,190	0,171	0,152	0,133	0,114	0,095	0,076	0,057	0,038	0,019	0,000
C_3	0,132	0,118	0,105	0,092	0,079	0,066	0,053	0,039	0,026	0,013	0,000
C_4	0,186	0,167	0,148	0,130	0,111	0,093	0,074	0,056	0,037	0,019	0,000
C_5	0,000	0,100	0,200	0,300	0,400	0,500	0,600	0,700	0,800	0,900	1,000
C_6	0,124	0,112	0,100	0,087	0,075	0,062	0,050	0,037	0,025	0,012	0,000
C_7	0,233	0,210	0,187	0,163	0,140	0,117	0,093	0,070	0,047	0,023	0,000
Σ	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Fonte: Autoria própria (2019)

Tabela 38 - Variações e ajustes dos pesos do critério C_6 : Tecnologias da Informação

Crítérios	$w_6 = 0$	$w_6 = 0,1$	$w_6 = 0,2$	$w_6 = 0,3$	$w_6 = 0,4$	$w_6 = 0,5$	$w_6 = 0,6$	$w_6 = 0,7$	$w_6 = 0,8$	$w_6 = 0,9$	$w_6 = 1$
C_1	0,126	0,114	0,101	0,088	0,076	0,063	0,050	0,038	0,025	0,013	0,000
C_2	0,178	0,161	0,143	0,125	0,107	0,089	0,071	0,054	0,036	0,018	0,000
C_3	0,123	0,111	0,099	0,086	0,074	0,062	0,049	0,037	0,025	0,012	0,000
C_4	0,174	0,157	0,139	0,122	0,104	0,087	0,070	0,052	0,035	0,017	0,000
C_5	0,179	0,161	0,143	0,126	0,108	0,090	0,072	0,054	0,036	0,018	0,000
C_6	0,000	0,100	0,200	0,300	0,400	0,500	0,600	0,700	0,800	0,900	1,000
C_7	0,219	0,197	0,175	0,153	0,131	0,109	0,087	0,066	0,044	0,022	0,000
Σ	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Fonte: Autoria própria (2019)

Tabela 39 - Variações e ajustes dos pesos do critério C_7 : Segurança e meio ambiente

Crítérios	$w_7 = 0$	$w_7 = 0,1$	$w_7 = 0,2$	$w_7 = 0,3$	$w_7 = 0,4$	$w_7 = 0,5$	$w_7 = 0,6$	$w_7 = 0,7$	$w_7 = 0,8$	$w_7 = 0,9$	$w_7 = 1$
C_1	0,141	0,127	0,112	0,098	0,084	0,070	0,056	0,042	0,028	0,014	0,000
C_2	0,199	0,179	0,159	0,139	0,119	0,099	0,079	0,060	0,040	0,020	0,000
C_3	0,137	0,124	0,110	0,096	0,082	0,069	0,055	0,041	0,027	0,014	0,000
C_4	0,194	0,174	0,155	0,136	0,116	0,097	0,077	0,058	0,039	0,019	0,000
C_5	0,200	0,180	0,160	0,140	0,120	0,100	0,080	0,060	0,040	0,020	0,000
C_6	0,130	0,117	0,104	0,091	0,078	0,065	0,052	0,039	0,026	0,013	0,000
C_7	0,000	0,100	0,200	0,300	0,400	0,500	0,600	0,700	0,800	0,900	1,000
Σ	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Fonte: Autoria própria (2019)

Em seguida, o passo 3 da seção 2.4.1 foi aplicado para determinar os coeficientes de proximidade CC_i das alternativas, incluindo as variações dos pesos dos 7 critérios conforme são apresentados nas Tabelas da 40 a 46.

Tabela 40 - Coeficiente de proximidade (CC_i) das alternativas com variações dos pesos do C_1

Alternativa	$w_1 = 0$	$w_1 = 0,1$	$w_1 = 0,2$	$w_1 = 0,3$	$w_1 = 0,4$	$w_1 = 0,5$	$w_1 = 0,6$	$w_1 = 0,7$	$w_1 = 0,8$	$w_1 = 0,9$	$w_1 = 1$
A_1	0,0309	0,0309	0,0308	0,0307	0,0307	0,0306	0,0305	0,0304	0,0304	0,0303	0,0302
A_2	0,0323	0,0323	0,0323	0,0323	0,0323	0,0322	0,0322	0,0322	0,0322	0,0322	0,0321
A_3	0,0317	0,0320	0,0324	0,0327	0,0330	0,0334	0,0337	0,0340	0,0344	0,0347	0,0351
A_4	0,0306	0,0307	0,0308	0,0309	0,0310	0,0311	0,0312	0,0313	0,0314	0,0316	0,0317
A_5	0,0329	0,0329	0,0329	0,0329	0,0330	0,0330	0,0330	0,0330	0,0331	0,0331	0,0331

Fonte: Autoria própria (2019)

Tabela 41 - Coeficiente de proximidade (CC_i) das alternativas com variações dos pesos do C_2

Alternativa	$w_2 = 0$	$w_2 = 0,1$	$w_2 = 0,2$	$w_2 = 0,3$	$w_2 = 0,4$	$w_2 = 0,5$	$w_2 = 0,6$	$w_2 = 0,7$	$w_2 = 0,8$	$w_2 = 0,9$	$w_2 = 1$
A_1	0,0311	0,0310	0,0308	0,0307	0,0305	0,0304	0,0302	0,0301	0,0299	0,0298	0,0296
A_2	0,0334	0,0327	0,0320	0,0314	0,0307	0,0301	0,0294	0,0287	0,0281	0,0274	0,0268
A_3	0,0325	0,0322	0,0319	0,0316	0,0314	0,0311	0,0308	0,0305	0,0302	0,0300	0,0297
A_4	0,0304	0,0306	0,0308	0,0310	0,0312	0,0314	0,0316	0,0318	0,0320	0,0322	0,0324
A_5	0,0327	0,0328	0,0329	0,0330	0,0331	0,0333	0,0334	0,0335	0,0336	0,0337	0,0338

Fonte: Autoria própria (2019)

Tabela 42 - Coeficiente de proximidade (CC_i) das alternativas com variações dos pesos do C_3

Alternativa	$w_3 = 0$	$w_3 = 0,1$	$w_3 = 0,2$	$w_3 = 0,3$	$w_3 = 0,4$	$w_3 = 0,5$	$w_3 = 0,6$	$w_3 = 0,7$	$w_3 = 0,8$	$w_3 = 0,9$	$w_3 = 1$
A_1	0,0309	0,0309	0,0308	0,0308	0,0308	0,0307	0,0307	0,0307	0,0306	0,0306	0,0305
A_2	0,0321	0,0323	0,0324	0,0326	0,0328	0,0329	0,0331	0,0333	0,0334	0,0336	0,0337
A_3	0,0324	0,0321	0,0317	0,0314	0,0310	0,0306	0,0303	0,0299	0,0296	0,0292	0,0288
A_4	0,0314	0,0308	0,0301	0,0295	0,0289	0,0283	0,0276	0,0270	0,0264	0,0257	0,0251
A_5	0,0335	0,0329	0,0323	0,0318	0,0312	0,0306	0,0300	0,0294	0,0288	0,0282	0,0276

Fonte: Autoria própria (2019)

Tabela 43 - Coeficiente de proximidade (CC_i) das alternativas com variações dos pesos do C_4

Alternativa	$w_4 = 0$	$w_4 = 0,1$	$w_4 = 0,2$	$w_4 = 0,3$	$w_4 = 0,4$	$w_4 = 0,5$	$w_4 = 0,6$	$w_4 = 0,7$	$w_4 = 0,8$	$w_4 = 0,9$	$w_4 = 1$
A_1	0,0308	0,0309	0,0309	0,0309	0,0310	0,0310	0,0310	0,0311	0,0311	0,0312	0,0312
A_2	0,0322	0,0323	0,0323	0,0324	0,0324	0,0325	0,0325	0,0326	0,0326	0,0327	0,0327
A_3	0,0325	0,0322	0,0319	0,0316	0,0313	0,0310	0,0306	0,0303	0,0300	0,0297	0,0294
A_4	0,0305	0,0306	0,0308	0,0309	0,0311	0,0312	0,0313	0,0315	0,0316	0,0318	0,0319
A_5	0,0329	0,0329	0,0329	0,0328	0,0328	0,0328	0,0327	0,0327	0,0327	0,0326	0,0326

Fonte: Autoria própria (2019)

Tabela 44 - Coeficiente de proximidade (CC_i) das alternativas com variações dos pesos do C_5

Alternativa	$w_5 = 0$	$w_5 = 0,1$	$w_5 = 0,2$	$w_5 = 0,3$	$w_5 = 0,4$	$w_5 = 0,5$	$w_5 = 0,6$	$w_5 = 0,7$	$w_5 = 0,8$	$w_5 = 0,9$	$w_5 = 1$
A_1	0,0312	0,0310	0,0308	0,0306	0,0304	0,0302	0,0299	0,0297	0,0295	0,0293	0,0291
A_2	0,0323	0,0323	0,0323	0,0323	0,0324	0,0324	0,0324	0,0325	0,0325	0,0325	0,0325
A_3	0,0321	0,0321	0,0320	0,0320	0,0319	0,0319	0,0318	0,0318	0,0317	0,0317	0,0316
A_4	0,0310	0,0308	0,0306	0,0304	0,0302	0,0300	0,0298	0,0296	0,0294	0,0292	0,0290
A_5	0,0332	0,0330	0,0328	0,0326	0,0324	0,0322	0,0320	0,0318	0,0316	0,0314	0,0312

Fonte: Autoria própria (2019)

Tabela 45 - Coeficiente de proximidade (CC_i) das alternativas com variações dos pesos do C_6

Alternativa	$w_6 = 0$	$w_6 = 0,1$	$w_6 = 0,2$	$w_6 = 0,3$	$w_6 = 0,4$	$w_6 = 0,5$	$w_6 = 0,6$	$w_6 = 0,7$	$w_6 = 0,8$	$w_6 = 0,9$	$w_6 = 1$
A_1	0,0309	0,0309	0,0308	0,0307	0,0307	0,0306	0,0305	0,0304	0,0304	0,0303	0,0302
A_2	0,0323	0,0323	0,0323	0,0323	0,0323	0,0322	0,0322	0,0322	0,0322	0,0322	0,0321
A_3	0,0317	0,0320	0,0324	0,0327	0,0330	0,0334	0,0337	0,0340	0,0344	0,0347	0,0351
A_4	0,0306	0,0307	0,0308	0,0309	0,0310	0,0311	0,0312	0,0313	0,0314	0,0316	0,0317
A_5	0,0329	0,0329	0,0329	0,0329	0,0330	0,0330	0,0330	0,0330	0,0331	0,0331	0,0331

Fonte: Autoria própria (2019)

Tabela 46 - Coeficiente de proximidade (CC_i) das alternativas com variações dos pesos do C_7

Alternativa	$w_7 = 0$	$w_7 = 0,1$	$w_7 = 0,2$	$w_7 = 0,3$	$w_7 = 0,4$	$w_7 = 0,5$	$w_7 = 0,6$	$w_7 = 0,7$	$w_7 = 0,8$	$w_7 = 0,9$	$w_7 = 1$
A_1	0,0306	0,0308	0,0309	0,0310	0,0311	0,0313	0,0314	0,0315	0,0316	0,0317	0,0319
A_2	0,0320	0,0322	0,0323	0,0324	0,0326	0,0327	0,0329	0,0330	0,0331	0,0333	0,0334
A_3	0,0314	0,0317	0,0321	0,0324	0,0327	0,0330	0,0334	0,0337	0,0340	0,0344	0,0347
A_4	0,0304	0,0306	0,0307	0,0308	0,0310	0,0311	0,0313	0,0314	0,0316	0,0317	0,0319
A_5	0,0323	0,0326	0,0329	0,0332	0,0335	0,0338	0,0342	0,0345	0,0348	0,0351	0,0354

Fonte: Autoria própria (2019)

Baseado nos passos 4 e 5, são representados na forma gráfica os coeficientes de proximidade das alternativas frente a variação dos pesos dos 7 critérios, os quais foram apresentados nas Tabelas da 40 a 46, para assim analisar a sensibilidade e robustez da ordenação de seleção das alternativas.

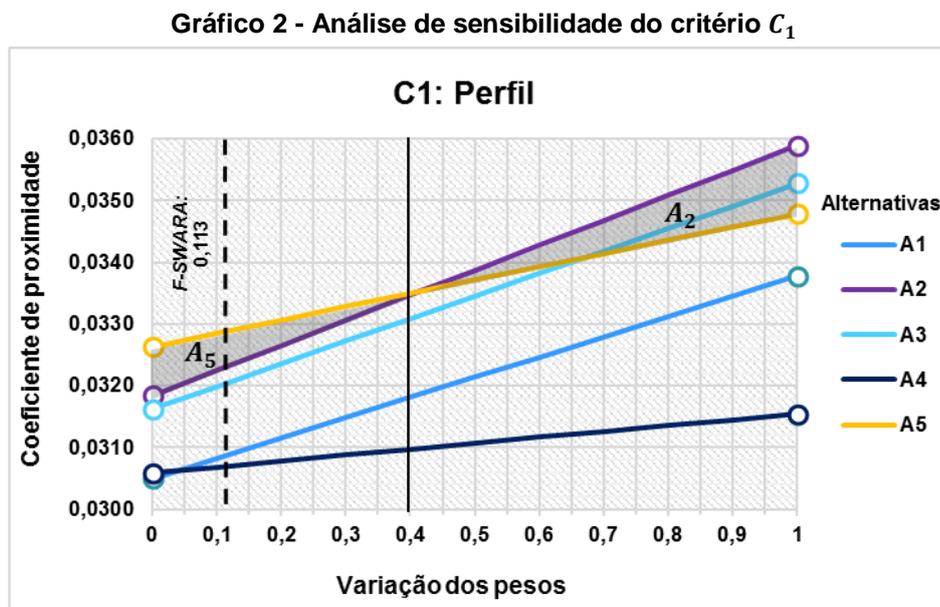
Para cada análise de sensibilidade dos critérios, a linha vertical pontilhada representa o peso determinado pelo método *Fuzzy SWARA*. As linhas das alternativas indicam a mudança na ordenação de seleção das alternativas, uma vez que os pesos são variados.

Também, a ordenação de seleção de cada alternativa baseada na avaliação da equipe de decisores é a interseção entre as respectivas linhas e a linha vertical pontilhada. Assim, a ordenação de seleção atual é $A_5 > A_2 > A_3 > A_1 > A_4$.

Igualmente uma linha vertical sólida é traçada para identificar o valor do peso quando ocorre a mudança de ordenação de seleção das alternativas, assim como o intervalo de variação de pesos, a ordenação de seleção das alternativas é robusta (quando as alternativas permanecem inalteradas) ou sensível (quando as alternativas são alteradas).

Da mesma forma, áreas sombreadas em cinza são desenhadas para destacar as melhores alternativas durante a variação dos pesos dentro o intervalo de $[0,1]$.

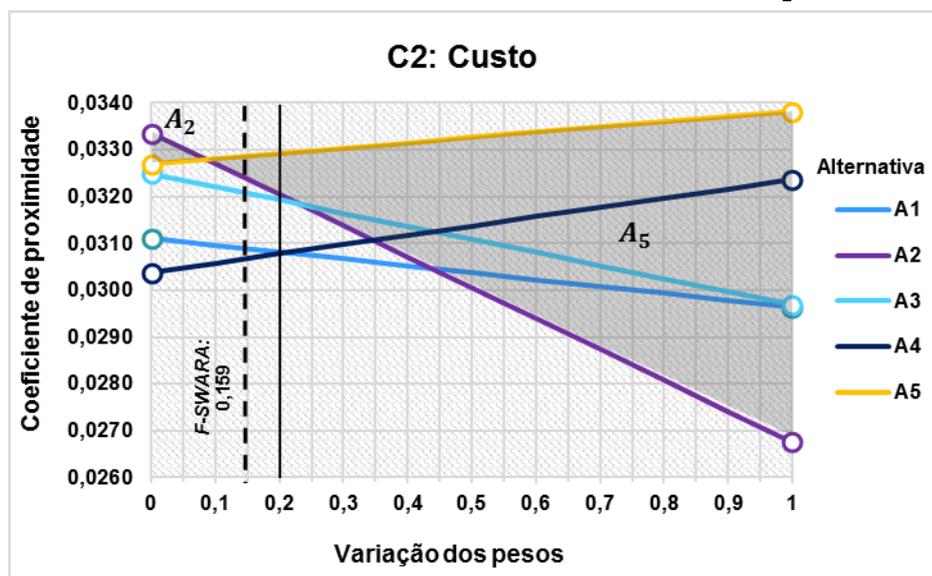
Portanto, o Gráfico 2 apresenta a análise de sensibilidade variando os pesos do critério C_1 : Perfil.



No Gráfico 2, pode ser observado que a ordenação de seleção das alternativas permanecem inalteradas dentro do intervalo $[0,05, 0,4]$, o que significa que a ordenação das alternativas são sensíveis quando C_1 : Perfil recebe valores menores que 0,05 e maiores que 0,4.

Além disso, é notável que A_5 diminuiria enquanto A_2 aumentaria se a importância de C_1 : Perfil fosse superior a $W_1 = 0,4$. Sob esse cenário, as alternativas sugeridas para equipe de decisores seriam A_5 e A_2 .

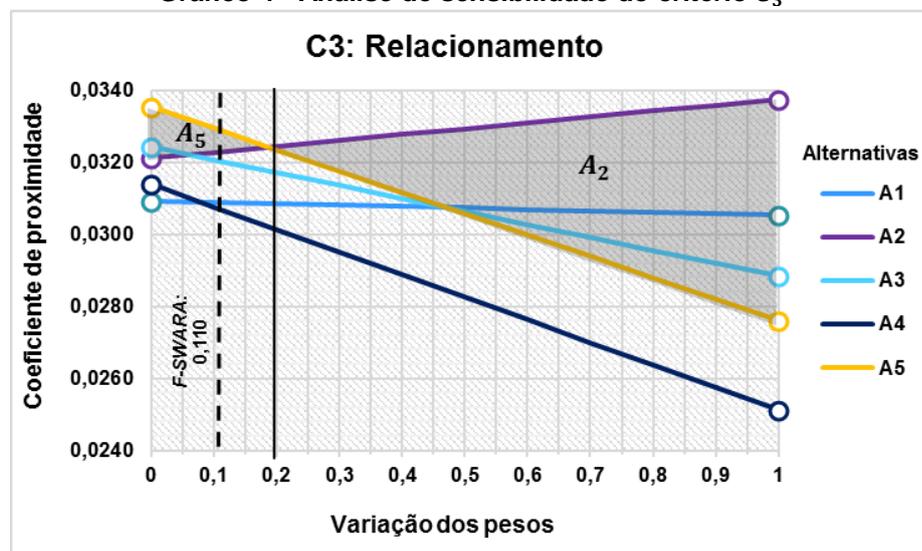
Em seguida, o Gráfico 3 demonstra a análise de sensibilidade variando os pesos do critério C_2 : Custo.

Gráfico 3 - Análise de sensibilidade do critério C_2 

Fonte: Autoria própria (2019)

No Gráfico 3 pode ser visto que, a ordenação de seleção das alternativas mudaria quando C_2 : Custo for superior a $W_2 = 0,2$. Diante disso, pode se interpretar que a sensibilidade de C_2 : Custo em relação ao C_1 : Perfil é mais alta, devido à que a mudança da ordenação das alternativas sendo praticamente imediata em relação ao peso *Fuzzy SWARA*.

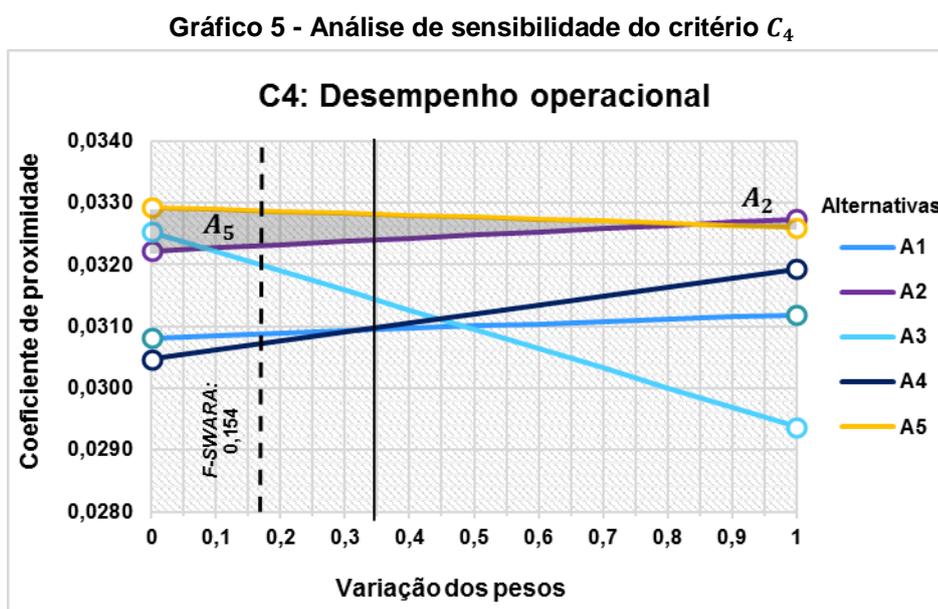
No entanto, analisando a variação dos pesos, A_2 é a alternativa mais viável quando $W_2 = 0,1$ diminui, e quando esse peso aumenta, A_5 é a mais plausível. Em seguida, o Gráfico 4 demonstra a análise de sensibilidade variando os pesos do critério C_3 : Relacionamento.

Gráfico 4 - Análise de sensibilidade do critério C_3 

Fonte: Autoria própria (2019)

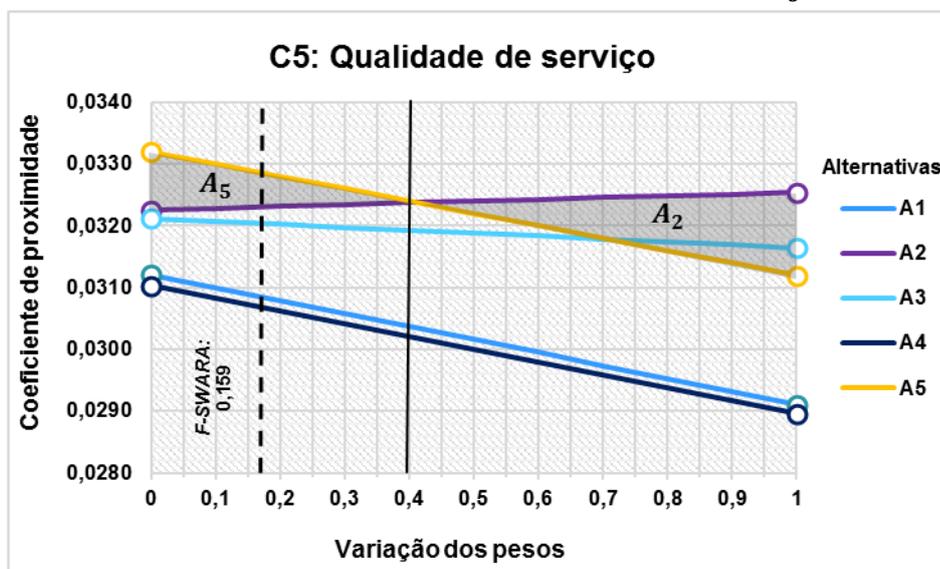
Os resultados da análise de sensibilidade de C_3 : Relacionamento sugerem que A_5 é a melhor alternativa apenas quando W_3 varia no intervalo $[0; 0,2]$. Quando W_3 assume valores maiores que 0,2, A_5 torna-se menos atraente, sendo A_2 a melhor alternativa. Igualmente, a ordenação de seleção das alternativas sofre alteração quando são assumidos valores de pesos superiores à 0,2.

Posteriormente, o Gráfico 5 mostra a análise de sensibilidade variando os pesos do critério C_4 : Desempenho operacional.



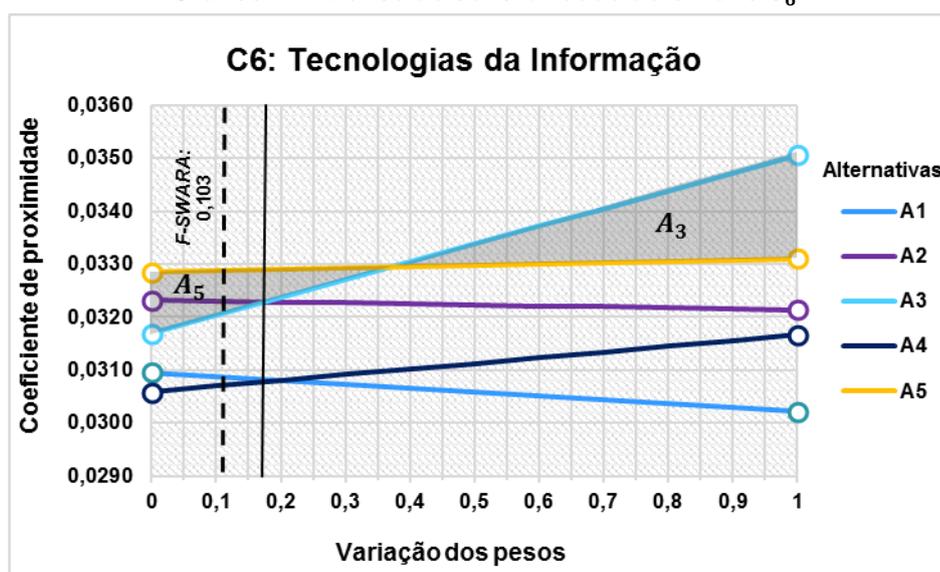
No Gráfico 5, também, há duas alternativas a serem recomendadas. No entanto, a primeira é o operador logístico A_5 que executa o melhor desempenho operacional. Já que, se o peso calculado pelo *Fuzzy SWARA*, o qual é 0,154, diminui a 0 ou aumenta a 0,85, A_5 continua sendo a melhor alternativa. Se for aumentado o valor de 0,85, A_2 seria a nova melhor alternativa. A ordenação de seleção das alternativas é modificada quando os pesos são valores superiores que 0,35.

Por conseguinte, a Figura 17 apresenta a análise de sensibilidade variando os pesos do critério C_5 : Qualidade de serviço.

Gráfico 6 - Análise de sensibilidade do critério C_5 

No Gráfico 6, apenas A_5 e A_2 são sensíveis à ordenação de seleção das alternativas, quando o peso muda para 0,4. Entretanto, A_5 permanece como a primeira alternativa quando W_3 for inferior que 0,4. No cenário que esse valor for superior, A_2 torna-se a primeira alternativa.

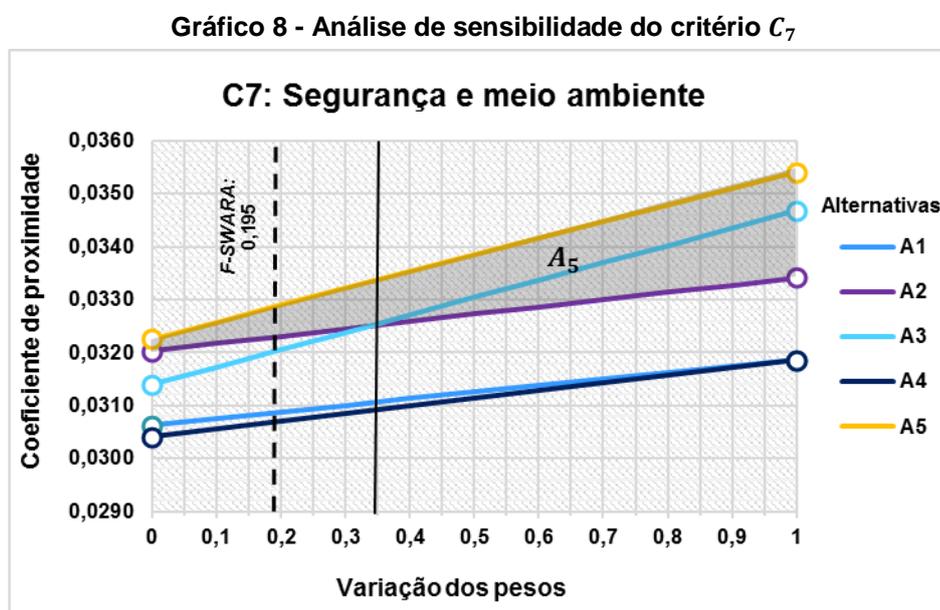
O Gráfico 7 indica a análise de sensibilidade variando os pesos do critério C_6 : Tecnologias da informação.

Gráfico 7 - Análise de sensibilidade do critério C_6 

No Gráfico 7, pode ser visualizado que a ordenação de seleção das alternativas permanecem sem alteração dentro do intervalo $[0; 0,175]$, o que significa que a ordenação das alternativas são sensíveis quando C_6 : Tecnologias da informação recebe valores maiores que 0,175.

Ademais, é notável que A_5 diminuiria enquanto A_3 aumentaria se a importância de C_6 : Tecnologias da informação assumisse valores superiores que $W_6 = 0,375$.

Enfim, o Gráfico 8 mostra a análise de sensibilidade variando os pesos do critério C_7 : Segurança e meio ambiente.



Fonte: Autoria própria (2019)

No Gráfico 8, nota-se que dentro da variação dos pesos de C_7 : Segurança e meio ambiente, a ordenação de seleção das alternativas não são sensíveis em relação a A_5 . A importância (refletida como a ponderação) de segurança e meio ambiente, a qual é 0,195 de acordo com a posição da linha vertical pontilhada, se aumentar para 0,35 ou diminuir para 0, a ordenação atual das alternativas não muda. Em relação à análise de segurança e meio ambiente, o operador logístico A_5 ainda é a melhor alternativa na análise de sensibilidade.

Por outro lado, conforme aos resultados de análise de sensibilidade apontados nas Figuras 13 a 19, A_5 é a melhor alternativa em geral. No entanto, não implica que A_5 seja o melhor operador logístico em todos os sete critérios. Por exemplo, C_3 : Relacionamento aparece como a quarta alternativa.

Não obstante A_5 ser a melhor alternativa em geral, a empresa pode ponderar que existe um potencial para esse operador logístico específico melhorar na área de relacionamento. Isso pode ser uma informação particularmente importante para equipe de decisores da empresa que planeja um aliança a longo prazo com o operador logístico. Do mesmo modo, uma análise semelhante poderia ser realizada com os outros quatro operadores logísticos. Visto que, são informações relevantes para o apoio à decisão da equipe de decisores da empresa.

De encontro aos resultados dos Gráficos 2 a 8, a ordenação de seleção das alternativas são sensíveis às variações dos pesos de todos os critérios, exceto para C_7 : Segurança e meio ambiente. Observa-se que a ordenação de seleção das alternativas permanece constante no intervalo de $[0;1]$. Portanto, o modelo proposto de *MCDM* é robusto com utilidade no critério C_7 : Segurança e meio ambiente.

5.2 DASHBOARD DE RESULTADOS

Neste trabalho, o *dashboard* foi elaborado para ilustrar de maneira gráfica e validar os resultados da aplicação do modelo proposto com a equipe de decisores e *stakeholders* da empresa manufatureira estudada. O *dashboard* está disponível em <http://dx.doi.org/10.17632/44nb9w7m94.1> como planilha eletrônica de *Excel*.

O *dashboard* de resultados apresenta por meio de *filters*, três cenários do processo de tomada de decisão para a seleção do operador logístico. O primeiro cenário apresenta os resultados do modelo proposto considerando apenas o grau de importância dos critérios de seleção e avaliação das alternativas do Decisor 1 (DM_1), o segundo cenário representa os resultados do Decisor 2 (DM_2) e finalmente o terceiro cenário mostra os resultados da equipe de decisores (DM_1 e DM_2).

A tela do dashboard está estruturada em quatro áreas, a primeira área apresenta os pesos totais dos critérios e pesos finais dos seus respectivos subcritérios determinados pelo método *Fuzzy SWARA* (pesos dos critérios de seleção), igualmente na segunda área são ilustrados os pesos totais dos subcritérios (pesos dos subcritérios de seleção).

Em seguida, na terceira área é exibida a ordenação de seleção das alternativas (ranqueamento das alternativas), a qual foi obtida pela utilização do método *Fuzzy TOPSIS*. Da mesma forma, a quarta área apresenta a análise de sensibilidade de cada alternativa frente a cada critério de seleção (Análise de sensibilidade).

O primeiro cenário mostra os resultados do modelo proposto considerando apenas o grau de importância dos critérios de seleção e avaliação das alternativas do Decisor 1 (DM_1) de acordo com a Figura 12.

Figura 12 - Dashboard de resultados do decisor DM_1



Fonte: Autoria própria (2019)

É importante destacar que, o primeiro cenário, o qual apresenta os resultados do Decisor 1, a ordenação de seleção das alternativas é diferente da mostrada no Capítulo 4 da seção 4.7, pois considera as informações de ambos decisores.

O ranqueamento das alternativas considerando os conhecimentos experiências e informações implícitas do Decisor 1, é o seguinte.

$$A_5 > A_3 > A_2 > A_1 > A_4$$

Pode ser observado que a A_5 continua sendo a melhor alternativa, no entanto, A_3 muda de posição para a segunda melhor alternativa, já que, segundo o resultado da equipe de decisores está localizada na terceira alternativa.

Além disso, é sugerido visualizar sob esse cenário a sensibilidade ou robustez da ordenação da seleção das alternativas com a análise de sensibilidade.

Em seguida, o segundo cenário apresenta os resultados da aplicação do modelo considerando informações e opiniões do Decisor 2 (DM_2) conforme a Figura 13.

Figura 13 - Dashboard de resultados do decisor DM_2



Fonte: Autoria própria (2019)

Igualmente, no segundo cenário, baseado nos resultados do Decisor 2, a ordenação de seleção das alternativas é diferente ao resultado obtido pela equipe de decisores da empresa, a qual considera as informações dos ambos decisores.

Portanto, o ranqueamento das alternativas ilustrado no *dashboard* referente ao Decisor 2, é o seguinte.

$$A_2 > A_5 > A_3 > A_4 > A_1$$

Sob esse cenário, pode ser identificado que a A_5 não seria a melhor alternativa em relação à ordenação das alternativas do Decisor 1. Entretanto, A_2 torna-se a melhor alternativa. Da mesma forma, sugere-se considerar a análise de sensibilidade dos critérios frente as alternativas avaliadas pelo Decisor 2.

Finalmente, a Figura 14 apresenta de maneira resumida os resultados obtidos da aplicação do modelo proposto *Fuzzy SWARA* e *Fuzzy TOPSIS* na indústria manufatureira considerando as informações da equipe de decisores.

Figura 14 - Dashboard de resultados da equipe de decisores *DMT*



Fonte: Autoria própria (2019)

Os resultados apresentados no *dashboard* foram validados com a equipe de decisores e *stakeholders* da empresa manufatureira, e os argumentos chave foram os seguintes:

- A metodologia apresentou viabilidade com base na avaliação de critérios e subcritérios pelos decisores, a escolha do operador logístico que maximizaria os ganhos da companhia. Em uma empresa estudada onde a competição é acirradíssima e baseada em custo, a busca por operadores com níveis elevados de eficiência operacional e alto desempenho é vital para garantir a sustentabilidade.

- Proporciona aplicabilidade para reduzir a subjetividade das decisões, tornando quantitativo alguns critérios qualitativos, o que tornará os processos de seleção mais rápidos e mais acurados, reduzindo o tempo de decisão e respaldando o processo de escolha através de uma metodologia científica, o que fornece segurança aos responsáveis pela decisão.

- As preferências fornecidas são um retrato do desejado pela empresa nesse momento. O mais interessante é que os critérios possam ser alterados na ferramenta. O mercado é muito dinâmico e muda numa velocidade muito rápida, sendo assim, a medida que a empresa evolui e amadurece, os valores e os pesos que ela atribui a cada critério também pode se alterar, portanto é importante que a ferramenta esteja habilitada para o *input* de novos critérios. Outro ponto importante é que como cada decisor tem seu ponto de vista com relação ao grau de importância dos critérios e alguns desses critérios são conflitantes entre si, a ferramenta ajudará a equalizar essas escolhas, estruturando os problemas que envolvem a tomada de decisão.

Em síntese, o modelo proposto provou ser valioso para a empresa em termos de aplicabilidade e importância para o processo atual de seleção do operador logístico.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste último capítulo do trabalho são descritas as conclusões alcançadas depois de haver apresentado a proposta do modelo *Fuzzy SWARA* e *Fuzzy TOPSIS* para a seleção do melhor operador logístico quando as prioridades são estabelecidas conforme à política da empresa.

6.1 CONCLUSÕES

O objetivo geral deste trabalho foi selecionar o melhor operador logístico considerando as prioridades da política da empresa, para esse fim, houve a aplicação do modelo de *MCDM* proposto e a validação de resultados em uma empresa manufatureira.

Baseado na revisão de literatura, o modelo proposto pode se considerar como a primeira abordagem utilizando a combinação de *Fuzzy SWARA* e *Fuzzy TOPSIS* para resolver o problema de seleção do melhor operador logístico, ademais de ter uma aplicabilidade no setor de manufatura em Brasil.

Além de considerar o impacto das prioridades da política da empresa dentro da construção do modelo proposto, outros fatores importantes citados em estudos anteriores foram levados em consideração, tais como: incertezas e imprecisões no processo de decisão, opinião dos *stakeholders*, experiência de especialistas da área, objetivos e estratégia da empresa.

Na definição dos critérios do modelo proposto, foram utilizados vários recursos junto com os decisores para garantir a adequação dos mesmos com a realidade da empresa. Nesse sentido foram consultados os critérios que têm sido usados na literatura e outras empresas do setor. É importante mencionar que durante esta etapa os *stakeholders* e decisores da empresa tiveram um papel importante na categorização do critérios. Diante disso, 23 subcritérios foram agrupados em 7 critérios.

Para a determinação dos pesos do critérios por meio do método *Fuzzy SWARA*, a proposta de utilização de variáveis linguísticas para expressar o grau de importância de critérios subjetivos, auxiliou aos decisores da empresa a definirem com mais clareza, já que se sentiam desconfortáveis para atribuir um número inteiro.

Os resultados de importância do critérios apontaram que para empresa manufatureira, o primeiro critério mais importante é a segurança e meio ambiente e depois o segundo mais importante é a qualidade do serviço juntamente com o custo e desempenho operacional. O que é interessante, já que o critério custo, mais uma vez é identificado não sendo o mais importante.

Dentre do processo de avaliação das alternativas, os decisores já usavam uma escala de cinco pontos para avaliar os operadores, entretanto, atribuíam números ao invés de utilizar variáveis linguísticas. Nesse sentido, a utilização de variáveis linguísticas aprimorou o processo de avaliação das alternativas por parte dos decisores.

O método *Fuzzy TOPSIS* foi utilizado para determinar o ranqueamento das alternativas utilizando uma matriz de decisão agregada, a qual incluiu os julgamentos de preferência dos dois decisores.

A análise de sensibilidade ajudou a sugerir as melhores alternativas, na hipótese de houver a necessidade de variar a importância dos critérios por parte da equipe de decisores, visando fornecer informações pertinentes para a melhoria dos critérios com baixo desempenho das alternativas.

O *dashboard* de resultados auxiliou em demonstrar a importância de considerar o conhecimento implícito, experiências e opiniões de múltiplos decisores, devido à diferenciação na ordenação de seleção das alternativas do decisor 1 e do decisor 2.

A validação do modelo proposto foi descrita pela equipe de decisores e *stakeholders* da empresa, relatando a utilidade do modelo e os pontos-chaves a serem melhorados no desenvolvimento da metodologia.

Em síntese, o modelo proposto pôde auxiliar na seleção do operador logístico considerando o impacto das prioridades da política da empresa, com poucas restrições na prática.

6.2 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Para um melhoramento da metodologia proposta em pesquisas futuras, mais critérios podem ser incluídos, por exemplo, os relacionados com sustentabilidade, responsabilidade social e indústria 4.0.

O aprimoramento na elaboração do questionário também pode ser considerado, o qual auxilia aos decisores a expressar o grau de importância dos critérios, utilizando o método *DELPHI*, já que consiste um passo a passo para a obtenção de respostas mais consistentes.

Como parte do processo de definição dos critérios e categorização dos mesmos pode-se realizar uma análise de *Interpretive Structural Model* (ISM) junto com a equipe de decisores para verificar a dependência que existir entre os critérios, uma vez que, uma limitação deste trabalho, é que foram considerados todos os critérios como independentes.

De acordo com os comentários fornecidos pelos decisores da empresa, o processo de avaliação dos operadores logísticos (julgamento das alternativas), aplicado ao modelo proposto, ainda pode possuir limitação devido à provável falta de informações que os operadores logísticos não consegue fornecer para os decisores da empresa. No entanto, enfatiza-se que todas as informações sejam solicitadas por meio de questionários tais como *RFI* (*Request For Information*) e *RFP* (*Request For Proposal*).

O consenso dos *stakeholders* e decisores pode ser melhorado por meio do método *Modified Delphi*, o qual fornece um processo estruturado de comunicação no qual o grupo insere, discute e defende suas habilidades de conhecimento até que um consenso mútuo seja alcançado.

Com o aproveitamento do envolvimento dos *stakeholders* da empresa, poderia-se considerar a aplicação do método *QFD* ou algum método baseado em programação linear.

A escala *Fuzzy* utilizada para expressar o grau de importância dos critérios e a avaliação das alternativas pode ser modificada com uma escala do tipo híbrida, ou seja, triangular com combinação trapezoidal.

A utilização do modelo proposto em outras organizações do setor público ou privado, também é uma opção de trabalho futuro, assim como em outros processos de apoio à decisão, tais como: seleção de pessoal, priorização de projetos, localização de centro de distribuição, etc. Identificação e aplicação de novas combinações entre métodos *MCDM* e técnicas já existentes que garantam as prioridades da política empresas.

REFERÊNCIAS

AGUEZZOUL, A. Third-party logistics selection problem: A literature review on criteria and methods. **Omega**, v. 49, p. 69–78, 2014.

AGUEZZOUL, A.; PIRES, S. **3PL performance evaluation and selection: a MCDM method**. Supply Chain Forum: An International Journal. **Anais...Taylor & Francis**, 2016

ALI, S. S.; KAUR, R. An analysis of satisfaction level of 3PL service users with the help of ACSI. **Benchmarking: An International Journal**, v. 25, n. 1, p. 24–46, 2018.

ALIMORADI, A.; YUSSUF, R. M.; ZULKIFLI, N. A hybrid model for remanufacturing facility location problem in a closed-loop supply chain. **International Journal of Sustainable Engineering**, v. 4, n. 01, p. 16–23, 2011.

ALJOUHAH, E. et al SLA in cloud computing architectures: A comprehensive study. **International Journal of Grid Distribution Computing**, v. 8, n. 5, p. 7–32, 2015.

ALKHATIB, S. F.; DARLINGTON, R.; NGUYEN, T. T. Logistics Service Providers (LSPs) evaluation and selection: Literature review and framework development. **Strategic Outsourcing: An International Journal**, v. 8, n. 1, p. 102–134, 2015.

ANDERSSON, D.; NORRMAN, A. Procurement of logistics services—a minutes work or a multi-year project? **European Journal of Purchasing & Supply Management**, v. 8, n. 1, p. 3–14, 2002.

AWASTHI, A.; CHAUHAN, S. S.; GOYAL, S. K. A fuzzy multicriteria approach for evaluating environmental performance of suppliers. **International Journal of Production Economics**, v. 126, n. 2, p. 370–378, 2010.

AWASTHI, A.; CHAUHAN, S. S.; OMRANI, H. Application of fuzzy TOPSIS in evaluating sustainable transportation systems. **Expert systems with Applications**, v. 38, n. 10, p. 12270–12280, 2011.

BEIKKHAKHIAN, Y. et al The application of ISM model in evaluating agile suppliers selection criteria and ranking suppliers using fuzzy TOPSIS-AHP methods. **Expert Systems with Applications**, v. 42, n. 15–16, p. 6224–6236, 2015.

BHATNAGAR, R.; SOHAL, A. S.; MILLEN, R. Third party logistics services: a Singapore perspective. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 29, n. 9, p. 569–587, 1999.

BIANCHINI, A. 3PL provider selection by AHP and TOPSIS methodology. **Benchmarking: An International Journal**, v. 25, n. 1, p. 235–252, 2018.

BITARAFAN, M. et al Evaluation of real-time intelligent sensors for structural health monitoring of bridges based on SWARA-WASPAS; A case in Iran. **Baltic Journal of Road & Bridge Engineering**, v. 9, n. 4, 2014.

BORAN, F. E. et al A multi-criteria intuitionistic fuzzy group decision making for supplier selection with TOPSIS method. **Expert Systems with Applications**, v. 36, n. 8, p. 11363–11368, 2009.

BOTTANI, E.; RIZZI, A. A fuzzy TOPSIS methodology to support outsourcing of logistics services. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 11, n. 4, p. 294–308, 2006.

BÜYÜKÖZKAN, G.; FEYZIOĞLU, O.; NEBOL, E. Selection of the strategic alliance partner in logistics value chain. **International Journal of Production Economics**, v. 113, n. 1, p. 148–158, 2008.

CELIK, E.; ERDOGAN, M.; GUMUS, A. T. An extended fuzzy TOPSIS–GRA method based on different separation measures for green logistics service provider selection. **International journal of environmental science and technology**, v. 13, n. 5, p. 1377–1392, 2016.

CHAN, F. T.; KUMAR, N. Global supplier development considering risk factors using fuzzy extended AHP-based approach. **Omega**, v. 35, n. 4, p. 417–431, 2007.

CHANG, P.-L.; CHEN, Y.-C. A fuzzy multi-criteria decision making method for technology transfer strategy selection in biotechnology. **Fuzzy Sets and Systems**, v. 63, n. 2, p. 131–139, 1994.

CHEN, S.-J.; HWANG, C.-L. Fuzzy multiple attribute decision making methods. In: **Fuzzy multiple attribute decision making**. [s.l.] Springer, 1992. p. 289–486.

CHEN, C.-T.; LIN, C.-T.; HUANG, S.-F. A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. **International journal of production economics**, v. 102, n. 2, p. 289–301, 2006.

CHEN, T.-Y.; KU, T.-C.; TSUI, C.-W. **Determining attribute importance based on triangular and trapezoidal fuzzy numbers in (z) fuzzy measures**. The 19th international conference on multiple criteria decision making. **Anais...**2008

CHEN, Y.-J. Structured methodology for supplier selection and evaluation in a supply chain. **Information Sciences**, v. 181, n. 9, p. 1651–1670, 2011.

CHU, T.-C. Selecting plant location via a fuzzy TOPSIS approach. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 20, n. 11, p. 859–864, 2002.

CHU, T.-C.; LIN, Y.-C. An interval arithmetic based fuzzy TOPSIS model. **Expert Systems with Applications**, v. 36, n. 8, p. 10870–10876, 2009.

CORDEAU, J.-F. et al Transportation on demand. **Handbooks in operations research and management science**, v. 14, p. 429–466, 2007.

DALALAH, D.; HAYAJNEH, M.; BATIEHA, F. A fuzzy multi-criteria decision making model for supplier selection. **Expert systems with applications**, v. 38, n. 7, p. 8384–8391, 2011.

DAPIRAN, P. et al Third party logistics services usage by large Australian firms. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 26, n. 10, p. 36–45, 1996.

DATTA, S. et al Appraisal and selection of third party logistics service providers in fuzzy environment. **Benchmarking: An International Journal**, v. 20, n. 4, p. 537–548, 2013.

DENG, Y.; CHAN, F. T. A new fuzzy dempster MCDM method and its application in supplier selection. **Expert Systems with Applications**, v. 38, n. 8, p. 9854–9861, 2011.

DEVIREN, M.; YAVUZ, S.; KILINÇ, N. Weapon selection using the AHP and TOPSIS methods under fuzzy environment. **Expert Systems with Applications**, v. 36, n. 04, p. 8143–8151, 2009.

DIABY, V.; GOEREE, R. How to use multi-criteria decision analysis methods for reimbursement decision-making in healthcare: a step-by-step guide. **Expert review of pharmacoeconomics & outcomes research**, v. 14, n. 1, p. 81–99, 2014.

DOMINGUES, M. L.; REIS, V.; MACÁRIO, R. A comprehensive framework for measuring performance in a third-party logistics provider. **Transportation Research Procedia**, v. 10, p. 662–672, 2015.

DOYLE, J. R.; GREEN, R. H.; BOTTOMLEY, P. A. Judging relative importance: direct rating and point allocation are not equivalent. **Organizational behavior and human decision processes**, v. 70, n. 1, p. 65–72, 1997.

DWAYNE WHITTEN, G.; GREEN JR, K. W.; ZELBST, P. J. Triple-A supply chain performance. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 32, n. 1, p. 28–48, 2012.

ECER, F. Third-party logistics (3PLs) provider selection via Fuzzy AHP and EDAS integrated model. **Technological and Economic Development of Economy**, v. 24, n. 2, p. 615–634–615–634, 2018.

EFENDIGIL, T.; ÖNÜT, S.; KONGAR, E. A holistic approach for selecting a third-party reverse logistics provider in the presence of vagueness. **Computers & Industrial Engineering**, v. 54, n. 2, p. 269–287, 2008.

ERTUĞRUL, İ.; KARAKAŞOĞLU, N. Comparison of fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods for facility location selection. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 39, n. 7–8, p. 783–795, 2008.

GANTZIA, D.; SKLATINIOTI, M. E. **Cloud computing in the 3PL industry. A profound insight into the benefits & challenges of cloud-based services: A two fold approach.** [s.l: s.n.].

GELASHVILI, E.; HUXEL, P. **Use of Lean and Agile Commercial Supply Chain Practices in Humanitarian Supply Chains.** [s.l: s.n.], 2014.

GINEVIČIUS, R. A new determining method for the criteria weights in multicriteria evaluation. **International Journal of Information Technology & Decision Making**, v. 10, n. 06, p. 1067–1095, 2011.

GHORSHI NEZHAD, M. R. et al Planning the priority of high tech industries based on SWARA-WASPAS methodology: The case of the nanotechnology industry in Iran. **Economic research-Ekonomska istraživanja**, v. 28, n. 1, p. 1111–1137, 2015.

GIUNIPERO, L. C.; BRAND, R. R. Purchasing's role in supply chain management. **The International Journal of Logistics Management**, v. 7, n. 1, p. 29–38, 1996.

GÖL, H.; ÇATAY, B. Third-party logistics provider selection: insights from a Turkish automotive company. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 12, n. 6, p. 379–384, 2007.

GOVINDAN, K.; MURUGESAN, P. Selection of third-party reverse logistics provider using fuzzy extent analysis. **Benchmarking: An International Journal**, v. 18, n. 1, p. 149–167, 2011.

GREEN, F. B. et al A practitioner's perspective on the role of a third-party logistics provider. **Journal of Business & Economics Research**, v. 6, n. 6, p. 9–14, 2008.

GUARNIERI, P. et al The challenge of selecting and evaluating third-party reverse logistics providers in a multicriteria perspective: a Brazilian case. **Journal of Cleaner Production**, v. 96, p. 209–219, 2015.

GUPTA, R.; SACHDEVA, A.; BHARDWAJ, A. **Selection of 3PL service provider using integrated fuzzy Delphi and fuzzy TOPSIS**. Proceedings of the world congress on engineering and computer science. **Anais...2010**

GUPTA, R.; SACHDEVA, A.; BHARDWAJ, A. Criteria of selecting 3PL provider: A literature review. 2011.

GUPTA, R.; SACHDEVA, A.; BHARDWAJ, A. A framework for selection of logistics outsourcing partner in uncertain environment using TOPSIS. **International Journal of Industrial and Systems Engineering**, v. 12, n. 2, p. 223–242, 2012.

HAJKOWICZ, S. A.; MCDONALD, G. T.; SMITH, P. N. An evaluation of multiple objective decision support weighting techniques in natural resource management. **Journal of Environmental Planning and Management**, v. 43, n. 4, p. 505–518, 2000.

HALDAR, A. et al 3PL evaluation and selection using integrated analytical modeling. **Journal of Modelling in Management**, v. 12, n. 2, p. 224–242, 2017.

HASAN AGHDAIE, M.; HASHEMKHANI ZOLFANI, S.; ZAVADSKAS, E. K. Decision making in machine tool selection: An integrated approach with SWARA and COPRAS-G methods. **Engineering Economics**, v. 24, n. 1, p. 5–17, 2013.

HASHEMKHANI ZOLFANI, S.; BAHRAMI, M. Investment prioritizing in high tech industries based on SWARA-COPRAS approach. **Technological and Economic Development of Economy**, v. 20, n. 3, p. 534–553, 2014.

HASHEMKHANI ZOLFANI, S.; MAKNOON, R.; ZAVADSKAS, E. K. Multiple nash equilibriums and evaluation of strategies. New application of MCDM methods. **Journal of Business Economics and Management**, v. 16, n. 2, p. 290–306, 2015.

HO, W. et al Strategic logistics outsourcing: An integrated QFD and fuzzy AHP approach. **Expert Systems with Applications**, v. 39, n. 12, p. 10841–10850, 2012.

HO, W.; XU, X.; DEY, P. K. Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review. **European Journal of operational research**, v. 202, n. 1, p. 16–24, 2010.

HOFMANN, E.; OSTERWALDER, F. Third-Party Logistics Providers in the Digital Age: Towards a New Competitive Arena? **Logistics**, v. 1, n. 2, p. 9, 2017.

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.

HUANG, S. H.; KESKAR, H. Comprehensive and configurable metrics for supplier selection. **International journal of production economics**, v. 105, n. 2, p. 510–523, 2007.

HWANG, B.-N.; CHEN, T.-T.; LIN, J. T. 3PL selection criteria in integrated circuit manufacturing industry in Taiwan. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 21, n. 1, p. 103–124, 2016.

HWANG, C.L.; YOON, K. **Multiple attributes decision making: methods and applications**. Springer - Verlag, New York, 1981.

IŞIKLAR, G.; ALPTEKIN, E.; BÜYÜKÖZKAN, G. Application of a hybrid intelligent decision support model in logistics outsourcing. **Computers & Operations Research**, v. 34, n. 12, p. 3701–3714, 2007.

JAIN, V.; KHAN, S. A. Application of AHP in reverse logistics service provider selection: a case study. **International Journal of Business Innovation and Research**, v. 12, n. 1, p. 94–119, 2017.

JAMALI, G. et al Analysing large supply chain management competitive strategies in Iranian cement industries. 2017.

JHARKHARIA, S.; SHANKAR, R. Selection of logistics service provider: An analytic network process (ANP) approach. **Omega**, v. 35, n. 3, p. 274–289, 2007.

JUNG, H. Evaluation of Third Party Logistics Providers Considering Social Sustainability. **Sustainability**, v. 9, n. 5, p. 777, 2017.

KANNAN, D.; JABBOUR, A.B.L.S.; JABBOUR, C.J.C. Selecting green suppliers based on GSCM practices: Using Fuzzy TOPSIS applied to a Brazilian electronics company. **European Journal of Operational Research**, v. 233, n. 02, p. 432-447, 2014

KANNAN, G. Fuzzy approach for the selection of third party reverse logistics provider. **Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics**, v. 21, n. 3, p. 397–416, 2009.

KANNAN, G. et al Multicriteria group decision making for the third party reverse logistics service provider in the supply chain model using fuzzy TOPSIS for transportation services. **International Journal of Services Technology and Management**, v. 11, n. 2, p. 162–181, 2009.

KANNAN, G.; POKHAREL, S.; KUMAR, P. S. A hybrid approach using ISM and fuzzy TOPSIS for the selection of reverse logistics provider. **Resources, conservation and recycling**, v. 54, n. 1, p. 28–36, 2009.

KARABASEVIC, D. et al The framework for the selection of personnel based on the SWARA and ARAS methods under uncertainties. **Informatica**, v. 27, n. 1, p. 49–65, 2016.

KARABAŠEVIĆ, D.; STANUJKIĆ, D.; UROŠEVIĆ, S. The MCDM Model for Personnel Selection Based on SWARA and ARAS Methods. **Management (1820-0222)**, n. 77, 2015.

KARAGEORGOS, A. et al Agent-based optimisation of logistics and production planning. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, v. 16, n. 4, p. 335–348, 2003.

KERŠULIENĖ, V.; TURSKIS, Z. Integrated fuzzy multiple criteria decision making model for architect selection. **Technological and Economic Development of Economy**, v. 17, n. 4, p. 645–666, 2011.

KERŠULIENE, V.; ZAVADSKAS, E. K.; TURSKIS, Z. Selection of rational dispute resolution method by applying new step-wise weight assessment ratio analysis (SWARA). **Journal of business economics and management**, v. 11, n. 2, p. 243–258, 2010.

KESHAVARZ GHORABAE, M. et al Assessment of third-party logistics providers using a CRITIC–WASPAS approach with interval type-2 fuzzy sets. **Transport**, v. 32, n. 1, p. 66–78, 2017.

KHODAVERDI, R.; HASHEMI, S. H. A grey-based decision-making approach for selecting a reverse logistics provider in a closed loop supply chain. **International Journal of Management and Decision Making**, v. 14, n. 1, p. 32–43, 2015.

KISHORE, P.; PADMANABHAN, G. An integrated approach of fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS to select logistics service provider. **Journal for Manufacturing Science and Production**, v. 16, n. 1, p. 51–59, 2016.

KORE, M. N. B.; RAVI, K.; PATIL, A. P. M. S. A Simplified Description of FUZZY TOPSIS Method for Multi Criteria Decision Making. 2017.

KOUCHAKSARAEI, R. H.; ZOLFANI, S. H.; GOLABCHI, M. Glasshouse locating based on SWARA-COPRAS approach. **International Journal of Strategic Property Management**, v. 19, n. 2, p. 111–122, 2015.

KUMAR, P.; SINGH, R. K. A fuzzy AHP and TOPSIS methodology to evaluate 3PL in a supply chain. **Journal of Modelling in Management**, v. 7, n. 3, p. 287–303, 2012.

KUO, M.-S.; TZENG, G.-H.; HUANG, W.-C. Group decision-making based on concepts of ideal and anti-ideal points in a fuzzy environment. **Mathematical and Computer Modelling**, v. 45, n. 3–4, p. 324–339, 2007.

LAI, K.-H.; NGAI, E. W. T.; CHENG, T. C. E. An empirical study of supply chain performance in transport logistics. **International journal of Production economics**, v. 87, n. 3, p. 321–331, 2004.

LANGLEY, J. Council of Supply Chain Management Professionals. **21st Annual State of Logistics Outsourcing Report,** June, 2016.

LARSON, P. D.; HALLDORSSON, A. Logistics versus supply chain management: an international survey. **International Journal of Logistics: Research and Applications**, v. 7, n. 1, p. 17–31, 2004.

LAU, H. C. W. et al A fuzzy multi-criteria decision support procedure for enhancing information delivery in extended enterprise networks. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, v. 16, n. 1, p. 1–9, 2003.

LEE, L.; ANDERSON, R. **A comparison of compensatory and non-compensatory decision making strategies in IT project portfolio management.** International Research Workshop on IT Project Management 2009. **Anais...**2009.

LI, F. et al A 3PL supplier selection model based on fuzzy sets. **Computers & Operations Research**, v. 39, n. 8, p. 1879–1884, 2012.

LI, Y. et al Business orientation policy and process analysis evaluation for establishing third party providers of reverse logistics services. **Journal of Cleaner Production**, 2018.

LI, Y.; NIE, X., CHEN, S. Fuzzy Approach to Prequalifying Construction Contractors. **Journal of Construcion Engineering and Management**, v. 133, n. 01, p. 40-49, 2007

LIU, H.-T.; WANG, W.-K. An integrated fuzzy approach for provider evaluation and selection in third-party logistics. **Expert Systems with Applications**, v. 36, n. 3, p. 4387–4398, 2009.

MARASCO, A. Third-party logistics: A literature review. **International Journal of production economics**, v. 113, n. 1, p. 127–147, 2008.

MARDANI, A. et al Multiple criteria decision-making techniques in transportation systems: a systematic review of the state of the art literature. **Transport**, v. 31, n. 3, p. 359–385, 2016.

MAVI, R. K.; GOH, M.; ZARBAKSHSHNIA, N. Sustainable third-party reverse logistic provider selection with fuzzy SWARA and fuzzy MOORA in plastic industry. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 91, n. 5–8, p. 2401–2418, 2017.

MEADE, L.; SARKIS, J. A conceptual model for selecting and evaluating third-party reverse logistics providers. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 7, n. 5, p. 283–295, 2002.

MEHRI, S.; ROGHANIAN, E.; KHODADADZADEH, T. A methodology for outsourcing resources in reverse logistics using fuzzy TOPSIS and fuzzy linear programming. **Uncertain Supply Chain Management**, v. 1, n. 2, p. 107–114, 2013.

MENTZER, J. T. et al Defining supply chain management. **Journal of Business logistics**, v. 22, n. 2, p. 1–25, 2001.

MILLER, G.A. The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. **Psychological Review**, v. 63, p. 81-97, 1956.

MIN, H. International supplier selection: a multi-attribute utility approach. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 24, n. 5, p. 24–33, 1994.

MIN, H.; ZHOU, G. Supply chain modeling: past, present and future. **Computers & industrial engineering**, v. 43, n. 1–2, p. 231–249, 2002.

MULLINER, E.; MALYS, N.; MALIENE, V. Comparative analysis of MCDM methods for the assessment of sustainable housing affordability. **Omega**, v. 59, parte B, p. 146-156, 2016

OLFAT, A.; GOVINDAN, K.; KHODAVERDI, R. A fuzzy multi criteria approach for evaluating green supplier's performance in green supply chain with linguistic preferences. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 74, p. 170-179, 2013

PAVONE, M.; TRELEAVEN, K.; FRAZZOLI, E. **Fundamental performance limits and efficient polices for Transportation-On-Demand systems**. Decision and Control (CDC), 2010 49th IEEE Conference on. **Anais...IEEE**, 2010

PERCIN, S. Evaluation of third-party logistics (3PL) providers by using a two-phase AHP and TOPSIS methodology. **Benchmarking: An International Journal**, v. 16, n. 5, p. 588–604, 2009.

POWER, D.; SHARAFALI, M.; BHAKOO, V. Adding value through outsourcing: Contribution of 3PL services to customer performance. **Management Research News**, v. 30, n. 3, p. 228–235, 2007.

PRAKASH, C.; BARUA, M. K. A combined MCDM approach for evaluation and selection of third-party reverse logistics partner for Indian electronics industry. **Sustainable Production and Consumption**, v. 7, p. 66–78, 2016a.

PRAKASH, C.; BARUA, M. K. A multi-criteria decision-making approach for prioritizing reverse logistics adoption barriers under fuzzy environment: Case of Indian Electronics Industry. **Global Business Review**, v. 17, n. 5, p. 1107–1124, 2016b.

PRAKASH, C.; BARUA, M. K. An analysis of integrated robust hybrid model for third-party reverse logistics partner selection under fuzzy environment. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 108, p. 63–81, 2016c.

QURESHI, M. N.; KUMAR, D.; KUMAR, P. An integrated model to identify and classify the key criteria and their role in the assessment of 3PL services providers. **Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics**, v. 20, n. 2, p. 227–249, 2008.

RAMKUMAR, N.; SUBRAMANIAN, P.; RAJMOHAN, M. A multi-criteria decision making model for outsourcing inbound logistics of an automotive industry using the AHP and TOPSIS. **International Journal of Enterprise Network Management**, v. 3, n. 3, p. 223–245, 2009.

RATTANAWIBOONSOM, V. Effective criteria for selecting third-party logistics providers: the case of thai Automotive Industry. **World Review of Business Research**, v. 4, n. 2, p. 196–205, 2014.

REZAEI, J. Best-worst multi-criteria decision-making method. **Omega**, v. 53, p. 49–57, 2015.

ROGHANIAN, E.; RAHIMI, J.; ANSARI, A. Comparison of first aggregation and last aggregation in fuzzy group TOPSIS. **Applied Mathematical Modelling**, v. 34, n. 12, p. 3754–3766, 2010.

ROY, B. **Multicriteria Methodology for Decision Aiding**. Kluwer, Dordrecht, Netherlands, 1996

RUSKE, K. D. et al Transportation & Logistics 2030-Volume 3: Emerging Markets New hubs, new spokes, new industry leaders. **SMI (Supply Chain Management Institute) and Price Waterhouse Cooper, Tech. Rep**, 2010.

SABTU, M. I. et al Multi-criteria decision making for reverse logistic contractor selection in e-waste recycling industry using polytomous rasch model. **Jurnal Teknologi**, v. 77, n. 27, p. 119–125, 2015.

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

SAATY, T. L. Decision making with dependence and feedback. **The analytic network process**, 2001.

SAHU, N. K.; DATTA, S.; MAHAPATRA, S. S. Decision making for selecting 3PL service provider using three parameter interval grey numbers. **International Journal of Logistics Systems and Management**, v. 14, n. 3, p. 261–297, 2013.

SAREMI, M.; MOUSAVI, S. F.; SANAYEI, A. TQM consultant selection in SMEs with TOPSIS under fuzzy environment. **Expert Systems with Applications**, v. 36, n. 2, p. 2742–2749, 2009.

SELVIARIDIS, K.; SPRING, M. Third party logistics: a literature review and research agenda. **The International Journal of Logistics Management**, v. 18, n. 1, p. 125–150, 2007.

SENTHIL, S.; SRIRANGACHARYULU, B.; RAMESH, A. A robust hybrid multi-criteria decision making methodology for contractor evaluation and selection in third-party reverse logistics. **Expert Systems with Applications**, v. 41, n. 1, p. 50–58, 2014.

SENTURK, S.; ERGINEL, N.; BINICI, Y. Interval Type-2 Fuzzy Analytic Network Process for Modelling a Third-party Logistics (3PL) Company. **Journal of Multiple-Valued Logic & Soft Computing**, v. 28, 2017.

SHEN, C.; CHOU, C.-C. Business process re-engineering in the logistics industry: a study of implementation, success factors, and performance. **Enterprise Information Systems**, v. 4, n. 1, p. 61–78, 2010.

SINGH, R.K.; BENYOUCEF, L. A fuzzy TOPSIS based approach for e-sourcing. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, v. 24, n. 03, p. 437-448, 2011.

SINGH BHATTI, R.; KUMAR, P.; KUMAR, D. Analytical modeling of third party service provider selection in lead logistics provider environments. **Journal of Modelling in Management**, v. 5, n. 3, p. 275–286, 2010.

SINGH, R. K.; GUNASEKARAN, A.; KUMAR, P. Third party logistics (3PL) selection for cold chain management: a fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS approach. **Annals of Operations Research**, v. 267, n. 1–2, p. 531–553, 2018.

SINGH, R. K.; SHARMA, H. O.; GARG, S. K. Interpretive structural modelling for selection of best supply chain practices. **International Journal of Business Performance and Supply Chain Modelling**, v. 2, n. 3–4, p. 237–257, 2010.

STANUJKIC, D.; KARABASEVIC, D.; ZAVADSKAS, E. K. A framework for the selection of a packaging design based on the SWARA method. **Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics**, v. 26, n. 2, p. 181–187, 2015.

TRACEY, M. The role of logistics in strategic management. **International Journal of Integrated Supply Management**, v. 2, n. 4, p. 356–382, 2006.

TRIANAPHYLLOU, E. **Multi-criteria decision making methods**: a comparative study. 4^o ed., Springer, Boston, 2000.

TRZUSKAWSKA-GRZESINSKA, A. Control towers in supply chain management—past and future. **Journal of Economics & Management**, v. 27, 2017.

VAIDYANATHAN, G. A framework for evaluating third-party logistics. **Communications of the ACM**, v. 48, n. 1, p. 89–94, 2005.

VASILIAUSKAS, A. V.; JAKUBAUSKAS, G. Principle and benefits of third party logistics approach when managing logistics supply chain. **Transport**, v. 22, n. 2, p. 68–72, 2007.

WANG, H.; CRUZ, J. Transformational Leadership in Supply Chain Management. 2018.

WANG, J.; WANG, J.; ZHANG, H. A likelihood-based TODIM approach based on multi-hesitant fuzzy linguistic information for evaluation in logistics outsourcing. **Computers & Industrial Engineering**, v. 99, p. 287–299, 2016.

WANG, J.-J. et al Multistakeholder strategic third-party logistics provider selection: a real case in China. **Transportation Journal**, v. 54, n. 3, p. 312–338, 2015.

WANG, Y.-J.; LEE, H.-S. Generalizing TOPSIS for fuzzy multiple-criteria group decision-making. **Computers & Mathematics with Applications**, v. 53, n. 11, p. 1762–1772, 2007.

YAN, J.; CHAUDHRY, P. E.; CHAUDHRY, S. S. A model of a decision support system based on case-based reasoning for third-party logistics evaluation. **Expert Systems**, v. 20, n. 4, p. 196–207, 2003.

YAYLA, A. Y. et al A hybrid data analytic methodology for 3PL transportation provider evaluation using fuzzy multi-criteria decision making. **International Journal of Production Research**, v. 53, n. 20, p. 6097–6113, 2015.

YAZDANI, M. et al A group decision making support system in logistics and supply chain management. **Expert Systems with Applications**, v. 88, p. 376–392, 2017.

YAZDANI, M.; HASHEMKHANI ZOLFANI, S.; ZAVADSKAS, E. K. New integration of MCDM methods and QFD in the selection of green suppliers. **Journal of Business Economics and Management**, v. 17, n. 6, p. 1097–1113, 2016.

ZADEH, L.A. Fuzzy sets. **Information and Control**, v. 8, p. 338-53, 1965.

ZARBAKSHNIA, N.; SOLEIMANI, H.; GHADERI, H. Sustainable third-party reverse logistics provider evaluation and selection using fuzzy SWARA and developed fuzzy COPRAS in the presence of risk criteria. **Applied Soft Computing**, v. 65, p. 307–319, 2018.

ZARDARI, N. H. et al Literature review. In: **Weighting Methods and their Effects on Multi-Criteria Decision Making Model Outcomes in Water Resources Management**. [s.l.] Springer, 2015. p. 7–67.

ZAVADSKAS, E. K. et al A Novel Multicriteria Approach–Rough Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis Method (R-SWARA) and Its Application in Logistics. **Studies in Informatics and Control**, v. 27, n. 1, p. 97–106, 2018.

ZAVADSKAS, E.K.; TURSKIS, Z. Multiple criteria decision making (MCDM) methods in economics: an overview. **Technological and Economic Development of Economy**, v. 17, n. 02, p. 397–427, 2011.

ZHANG, S.; LI, X. A hybrid performance evaluation model of TPL providers in agricultural products based on fuzzy ANP-TOPSIS. **CUSTOS E AGRONEGOCIO ONLINE**, v. 11, n. 3, p. 144–165, 2015.

ZOLFANI, S. H. et al Decision making on business issues with foresight perspective; an application of new hybrid MCDM model in shopping mall locating. **Expert systems with applications**, v. 40, n. 17, p. 7111–7121, 2013.

ZOLFANI, S. H. et al Technology foresight about R&D projects selection; application of SWARA method at the policy making level. **Engineering Economics**, v. 26, n. 5, p. 571–580, 2015.

ZOLFANI, S. H.; BANIHASHEMI, S. S. A. **Personnel selection based on a novel model of game theory and MCDM approaches**. Proc. of 8th International Scientific Conference" Business and Management. **Anais...**2014

ZOLFANI, S. H.; SAPARAUSKAS, J. New application of SWARA method in prioritizing sustainability assessment indicators of energy system. **Engineering Economics**, v. 24, n. 5, p. 408–414, 2013.

ZOLFANI, S. H.; ZAVADSKAS, E. K. Sustainable development of rural areas' building structures based on local climate. **Procedia Engineering**, v. 57, p. 1295–1301, 2013.

ZOLFANI, S. H.; ZAVADSKAS, E. K.; TURSKIS, Z. Design of products with both International and Local perspectives based on Yin-Yang balance theory and SWARA method. **Economic research-Ekonomska istraživanja**, v. 26, n. 2, p. 153–166, 2013.

APÊNDICE A - Conhecimento do processo

Entrevista Semiestruturada:**Conhecimento do Processo de Tomada de Decisão**

Objetivo: Esta entrevista tem como objetivo principal o levantamento e a descrição das etapas do processo de decisão, ou seja, identificação dos decisores, *stakeholders* e alternativas, do método atual de seleção do operador logístico empregado pela empresa, os critérios e pesos utilizados, as restrições da empresa quanto ao tempo de duração do processo, entre outras informações. Os dados coletados serão repassados e validados com o(s) respondente(s) para utilização na modelagem do problema.

Respondente(s): _____

Data: _____

Local: _____

1- Qual é o seu cargo na sua empresa?

2- Qual (is) produto (s) a sua empresa fabrica?

3- Quantos funcionários (diretos e indiretos) sua empresa possui?

4- Qual foi a principal motivação da sua empresa para terceirizar atividades de logística?

5- Quais atividades logísticas são terceirizadas pela sua empresa? Por exemplo, distribuição, transportes, armazenagem, etc.

6- Quais objetivos logísticos são procurados pela sua empresa em parceria com o operador logístico? Por exemplo, os principais ganhos quantitativos e qualitativos por meio da terceirização logística: reduzir custo de armazenagem, diminuir o tempo de ciclo de transporte(quase três dias), melhorar frequência de entrega de embalagens retornáveis, confirmar aquisição de materiais com fornecedores e rastreamento diários.

7- Quais tecnologias / sistemas de informação o operador logístico precisa ter?

8- Você poderia descrever brevemente a maneira como sua empresa seleciona o operador logístico adequado? Por exemplo, processo de licitação,etc.

9- Quantos fornecedores (operadores logísticos) participam dentro do processo de seleção?

10- Antes de identificar os fornecedores (operadores logísticos) a participarem no processo de seleção, existe uma pre-seleção ou filtro de fornecedores? Por exemplo, eles são pre-avaliados com critérios qualitativos como “reputação” (requerimento de informação preliminar) para depois obter a lista final dos fornecedores a serem considerados no processo de seleção.

11- Quais são os critérios da empresa para a seleção do operador logístico? Por exemplo, preço, qualidade do serviço prestado, entrega, serviço de suporte, etc.

12- Como são analisados cada um desses critérios com os fornecedores? Por exemplo, através de requerimentos de informação sobre esses critérios com o fornecedor.

13- Que executivos ou áreas formam a equipe de decisores da toma da decisão para a seleção do operador logístico?

14- Quem são os principais *stakeholders* da área de transportes logística *inbound*?

15- Quais são os principais problemas que a sua empresa enfrenta durante o processo de seleção do operador logístico?

APÊNDICE B - Categorização dos critérios de seleção

Foi elaborada uma proposta de categorização de critérios baseada nas classificações estabelecidas por Aguezzoul (2014), Alkhatib, Darlington e Nguyen (2015) e Selviaridis e Spring (2007). Os critérios foram agrupados em 11 categorias que representam 61 subcritérios como são ilustrados no Quadro 8.

Quadro 8 - Categorização de critérios de seleção

Critério	Subcritérios	Referências
Qualidade	Garantia de qualidade na distribuição, Melhoria contínua, Satisfação do cliente, Conformidade com ISO, Acompanhamento dos KPIs, Nível de serviço.	Jharkharia e Shankar (2007); Kannan, Pokharel e Kumar (2009); Bottani e Rizzi (2006); Efendigil, Önüt e Kongar (2008); Liu e Wang (2009); Ho et al (2012); Senthil, Srirangacharyulu e Ramesh (2014); Işiklar, Alptekin e Büyüközkan (2007); Wang, Wang e Zhang (2016); Göl e Çatay (2007); Beikkhakhian et al (2015); Keshavarz Ghorabae et al (2017); Yazdani et al (2017); Li et al (2012); Hwang, Chen e Lin (2016); Mavi e Zorbakhshnia (2017); Govindan e Murugesan (2011); Jain e Khan (2017)
Custo	Controle de custos de serviços de valor agregado, Redução de custos, Despesas ambientais, Preço, Custo de pesquisa e desenvolvimento, Custo unitário de operação.	Jharkharia e Shankar (2007); Kannan, Pokharel e Kumar (2009); Bottani e Rizzi (2006); Efendigil, Önüt e Kongar (2008); Liu e Wang (2009); Ho et al (2012); Işiklar, Alptekin e Büyüközkan (2007); Wang, Wang e Zhang (2016); Göl e Çatay (2007); Beikkhakhian et al (2015); Keshavarz Ghorabae et al (2017); Hwang, Chen e Lin (2016); Mavi e Zorbakhshnia (2017); Govindan e Murugesan (2011); Senturk, Erginel e Binici (2017)
Tecnologia da informação	Sistemas baseados em nuvem, Nível de integração, Cobertura de funções de TI, Escalabilidade do sistema, Estabilidade do sistema.	Jharkharia e Shankar (2007); Kannan, Pokharel e Kumar (2009); Büyüközkan, Feyzioğlu e Nebol (2008); Bottani e Rizzi (2006); Liu e Wang (2009); Ho et al (2012); Senthil, Srirangacharyulu e Ramesh (2014); Işiklar, Alptekin e Büyüközkan (2007); Wang, Wang e Zhang (2016); Göl e Çatay (2007); Beikkhakhian et al (2015); Li et al (2012); Hwang, Chen e Lin (2016); Govindan e Murugesan (2011); Senturk, Erginel e Binici (2017)
Desempenho operacional	Utilização de capacidade, Precisão de documentação, Precisão de inventário, Entrega no prazo, Taxa de rejeição, Tempo ciclo do pedido.	Jharkharia e Shankar (2007); Kannan, Pokharel e Kumar (2009); Büyüközkan, Feyzioğlu e Nebol (2008); Bottani e Rizzi (2006); Efendigil, Önüt e Kongar (2008); Senthil, Srirangacharyulu e Ramesh (2014); Işiklar, Alptekin e Büyüközkan (2007); Beikkhakhian et al (2015); Li et al (2012); Hwang, Chen e Lin (2016); Mavi e Zorbakhshnia (2017); Govindan e Murugesan (2011)

Critério	Subcritérios	Referências
Flexibilidade	Flexibilidade no faturamento e pagamento, Flexibilidade nas operações e entrega, Responsividade, Índice de flexibilidade do sistema.	Jharkharia e Shankar (2007); Kannan, Pokharel e Kumar (2009); Bottani e Rizzi (2006); Efendigil, Önüt e Kongar (2008); Liu e Wang (2009); Ho et al (2012); Göl e Çatay (2007); Keshavarz Ghorabae et al (2017); Yazdani et al (2017); Hwang, Chen e Lin (2016); Govindan e Murugesan (2011); Senturk, Erginel e Binici (2017)
Relacionamento	Propriedade do ativo, Disponibilidade de talentos qualificados, Disponibilidade da alta administração, Compatibilidade, Compartilhamento de informações, Revisão trimestral de negócios, Cancelamento de serviço, Acordo de nível de serviço, Disposição e Atitude, Disponibilidade para usar mão de obra de logística.	Jharkharia e Shankar (2007); Büyüközkan, Feyzioğlu e Nebol (2008); Işıklar, Alptekin e Büyüközkan (2007); Wang, Wang e Zhang (2016); Göl e Çatay (2007); Govindan e Murugesan (2011); Senturk, Erginel e Binici (2017)
Risco	Cláusula de arbitragem e evasão, Precisão de dados, Quota de mercado, Capacidade de resolução de problemas, Capacidade de resposta.	Jharkharia e Shankar (2007); Liu e Wang (2009); Ho et al (2012); Beikhhakhian et al (2015); Keshavarz Ghorabae et al (2017); Mavi e Zorbakhshnia (2017); Senturk, Erginel e Binici (2017)
Meio Ambiente	Descarte, Reciclar, Remanufatura, Reutilizar.	Meade e Sarkis (2002); Prakash e Barua (2016b); Prakash e Barua (2016c); Kannan (2009); Khodaverdi e Hashemi (2015); Sabtu et al (2015)
Social	Nível de satisfação do empregado, Políticas de recursos humanos, Direitos humanos e participação, Saúde e segurança ocupacional, Processo e programa de aprendizagem, Filantropia, Segurança veicular.	Jung (2017); Mavi e Zorbakhshnia (2017); Li et al (2018)
Serviços	Amplitude do serviço, Atendimento ao cliente, Transporte sob demanda, Serviço de valor agregado.	Bottani e Rizzi (2006); Aguezzoul (2014)
Intangíveis	Estabilidade financeira, Experiência na indústria, Localização, Reputação.	Vaidyanathan (2005)

Fonte: Autoria própria (2018).

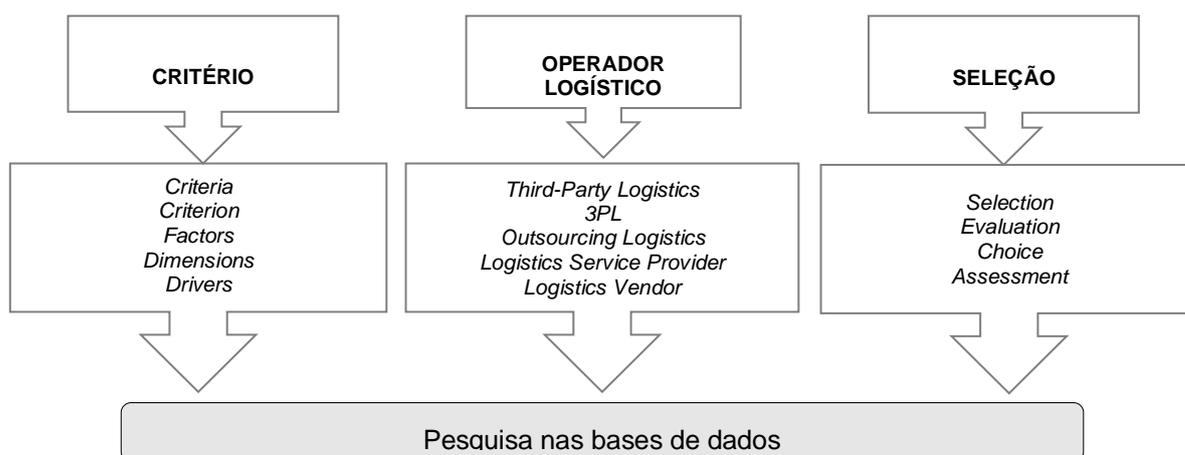
APÊNDICE C - Revisão sistemática de literatura

REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

Para a interpretação e definição dos critérios de seleção do operador logístico foi realizada uma revisão sistemática de literatura. A revisão obedeceu a tais indicações. Os artigos selecionados foram coletados nas bases de dados *Web of Science*, *Scopus* e *Science Direct*, escolhidas devido ao acervo de artigos com elevado grau de impacto, visão multidisciplinar e número de citações.

Para coletar os artigos nas bases de dados foi definido o seguinte procedimento de consulta e seleção: (1) Pesquisa preliminar de artigos com o tema de seleção do operador logístico e métodos de multicritério; (2) Definição e inserção das palavras chaves “critério”, “operador logístico” e “seleção” nas bases de dados com seus respectivos sinônimos na língua inglesa, conforme a Figura 15.

Figura 15 - Palavras chaves usadas nas bases de dados



Fonte: Autoria própria (2018).

(3) Pesquisa nas bases de dados, produzindo um total de 1310 artigos; (4) Exclusão de duplicata, resultando um total 1054 artigos; (5) Exclusão, cujo título não contemplava o tema de operador logístico ou sinônimo, obtendo um total de 254 artigos; (6) Exclusão, cujo *abstract* não considerava o desenvolvimento ou aplicação de métodos de multicritério, produzindo um total de 113 artigos.

Por tanto, foram analisados 131 artigos que representavam o período 2002 a 2018, dos quais, foram extraídas informações apenas de 33 artigos devido ao conteúdo e descrição dos critérios para a seleção do operador logístico.

Os critérios relevantes, que têm sido discutidos na literatura, são compilados e apresentados no Quadro 9.

Quadro 9 - Critérios de seleção do operador logístico discutidos na literatura

Critério	Descrição	Referência
Qualidade	É definida como todos os aspectos relacionados a práticas como gestão de qualidade total, melhoria contínua, padrões ISO e Six Sigma, a fim de melhorar a qualidade percebida do usuário.	Jharkharia e Shankar (2007); Kannan, Pokharel e Kumar (2009); Bottani e Rizzi (2006); Efendigil, Önüt e Kongar (2008); Liu e Wang (2009); Ho et al (2012); Senthil, Srirangacharyulu e Ramesh (2014); Işiklar, Alptekin e Büyüközkan (2007); Wang, Wang e Zhang (2016); Göl e Çatay (2007); Beikkhakhian et al (2015); Keshavarz Ghorabae et al (2017); Yazdani et al (2017); Li et al (2012); Hwang, Chen e Lin (2016); Mavi e Zorbakhshnia (2017); Govindan e Murugesan (2011); Jain e Khan (2017)
Custo	Refere-se ao custo total da terceirização logística, que deve ser mínimo.	Jharkharia e Shankar (2007); Kannan, Pokharel e Kumar (2009); Bottani e Rizzi (2006); Efendigil, Önüt e Kongar (2008); Liu e Wang (2009); Ho et al (2012); Işiklar, Alptekin e Büyüközkan (2007); Wang, Wang e Zhang (2016); Göl e Çatay (2007); Beikkhakhian et al (2015); Keshavarz Ghorabae et al (2017); Hwang, Chen e Lin (2016); Mavi e Zorbakhshnia (2017); Govindan e Murugesan (2011); Senturk, Erginel e Binici (2017)
Tecnologia da informação	Corresponde ao equipamento físico (hardware) e sistema de informação (software) que possui um operador logístico para facilitar a comunicação e execução das operações logísticas de seus usuários.	Jharkharia e Shankar (2007); Kannan, Pokharel e Kumar (2009); Büyüközkan, Feyzioğlu e Nebol (2008); Bottani e Rizzi (2006); Liu e Wang (2009); Ho et al (2012); Senthil, Srirangacharyulu e Ramesh (2014); Işiklar, Alptekin e Büyüközkan (2007); Wang, Wang e Zhang (2016); Göl e Çatay (2007); Beikkhakhian et al (2015); Li et al (2012); Hwang, Chen e Lin (2016); Govindan e Murugesan (2011); Senturk, Erginel e Binici (2017)

Critério	Descrição	Referência
Amplitude de serviços	É a gama de processos logísticos terceirizados de transporte para distribuição, de armazenagem para gestão de estoque, de gestão de embalagem para logística reversa, cada processo abrange uma variedade de atividades.	Jharkharia e Shankar (2007); Bottani e Rizzi (2006); Senthil, Srirangacharyulu e Ramesh (2014); Işiklar, Alptekin e Büyüközkan (2007); Wang, Wang e Zhang (2016); Beikkhakhian et al (2015); Keshavarz Ghorabae et al (2017); Yazdani et al (2017); Li et al (2012); Mavi e Zorbakhshnia (2017); Govindan e Murugesan (2011); Jain e Khan (2017); Senturk, Erginel e Binici (2017)
Estabilidade financeira	É a garantia de que a cooperação pode ser continuada, e os equipamentos e serviços utilizados nas operações de logística podem ser atualizados.	Jharkharia e Shankar (2007); Büyüközkan, Feyzioğlu e Nebol (2008); Bottani e Rizzi (2006); Senthil, Srirangacharyulu e Ramesh (2014); Işiklar, Alptekin e Büyüközkan (2007); Göl e Çatay (2007); Keshavarz Ghorabae et al (2017); Yazdani et al (2017); Li et al (2012); Hwang, Chen e Lin (2016); Mavi e Zorbakhshnia (2017); Jain e Khan (2017); Huang e Keskar (2007)
Desempenho operacional	É a eficácia e a eficiência do operador logístico para fornecer desempenho no prazo, precisão do item de linha, velocidade de serviço, flexibilidade e tempo de ciclo do pedido.	Jharkharia e Shankar (2007); Kannan, Pokharel e Kumar (2009); Büyüközkan, Feyzioğlu e Nebol (2008); Bottani e Rizzi (2006); Efendigil, Önüt e Kongar (2008); Senthil, Srirangacharyulu e Ramesh (2014); Işiklar, Alptekin e Büyüközkan (2007); Beikkhakhian et al (2015); Li et al (2012); Hwang, Chen e Lin (2016); Mavi e Zorbakhshnia (2017); Govindan e Murugesan (2011)
Flexibilidade	É a capacidade de se adaptar às exigências e circunstâncias dos usuários em mudança e a possibilidade de renegociar o contrato acordado entre os parceiros.	Jharkharia e Shankar (2007); Kannan, Pokharel e Kumar (2009); Bottani e Rizzi (2006); Efendigil, Önüt e Kongar (2008); Liu e Wang (2009); Ho et al (2012); Göl e Çatay (2007); Keshavarz Ghorabae et al (2017); Yazdani et al (2017); Hwang, Chen e Lin (2016); Govindan e Murugesan (2011); Senturk, Erginel e Binici (2017)
Experiência na indústria	É uma medida de quão experiente é um operador logístico na indústria para exibir puntualidade e cortesia na forma como interagem e apresentam aos clientes.	Jharkharia e Shankar (2007); Büyüközkan, Feyzioğlu e Nebol (2008); Bottani e Rizzi (2006); Liu e Wang (2009); Senthil, Srirangacharyulu e Ramesh (2014); Göl e Çatay (2007); Li et al (2012); Hwang, Chen e Lin (2016); Mavi e Zorbakhshnia (2017); Jain e Khan (2017); Senturk, Erginel e Binici (2017)

Critério	Descrição	Referência
Compatibilidade	Refere-se à capacidade do usuário e do operador logístico e seus sistemas de suporte para trabalhar juntos em estreita coordenação para alcançar objetivos comuns. Capacidade com a cultura da empresa.	Jharkharia e Shankar (2007); Büyüközkan, Feyzioğlu e Nebol (2008); Bottani e Rizzi (2006); Efendigil, Önüt e Kongar (2008); Ho et al (2012); Senthil, Srirangacharyulu e Ramesh (2014); Işıklar, Alptekin e Büyüközkan (2007); Göl e Çatay (2007)
Relacionamento	Refere-se a compartilhar riscos e recompensas, garantir a cooperação entre o usuário e o operador logístico. Também ajuda no controle do comportamento oportunista dos fornecedores.	Jharkharia e Shankar (2007); Büyüközkan, Feyzioğlu e Nebol (2008); Işıklar, Alptekin e Büyüközkan (2007); Wang, Wang e Zhang (2016); Göl e Çatay (2007); Govindan e Murugesan (2011); Senturk, Erginel e Binici (2017)
Risco	É a capacidade do operador logístico de resolver qualquer problema imprevisto. É necessário para garantir a continuidade dos serviços.	Jharkharia e Shankar (2007); Liu e Wang (2009); Ho et al (2012); Beikkhakhian et al (2015); Keshavarz Ghorabae et al (2017); Mavi e Zarbakhshnia (2017); Senturk, Erginel e Binici (2017)
Meio Ambiente	Refere-se às práticas de logística reversa para promover iniciativas ambientais, melhorar o atendimento ao usuário, imagem corporativa e reduzir a poluição.	Meade e Sarkis (2002); Prakash e Barua (2016b); Prakash e Barua (2016c); Kannan (2009); Khodaverdi e Hashemi (2015); Sabtu et al (2015)
Localização	Refere-se a atributos como cobertura de distribuição, cobertura geográfica, abrangência internacional, cobertura de mercado, destinos de remessa e distância.	Jharkharia e Shankar (2007); Senthil, Srirangacharyulu e Ramesh (2014); Göl e Çatay (2007); Li et al (2012); Hwang, Chen e Lin (2016); Hwang, Chen e Lin (2016); Jain e Khan (2017)
Reputação	Refere-se à opinião dos clientes sobre o quão bom é o operador logístico em satisfazer as necessidades. A reputação de um provedor desempenha um papel importante na sua seleção.	Jharkharia e Shankar (2007); Liu e Wang (2009); Göl e Çatay (2007); Hwang, Chen e Lin (2016); Senturk, Erginel e Binici (2017)
Entrega dentro do prazo	Refere-se a porcentagem de pedidos recebidos no prazo (data e hora) definidos pelo usuário.	Efendigil, Önüt e Kongar (2008); Ho et al (2012); Hwang, Chen e Lin (2016); Domingues, Reis e Macário (2015)
Social	Significa que o operador logístico opera seus serviços considerando seu impacto nas partes interessadas internas e externas (ou seja, sociedade e funcionários) em termos de bem-estar e segurança.	Jung (2017); Mavi e Zarbakhshnia (2017); Li et al (2018)

Critério	Descrição	Referência
Redução de custos	Essa medida é solicitar ao operador logístico uma melhoria contínua na redução total de custos.	Ho et al (2012); Hwang, Chen e Lin (2016); Huang e Keskar (2007)
Garantia de qualidade na distribuição	Refere-se aos equipamentos, embalagens e cuidados especiais para garantir a segurança da entrega do material e reduzir as chances de mau funcionamento e danos.	Ho et al (2012); Hwang, Chen e Lin (2016); Ramkumar, Subramanian e Rajmohan (2009)
Satisfação do cliente	A relação entre o número de clientes satisfeitos e o número total de clientes.	Efendigil, Önüt e Kongar (2008); Ho et al (2012); Kannan (2009)
Taxa de rejeição	Indica a robustez da aquisição para o usuário. é a razão entre o número de cargas rejeitadas e o número total de cargas aceitas.	Kannan, Pokharel e Kumar (2009); Kannan, Pokharel e Kumar (2009); Huang e Keskar (2007)
Tempo ciclo do pedido	O tempo médio decorrido desde o momento em que o pedido está pronto para a recepção pelo usuário (inclui carga / descarga)	Efendigil, Önüt e Kongar (2008); Ho et al (2012); Domingues, Reis e Macário (2015)
Disponibilidade de talento qualificado	São os cargos dos empregadores, a experiência da indústria e a experiência logística em termos de anos que demonstrarão a qualidade do talento que o operador logístico emprega.	Kannan, Pokharel e Kumar (2009); Büyüközkan, Feyzioğlu e Nebol (2008); Göl e Çatay (2007)
Disponibilidade da alta administração	Refere-se à acessibilidade dos contatos das pessoas da alta administração é importante em caso de necessidade de uma decisão a ser tomada em caráter de urgência.	Jharkharia e Shankar (2007); Büyüközkan, Feyzioğlu e Nebol (2008); Göl e Çatay (2007)
Reciclar	Refere-se à mudança na composição física e / ou química do material.	Meade e Sarkis (2002); Kannan (2009); Khodaverdi e Hashemi (2015)
Remanufatura	A capacidade de remanufaturar um material em torno de um núcleo reutilizável.	Meade e Sarkis (2002); Kannan (2009); Khodaverdi e Hashemi (2015)

Critério	Descrição	Referência
Reutilizar	Refere-se à reutilização do material com pouca exigência adicional de manufatura.	Meade e Sarkis (2002); Kannan (2009); Khodaverdi e Hashemi (2015)
Propriedade do ativo	Disponibilidade de ativos de qualidade que atendam às necessidades do usuário, é um ponto positivo para o operador logístico.	Jharkharia e Shankar (2007); Ho et al (2012); Göl e Çatay (2007)
Serviços	Está relacionado a atributos como amplitude de serviços, caracterização / especialização de serviços, variedade de serviços disponíveis, serviços de pré-venda / pós-venda e serviços de valor agregado.	Bottani e Rizzi (2006); Aguezzoul (2014)
Preço	Refere-se às taxas de serviço competitivas, incluindo armazenagem, transporte de carga, rotulagem / embalagem, gerenciamento de estoque, etc.	Bottani e Rizzi (2006); Hwang, Chen e Lin (2016)
Despesas ambientais	Refere-se ao custo das atividades ambientais.	Efendigil, Önut e Kongar (2008); Ho et al (2012)
Atendimento ao cliente	Esse critério é um sinal de recursos dedicados para o usuário. Esses recursos devem ser empregados em tempo integral.	Göl e Çatay (2007); Hwang, Chen e Lin (2016)
Transporte sob demanda	Preocupa-se com o transporte de materiais entre origens e destinos específicos, a pedido dos usuários. Os usuários formulam solicitações de transporte de um ponto de coleta até um ponto de entrega.	Cordeau et al (2007); Pavone, Treleven e Frazzoli (2010)
Melhoria contínua	É a capacidade do operador logístico para procurar serviços de alta qualidade, como quanto rápido e eficaz se esforça para recuperar e resolver erros de logística de maneira contínua.	Hwang, Chen e Lin (2016); Göl e Çatay (2007)
Acompanhamento dos KPIs	É a integridade dos indicadores de desempenho (KPIs) propostos pelo operador logístico e sua capacidade de rastrear os KPIs regularmente.	Hwang, Chen e Lin (2016); Göl e Çatay (2007)

Critério	Descrição	Referência
Sistemas baseados em nuvem	Refere-se aos serviços de TI via internet que o operador logístico fornece ao usuário. Por exemplo, software de administração de transporte (TA) e software como serviço (SaaS).	Hofmann e Osterwalder (2017); Gantzia e Sklatinioti (2014)
Utilização de capacidade	Capacidade de carga utilizada por jornada (ou veículo) em relação à capacidade de carga total disponível.	Efendigil, Öñüt e Kongar (2008); Domingues, Reis e Macário (2015)
Disposição para usar mão de obra de logística	É a disposição do operador logístico em reter alguns dos funcionários de logística do usuário, que, de outra forma, ficariam desempregados após o contrato de terceirização, evita qualquer chance de sabotagem.	Jharkharia e Shankar (2007); Wang e Jiang (2016)
Compartilhamento de informações	O compartilhamento mútuo de informações baseadas em confiança entre o usuário e o operador logístico é necessário não apenas para a continuidade do contrato, mas também para a melhoria contínua do serviço.	Jharkharia e Shankar (2007); Bottani e Rizzi (2006)
Acordo de nível de serviço	É definido como um formato que contém uma explicação do serviço acordado, parâmetros do nível de serviço, as garantias relativas à qualidade de serviço e providências para todos os casos de violações.	Aljournah et al (2015); Karageorgos et al (2003)
Flexibilidade nas operações e entrega	A flexibilidade nas operações e na entrega pode permitir que o usuário ofereça atendimento personalizado a seus clientes, particularmente em solicitações especiais ou não rotineiras.	Jharkharia e Shankar (2007); Ho et al (2012)
Responsividade	Capacidade de fazer planejamento de urgência e capacidade de realizar remessas urgentes indica a capacidade de resposta aos eventos inesperados ou problemas imprevistos.	Göl e Çatay (2007); Hwang, Chen e Lin (2016)
Capacidade de resolução de problemas	Refere-se à flexibilidade e capacidade do operador logístico para lidar com problemas imprevistos ou eventos inesperados para os clientes.	Ho et al (2012); Hwang, Chen e Lin (2016)

Critério	Descrição	Referência
Quota de mercado	A participação de mercado do operador logístico reflete seu desempenho financeiro, satisfação do cliente e reputação	Jharkharia e Shankar (2007); Efendigil, Önüt e Kongar (2008)
Descarte	O processo de envio de resíduos do material para o destino desejado.	Meade e Sarkis (2002); Kannan (2009)
Saúde e segurança ocupacional	A existência e nível da política relacionada à saúde e segurança ocupacional dos empregados.	Jung (2017); Mavi e Zarbakhshnia (2017)
Segurança veicular	A existência e o nível das regras relacionadas à segurança do veículo (por exemplo, inspeção regular do veículo).	Hwang, Chen e Lin (2016); Mavi e Zarbakhshnia (2017)
Intangíveis	Os intangíveis incluem questões sobre o crescimento dos negócios do prospectivo 3PL para garantir que eles estarão realizando negócios por algum tempo.	Vaidyanathan (2005)
Custo unitário de operação	O custo gasto para uma unidade de operação de transporte.	Efendigil, Önüt e Kongar (2008)
Controle de custos de serviços de valor agregado	Essa medida é buscar o melhor custo-benefício dos serviços de valor agregado fornecidos pelo operador logístico.	Hwang, Chen e Lin (2016)
Custo de pesquisa e desenvolvimento	A relação entre as despesas de pesquisa e desenvolvimento e o custo total.	Efendigil, Önüt e Kongar (2008)
Serviço de valor agregado	A capacidade de oferecer recursos adicionais de alto valor ao usuário com o objetivo de aprimorar ainda mais a eficiência da cadeia de suprimentos para os clientes.	Hwang, Chen e Lin (2016)
Nível de serviço	Refere-se às ordens corretas e completas entregues no prazo.	Domingues, Reis e Macário (2015)
Conformidade com ISO	Refere-se quando o usuário requer um abastecimento global, ISO 9000 ou um padrão de conformidade internacional equivalente.	Hwang, Chen e Lin (2016)

Critério	Descrição	Referência
Cobertura de funções de TI	O escopo de função do sistema de TI, como EDI, GPS, RFID, planejamento global de cadeia de suprimentos para roteamento de frete, otimização de carga, controle de estoque, etc.	Hwang, Chen e Lin (2016); Göl e Çatay (2007)
Estabilidade do sistema	Refere-se à quantidade de tempo que o sistema de TI deve funcionar normalmente. Inclui tolerância a falhas e gerenciamento de capacidade.	Hwang, Chen e Lin (2016)
Escalabilidade do sistema	É a capacidade de ampliar um sistema de TI, minimizando o impacto nas operações existentes à medida que o escopo do serviço de logística aumenta.	Hwang, Chen e Lin (2016)
Nível de Integração	O nível do índice relacionado à integração de tecnologias entre o usuário e o operador logístico.	Efendigil, Önüt e Kongar (2008)
tempoPrecisão do inventário	O valor absoluto da soma da variação entre estoque físico e estoque permanente.	Huang e Keskar (2007)
Disposição e Atitude	Refere-se à atitude do operador logístico para com o comprador e sua vontade de fazer negócios de logística com o comprador.	Kannan, Pokharel e Kumar (2009)
Cancelamento de serviço	Refere-se às durações dos contratos e as razões dos cancelamentos de contratos nos últimos cinco anos ilustram os relacionamentos com usuários do operador logístico.	Göl e Çatay (2007)
Revisão Trimestral de Negócios	É o processo de gestão de relacionamento com parceiros organizado em torno de reuniões trimestrais focadas nos resultados do trimestre passado e nos planos dos trimestres futuros.	Trzuskawska-Grzesinska (2017)
Índice de flexibilidade do sistema	O índice de flexibilidade que atende às necessidades do usuário	Efendigil, Önüt e Kongar (2008)
Flexibilidade no faturamento e pagamento	Flexibilidade nas condições de faturamento e pagamento aumenta a boa vontade entre o usuário e o operador logístico.	Jharkharia e Shankar (2007)
Precisão de dados	Refere-se à proteção de dados contra roubo, corrupção ou desastre natural, enquanto permite que os dados permaneçam acessíveis e produtivos para os usuários pretendidos.	Hwang, Chen e Lin (2016)

Critério	Descrição	Referência
Capacidade de resposta	Torna-se importante se (devido ao aumento súbito na demanda de materias) houver um aumento nas necessidades logísticas do usuário.	Jharkharia e Shankar (2007)
Cláusula de arbitragem e evasão	A longo prazo, a possibilidade de uma disputa entre o usuário e o operador logístico não pode ser negada.	Jharkharia e Shankar (2007)
Nível de satisfação do empregado	É importante que a presença de funcionários insatisfeitos do operador logístico no final possam causar greves, bloqueios, sabotagem e outras atividades indesejadas, o que pode afetar adversamente as operações de logística.	Jharkharia e Shankar (2007)
Filantropia	Até que ponto o operador logístico participa ativamente ajudando a sociedade através de doações e iniciativas comerciais.	Jung (2017)
Políticas de recursos humanos	A estrutura organizacional e os cargos das posições indicam as políticas de RH do operador logístico.	Göl e Çatay (2007)
Processo e programa de aprendizagem	A existência, variedade e nível dos programas educacionais relacionados à condução segura, manuseio seguro de encomendas e atendimento ao cliente.	Jung (2017)
Direitos humanos e participação	A existência e o nível da política relacionada aos direitos do funcionário (por exemplo, dar tempo suficiente para o funcionário descansar).	Jung (2017)
Precisão da documentação	É a medição da exatidão, integridade e consistência dos documentos exigidos entre expedidores, despachantes, agente personalizado e usuário.	Hwang, Chen e Lin (2016)

Fonte: Autoria própria (2018).

APÊNDICE D - Convocação de profissionais da área

CONVOCAÇÃO DE PROFISSIONAIS DA ÁREA

Para capturar a opinião dos profissionais da área sobre os critérios utilizados na seleção do operador logístico, foi realizada uma convocação de três profissionais da indústria manufatureira, um diretor de associação de transporte e logística e um professor de gestão logística do transporte.

Foi elaborado um questionário *online* para coletar os critérios de seleção e informações referentes ao processo decisório de seleção do operador logístico, área de atuação na indústria do respondente, cargo, dentre outras informações. O questionário online foi estruturado da seguinte forma:

Third-Party Logistics 3PL - survey

The aim of this survey is to identify the insights from manufacturing companies, professors and associates of logistics when it is chosen a suitable third-party logistics (3PL) provider to outsource their logistics activities and furthermore to make some recommendations to improve 3PL selection process.

The survey is a ten-question list and takes no more than 10 minutes.

** Required*

In this first section you are asked to respond general information about your company or organization.

1. What is your role in your company or organization? *

2. Which product(s) does your company manufacture, if applicable? *

3. How many employees (direct and indirect ones) does your company or organization have? *

In this section you are asked about the outsourcing logistics services provided by the 3PL

4. What was the main motivation of your company to outsource logistics activities, if applicable?

5. Which logistics activities are outsourced by your company, if applicable?

6. What logistics characteristic of service does the 3PL provider should have? *

7. Which technologies/web services does the 3LP provider need to have? *

In this section you are asked to provide information about the way your company select the suitable 3PL provide

8. Is there a decision-making tool do you utilize or know which facilitates the selection of the suitable 3PL provider? i.e. computerized information system *

8.1 If yes, could you mention the name of the decision-making tool? *

8.2 If not, could you briefly describe the way your company select the suitable 3PL provider, if applicable? i.e. bidding process, method, technique etc. *

9. Which are the company's criteria for the selection of 3PL provider? *

10. Which are the main problems that your company or organizations face during the 3PL provider selection process? *

As respostas dos cinco profissionais da área, destacando os critérios de seleção utilizados, são resumidas no Quadro 10.

Quadro 10 - Critérios de seleção utilizados por profissionais da área

Resposta	País	Área	Cargo	Critérios
1	Irlanda	Indústria manufatureira	Gerente de desenvolvimento de negócios	Custo de logística, Qualidade de serviço, Flexibilidade para alterar os requisitos do cliente, Entrega no prazo, Segurança do serviço
2	México	Indústria manufatureira	Gerente de Planejamento Estratégico	Custo de logística, Qualidade de serviço
3	Reino unido	Indústria manufatureira	Gerente de Projetos Logísticos	Transporte sob demanda, Sistemas baseados em nuvem, Custo de logística, Qualidade de serviço, Entrega no prazo
4	Irlanda	Acadêmica	Professor de gestão logística do transporte	Relacionamento entre usuário e operador logístico, Custo logístico, Qualidade de serviço
5	Irlanda	Associação de transporte e logística	Diretor da associação	Custo logístico, Acordo de nível de serviço, Revisão Trimestral de Negócios

Fonte: Autoria própria (2018)

Dentre dos critérios citados pelos profissionais da área, custo de logística e qualidade de serviço são os mais destacados, isto é mostrado principalmente pelos três gerentes da indústria manufatureira e concluído que na prática poderiam ser considerados importantes para selecionar e contratar um operador logístico. No caso do professor de gestão logística do transporte, o critério que poderia contribuir no processo de seleção seria, relacionamento entre usuário e operador logístico.

Além disso, pode ser visualizado que o diretor da associação de transporte e logística pode mostrar uma visão mais estratégica do negócio, já que os critérios utilizados são Acordo de nível de serviço e Revisão Trimestral de Negócios, que poderiam ser também considerados para estabelecer a parceria entre uma companhia usuário e operador logístico.

APÊNDICE E - Apresentação e validação dos critérios e subcritérios

Entrevista Semiestruturada:

Apresentação e validação dos critérios e subcritérios

Objetivo: Este documento tem o intuito de apresentar os critérios encontrados na literatura referente a seleção do operador logístico e aqueles utilizados por profissionais da indústria, no intuito de validar os critérios já utilizados pela empresa em estudo, para verificar quais realmente se enquadram e se aplicam a mesma. A definição dos critérios é uma das fases mais importantes para a construção do modelo, pois, eles são os pontos condutores do processo decisório e representam os parâmetros de importância para a avaliação.

Informações para preenchimento

- ° Assinalar no campo Se aplica, 'não', 'sim' ou 'não sei' de acordo com a realidade da empresa.
- ° Caso haja a necessidade de alterações no que está sendo proposto, utilizar o campo 'sugestões de melhorias'.
- ° Caso haja uma nova proposta de critérios, favor de colocar no último campo desta lista.

Respondente(s): _____

Data: _____

Local: _____

	Critérios	Se Aplica?	Sugestões para melhorias
Qualidade de serviço	Garantia de qualidade na distribuição		
	Melhoria continua		
	Satisfação do cliente		
	Conformidade com ISSO		
	Acompanhamento dos KPIs		
	Nível de serviço		
Custo	Controle de custos de serviços de valor agregado		
	Redução de custos		
	Despesas ambientais		
	Preço		
	Custo de pesquisa e desenvolvimento		
	Custo unitário de operação		

	Crêterios	Se Aplica?	Sugestões para melhorias
Tecnologia da informa�o	Sistemas baseados em nuvem		
	Nível de integra�o		
	Cobertura de fun�es de TI		
	Escalabilidade do sistema		
	Estabilidade do sistema		
Desempenho operacional	Utiliza�o de capacidade		
	Precisão de documenta�o		
	Precisão de inventário		
	Entrega no prazo		
	Taxa de rejei�o		
	Tempo ciclo do pedido		
Flexibilidade	Flexibilidade no faturamento e pagamento		
	Flexibilidade nas opera�es e entrega		
	Responsividade		
	�ndice de flexibilidade do sistema		
Relacionamento	Propriedade do ativo		
	Disponibilidade de talentos qualificados		
	Disponibilidade da alta administra�o		
	Compatibilidade		
	Compartilhamento de informa�es		
	Revisão trimestral de negócios		
	Cancelamento de serviço		
	Acordo de nível de serviço		
	Disposi�o e Atitude		
	Disponibilidade para usar mão de obra de logística		

	Crêterios	Se Aplica?	Sugestões para melhorias
Risco	Cláusula de arbitragem e evasão		
	Precisão de dados		
	Quota de mercado		
	Capacidade de resolu�o de problemas		
	Capacidade de resposta		
Meio Ambiente	Descarte		
	Reciclar		
	Remanufatura		
	Reutilizar		
Social	Nível de satisfa�o do empregado		
	Políticas de recursos humanos		
	Direitos humanos e participa�o		
	Saúde e segurança Ocupacional		
	Processo e programa de aprendizagem		
	Filantropia		
	Segurança veicular		
Serviços	Amplitude do serviço		
	Atendimento ao cliente		
	Transporte sob demanda		
	Serviço de valor agregado		
Intangíveis	Estabilidade financeira		
	Experiência na indústria		
	Localiza�o		
	Reputa�o		

Proposta de novos critérios ou subcritérios

  XXXXXX

  XXXXXX

APÊNDICE F - Ordenação dos critérios e subcritérios

Entrevista Semiestruturada:

Ordenação dos critérios e subcritérios (priorização da política da empresa)

Objetivo: Este documento tem o intuito de ordenar os critérios e subcritérios definidos com respeito às prioridades da política da empresa em estudo. É importante ressaltar, que esta ordenação restrita não difere do grau de importância dado aos critérios.

Informações para preenchimento

- ° Ordenar os critérios de 1 a 7 e subcritérios (o número 1 é a prioridade mais alta)
- ° Ordenar os subcritérios de 1 a 4 (o número 1 é a prioridade mais alta)

	Critérios	Ordem
Seleção do operador logístico	Perfil	5
	Custo	3
	Relacionamento	6
	Desempenho operacional	4
	Qualidade de serviço	2
	Tecnologias da Informação	7
	Segurança e meio ambiente	1

Subcritérios	Ordem
Experiência na indústria	1
Localização geográfica	3
Reputação	2
Preço	3
Redução de custo logístico	2
Estabilidade financeira	1
Flexibilidade de mudança aos requisitos do cliente	1
Disponibilidade da alta gestão	2
Compartilhamento de informações	3
Amplitude de serviços logísticos	3
Entrega dentro do prazo	2
Utilização de capacidade do veículo	1
Tempo ciclo do pedido	4
Garantia de qualidade na distribuição	3
Certificação ISO	4
Melhoria contínua do serviço	1
Acompanhamento dos KPIs	2
Cobertura de funções de TI	3
Nível de Integração	1
Estabilidade do sistema	2
Saúde e segurança ocupacional	1
Segurança veicular	2
Descarte de resíduos	3

APÊNDICE G - Questionário *online* para a obtenção da importância dos critérios e subcritérios

APÊNDICE H - Avaliação dos operadores logísticos (alternativas)

Avaliação dos operadores logísticos frente aos critérios de decisão

Critério	Descrição	Forma como é avaliado o critério	Alternativas				
			A1	A2	A3	A4	A5
Perfil							
Experiência na indústria	Experiência do operador logístico na indústria para exibir pontualidade e cortesia aos clientes.	Verificar se o operador logístico já trabalhou em algum setor industrial correlacionado à empresa (com mesmas características de cadeia de abastecimento).					
Localização geográfica	Refere-se à cobertura de distribuição, cobertura geográfica, abrangência internacional e destinos de remessa e distância.	Verificar se o operador logístico trabalha com os tipos de transporte predominantes do abastecimento (ferroviário, rodoviário, marítimo, etc)					
Estabilidade financeira	É a garantia de que a cooperação pode ser continuada, e os equipamentos e serviços utilizados nas operações de logística podem ser atualizados.	Verificar com órgãos financeiros os riscos de cada operador logístico e buscar selecionar os com menos riscos.					
Custo							
Custo logístico	São às taxas de serviço competitivas, incluindo armazenagem, transporte de carga, distribuição, embalagem, gerenciamento de estoque, etc.	Comparação dos preços estabelecidos pelos operadores logísticos depois da terceira rodada de negócios.					
Custos de serviços de valor agregado	É buscar o melhor custo benefício do valor agregado serviços prestados do operador logístico	Ter um check-list de requisitos do BID para um operador logístico. Para todos os aprovados, criar matriz de custo vs experiência.					
Redução de custo logístico	Serve para solicitar ao operador logístico uma melhoria contínua na redução total de custos.	Comparar os custos anteriores a implementação do operador logístico com os custos realizados pelos mesmos.					
Relacionamento							
Flexibilidade de mudança aos requisitos do cliente	É a capacidade de se adaptar às exigências e circunstâncias dos usuários em mudança e a possibilidade de renegociar o contrato acordado entre os parceiros.	Verificar se o sistema é customizável e se tem equipe designada a isso.					
Disponibilidade da alta gestão	Refere-se à acessibilidade dos contatos das pessoas da alta gestão, já que é importante caso haja necessidade de uma decisão ser tomada em caráter de urgência.	Processos de gestões normais e processos distintos de gestos urgentes que sejam mais rápidos e envolvam pessoas com poder de tomada de decisão.					
Compartilhamento de informações	É o compartilhamento mútuo de informações baseadas na confiança entre o usuário e o operador logístico, não apenas para a continuidade do contrato, mas também para a melhoria contínua do serviço.	Informes e KPIs com dados importantes a ser compartilhados.					
Desempenho operacional							
Amplitude de serviços logísticos	É a gama de processos logísticos terceirizados de transporte para distribuição, de armazenagem para gestão de estoque, de gestão de embalagem para logística reversa	Carteira de serviços e projetos/clientes realizados para cada carteira.					
Entrega dentro do prazo	Refere-se a porcentagem de pedidos recebidos no prazo (data e hora) definidos pelo usuário.	Indicadores, reuniões formais de acompanhamento e SLR com penalizações e ou bonificações.					
Utilização de capacidade do veículo	Capacidade de carga utilizada por jornada (ou veículo) em relação à capacidade de carga total disponível.	Indicadores, reuniões formais de acompanhamento e SLR com penalizações e ou bonificações.					
Tempo ciclo do pedido	O tempo médio decorrido desde o momento em que o pedido está pronto para a recepção pelo usuário (inclui carga / descarga).	Indicadores, reuniões formais de acompanhamento e SLR com penalizações e ou bonificações.					
Qualidade de serviço							
Garantia de qualidade na distribuição	Refere-se aos equipamentos, embalagens e cuidados especiais para garantir a segurança da entrega do material e reduzir as chances de mau funcionamento e danos.	SLR e punições ou bonificações contratuais.					
Certificação ISO	Refere-se quando o usuário requer um abastecimento global, ISO 9000 ou um padrão de conformidade internacional equivalente.	Certificados e prêmios de qualidade que o operador logístico possui ou está em processo de obtenção.					
Melhoria contínua do serviço	É a capacidade do operador logístico em procurar serviços de alta qualidade, como quão rápido e eficaz se esforça para recuperar e resolver erros de logística de maneira contínua.	Indicadores, reuniões formais de acompanhamento e SLR com penalizações e ou bonificações.					
Acompanhamento dos KPIs	É a integridade dos indicadores de desempenho propostos pelo operador logístico e sua capacidade de rastrear os indicadores regularmente.	Indicadores, reuniões formais de acompanhamento e SLR com penalizações e ou bonificações.					

Avaliação dos operadores logísticos frente aos critérios de decisão

Critério	Descrição	Forma como é avaliado o critério	Alternativas				
			A1	A2	A3	A4	A5
Tecnologias da Informação							
Cobertura de funções de TI	O escopo de função do sistema de TI, como EDI, GPS, RFID, planejamento global de cadeia de suprimentos para roteamento de frete, otimização de carga, controle de estoque, etc.	Cross check entre requisitos do BID e sistemas do operador logístico que atenderão a tais requisitos. Acrescentar inclusive nível de customização possível no sistema e grau de atendimento as expectativas.					
Nível de Integração	O nível do índice relacionado à integração de tecnologias entre o usuário e o operador logístico.	Tipo de comunicação eletrônica existente entre os usuários, fornecedores e uso interno do operador logístico					
Estabilidade do sistema	Refere-se à quantidade de tempo que o sistema de TI deve funcionar normalmente. Inclui tolerância a falhas e gerenciamento de capacidade.	Check list de TI: back up de sistema, planos de contenção, equipe de suporte 24h, processos manuais em casos críticos.					
Segurança e meio ambiente							
Saúde e segurança ocupacional	A existência e nível da política relacionada à saúde e segurança ocupacional dos empregados.	Existência de políticas de saúde e segurança, com equipe de auditoria de cumprimento e relatórios mensais.					
Segurança veicular	A existência e o nível das regras relacionadas à segurança do veículo (por exemplo, inspeção regular do veículo).	Existência de políticas de saúde e segurança, com equipe de auditoria de cumprimento e relatórios mensais.					
Descarte de resíduos	O processo de envio de resíduos do material para o destino desejado.	Existência de políticas de saúde e segurança, com equipe de auditoria de cumprimento e relatórios mensais.					