

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

GABRIEL DE SOUZA MARTINS

**COMPARAÇÃO DAS TÉCNICAS FUZZY INTUICIONISTA E ELECTRE
TRI PARA A DECISÃO EM GRUPO EM GESTÃO DE FORNECEDORES**

São Carlos

2019

GABRIEL DE SOUZA MARTINS

COMPARAÇÃO DAS TÉCNICAS FUZZY INTUICIONISTA E ELECTRE
TRI PARA A DECISÃO EM GRUPO EM GESTÃO DE FORNECEDORES

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Escola de
Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo,
como um dos requisitos para obtenção do título de
engenheiro de produção.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Cesar Ribeiro Carpinetti

São Carlos

2019

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

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues
Fontes da EESC/USP

M386c	<p>Martins, Gabriel de Souza</p> <p>Comparação das técnicas fuzzy intuicionista e ELECTRE TRI para a decisão em grupo em gestão de fornecedores / Gabriel de Souza Martins; orientador Luiz Cesar Ribeiro Carpinetti. -- São Carlos, 2019.</p> <p>Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2019.</p> <p>1. Gestão de fornecedores. 2. Intuicionista fuzzy. 3. ELECTRE TRI. I. Título.</p>
-------	---

FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidato: Gabriel de Souza Martins
Título do TCC: COMPARAÇÃO DAS TÉCNICAS FUZZY INTUICIONISTA E ELECTRE TRI PARA A DECISÃO EM GRUPO EM GESTÃO DE FORNECEDORES
Data de defesa: 14/06/2019

Comissão Julgadora	Resultado
Professor Titular Luiz Cesar Ribeiro Carpinetti (orientador)	APROVADO
Instituição: EESC - SEP	
Doutorando Lucas Daniel Del Rosso Calache	APROVADO
Instituição: EESC - SEP	
Professor Associado Fábio Müller Guerrini	Aprovado
Instituição: EESC - SEP	

Presidente da Banca: **Professor Titular Luiz Cesar Ribeiro Carpinetti**

RESUMO

MARTINS, D. S. G. **Comparação das técnicas fuzzy intuicionista e ELECTRE TRI para a decisão em grupo em gestão de fornecedores.** 2019. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

Atualmente, com o grande número de empresas no mercado a escolha dos fornecedores de melhor forma possível junto a boa construção e gerenciamento de vínculos pode ser um fator decisivo quanto ao sucesso da empresa perante seus concorrentes. Dessa forma, tratando a seleção de fornecedores e sua importância essa não deve ser realizada com base em critérios e julgamentos isolados, mas levando em conta o julgamento de um grupo de especialistas em relação a um conjunto de critérios estabelecidos. Outro ponto importante nessa tratativa é a questão da subjetividade e incerteza na tomada de decisão. Muitas vezes essa incerteza pode ser dada por parte de um tomador de decisão que avalia que um critério é mais importante que outro, pelo simples fato da falta de informação, podendo gerar, dessa forma, imprecisões no processo de escolha dos fornecedores. Visualizando essas características o trabalho visou estudar a aplicação da técnica de sobreclassificação ELECTRE TRI em duas condições diferentes. A primeira aplicando a metodologia ELECTRE TRI de forma isolada, utilizando um agregador de julgamentos aritmético convencional, e a segunda recorrendo a uma metodologia híbrida *intuitionistic fuzzy-ELECTRE*. A utilização da teoria fuzzy de forma combinada com técnicas *Multi criteria decision making* (MCDM) buscou fornecer uma linguagem matemática, por meio de termos linguísticos, que teve o intuito de representar de forma adequada a incerteza dos julgamentos dos decisores. Com as duas metodologias aplicadas o objetivo foi avaliar quão discrepante se deu os resultados, avaliando o resultado das categorizações finais, a influência dos parâmetros iniciais nas aplicações e a complexidade matemática, trazendo uma conclusão quanto a validade de aplicação da forma híbrida *intuitionistic fuzzy-ELECTRE*.

Palavras Chave: Gestão de fornecedores. Intuicionista fuzzy. ELECTRE TRI.

ABSTRACT

MARTINS, D. S. G. Comparison of the intuitionist fuzzy and ELECTRE TRI for the group decision in supplier management. 2019. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

Nowadays, with the large number of companies in the market choosing the best suppliers possible along with good construction and link management can be a decisive factor as to the success of the company vis-à-vis its competitors. Thus, treating supplier selection and its importance should not be performed on the basis of isolated criteria and judgments, but taking into account the judgment of a group of experts in relation to a set of established criteria. Another important point in this discussion is the question of subjectivity and uncertainty in decision making. Often this uncertainty can be given by a decision maker who evaluates that one criterion is more important than another criterion, simply because of the lack of information, which can lead to inaccuracies in the supplier selection process. Visualizing these characteristics the work aimed to study the application of the ELECTRE TRI overclass technique in two different conditions. The first one applying the ELECTRE TRI methodology in isolation, using a conventional arithmetic judgment aggregator, and the second using an intuitionistic fuzzy-ELECTRE hybrid methodology. The use of fuzzy theory combined with Multi criteria decision making techniques (MCDM) sought to provide a mathematical language, through linguistic terms, that aimed to adequately represent the uncertainty of decision makers' judgments. With the two methodologies applied the objective was to evaluate how different the results were, evaluating the results of the final categorizations, the influence of the initial parameters in the applications and the mathematical complexity, bringing a conclusion about the validity of the application of the hybrid intuitionistic fuzzy-ELECTRE .

Keywords: Supplier management. Intuitionist fuzzy. ELECTRE TRI.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Fases que compõem a pesquisa.	19
Figura 2- Número de trabalhos que utilizaram grupo de decisores no processo de decisão	23
Figura 3- Resultado de revisão das bases de dados.	24
Figura 4- Exemplificação fronteiras (b), categorias (C) e critérios (j) para o ELECTRE TRI.	32
Figura 5- Relações de preferência-ELECTRE TRI.	35
Figura 6- Exemplo de uma função de pertinência triangular.	37
Figura 7- Conceito geral do processo de tomada de decisão.	43
Figura 8- Processo Final Para Tratativa Dos Julgamentos.	44
Figura 9- Escala numérica para avaliar a importância dos critérios.	48
Figura 10- Escala numérica para avaliar o desempenho das alternativas.	49
Figura 11- Comparação entre as duas categorizações.	57

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Análise bibliométrica.	20
Quadro 2- Critérios utilizados para avaliação dos fornecedores.	47
Quadro 3- Termos linguísticos para avaliar a importância dos critérios.	48
Quadro 4- Termos linguísticos para avaliar o desempenho das alternativas.....	49
Quadro 5- Relações de preferência-Linguagem numérica.	52
Quadro 6- Resultado da categorização- Linguagem numérica.....	52
Quadro 7- Relações de preferência-Linguagem Intuicionista.	55
Quadro 8- Resultado da categorização- Linguagem Fuzzy.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Resultado de revisão das bases de dados.....	20
Tabela 2- Peso dos decisores em relação ao julgamento de cada critério.	48
Tabela 3- Parâmetros de entrada para o ELECTRE TRI.....	50
Tabela 4- Avaliação dos pesos dos critérios segundo os decisores-Linguagem Numérica.	50
Tabela 5- Avaliação dos fornecedores em relação a cada critério-Linguagem numérica.	51
Tabela 6- Resultado agregado do desempenho das alternativas-Linguagem numérica.	51
Tabela 7- Resultado agregado dos pesos dos critérios-Linguagem numérica.....	52
Tabela 8- Números <i>fuzzy</i> intuicionista para a avaliação dos critérios.....	53
Tabela 9- Números <i>fuzzy</i> intuicionistas para o julgamento das avaliações.....	53
Tabela 10- Avaliação dos pesos dos critérios - Linguagem Intuicionista.	54
Tabela 11- Avaliação do desempenho das alternativas - Linguagem Intuicionista.	54
Tabela 12- Resultado agregado do peso dos critérios - Linguagem Intuicionista.....	54
Tabela 13- Resultado agregado do desempenho das alternativas - Linguagem Intuicionista.	55

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	15
1.1.	Contextualização e lacuna.....	15
1.2.	Objetivos	17
1.3.	Justificativa	18
1.4.	Método para desenvolvimento do trabalho	19
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1.	Busca de artigos nas bases de dados	20
2.2.	Tomada de decisão.....	24
2.2.1.	<i>Processo de gestão de fornecedores</i>	24
2.2.2.	<i>Processo de apoio a seleção multicritério</i>	25
2.2.3.	<i>Tomada de decisão em grupo</i>	26
2.2.4.	<i>Tomada de decisão em grupo na gestão de fornecedores</i>	27
2.3.	Técnicas de sobreclassificação	29
2.3.1.	<i>Técnicas da família electre</i>	30
2.3.2.	<i>Técnica ELECTRE TRI</i>	31
2.4.	Teoria dos conjuntos fuzzy	36
2.4.1.	<i>Intuitionistic fuzzy</i>	38
2.4.2.	<i>Definições básicas do intuitionistic fuzzy</i>	39
2.4.3.	<i>Operador de agregação intuitionistic fuzzy</i>	40
2.4.4.	<i>Intuitionistic fuzzy na tomada de decisão em grupo: associação das matrizes agregadas ao electre tri</i>	41
3.	EXPOSIÇÃO GERAL DO PROCESSO: APLICAÇÃO CONVENCIONAL E HÍBRIDA	43
4.	CASO DE APLICAÇÃO.....	45
4.1.	Características do mercado de manutenção e instalação de ar condicionado no brasil	46
4.2.	Critérios para avaliação dos prestadores de serviço	47
4.3.	Procedimento para coleta dos dados e termos linguísticos	47
4.4.	Resultados das aplicações	50
4.4.1.	<i>Exposição da aplicação ELECTRE TRI- linguagem numérica</i>	50
4.4.2.	<i>Exposição da aplicação intuicionista-ELECTRE TRI</i>	53
5.	ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE ELECTRE TRI E INTUICIONISTA ELECTRE TRI.....	57
6.	CONCLUSÃO	61
6.1.	Limitações da pesquisa	62

6.2.	Sugestão de trabalhos futuros	62
REFERÊNCIAS		63
APÊNDICE 1- ELABORAÇÃO DE UM RFI PARA UM PRESTADOR DE SERVIÇO DE MANUTENÇÃO E INSTALAÇÃO DE AR CONDICIONADOS		73

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização e lacuna

O desenvolvimento tecnológico nos campos de produção e comunicação, fez com que a indústria moderna sofresse uma divisão mais precisa do trabalho (CHEN, 2015). Devido a isso, às empresas buscaram se concentrar no desenvolvimento de suas capacidades centrais, terceirizando atividades não essenciais para seus fornecedores ou colaboradores (LAMBERT; COOPER, 2000). Dessa forma, a gestão de fornecedores passa a ser uma atividade essencial, e escolhas equivocadas podem gerar desvantagens competitivas que comprometem o sucesso da empresa, tais como: atrasos em entregas, rupturas de produção e falta de qualidade do produto (CHEN, 2015).

O processo usual de seleção de fornecedores era baseado em um formato simples considerando somente a cotação de preços (VIMAL, 2016). Sendo assim, o processo desconsiderava diversas outras características como: qualidade, entrega, capacidade, questões ambientais e serviço de atendimento (DEGRAEVE; LABRO; ROODHOOFT, 2000). Atualmente, o processo decisório para seleção de fornecedores passou a avaliar as mais diversas variáveis ou critérios, criando um processo de decisão multicritério, ou do inglês Multi criteria decision making (MCDM) (CARPINETTI, 2015; LIMA JUNIOR; XU; SHEN, 2014).

As técnicas MCDM surgiram com o objetivo de avaliar um conjunto de alternativas, segundo critérios independentes um dos outros (WEIßFLOCH; GELDERMANN, 2016). Dentre as mais diversas técnicas MCDM, tem-se: métodos aditivos, que possuem como resultado um valor agregado da avaliação das alternativas com relação aos critérios; métodos de inteligência artificial, algoritmo treinado para prever resultados; métodos de pesquisa operacional, que recorrem a programação matemática e; métodos de sobreclassificação, que fazem uma avaliação par a par para cada alternativa em cada critério (VIMAL, 2016).

Nesse contexto, as técnicas de sobreclassificação vem sendo amplamente utilizadas com o intuito de facilitar a estruturação e análise problemática de tomada de decisão (BORAN; 2009). O objetivo das técnicas de sobreclassificação não está relacionado a um resultado ótimo, mas sim busca amparar o processo de seleção, sendo esse o foco de estudo desse trabalho. Dentre as técnicas de sobreclassificação, os métodos da família ELECTRE (ELimination and Choice Expressing the REality) são uns dos mais difundidos por apresentarem um processo computacional fácil e lógico (HSIEH; HUNG, 2009). O princípio da técnica introduzida por Benayoun et al. (1966) é a proposição de julgamentos entre pares, visando avaliar se uma das

alternativas é ao menos tão boa quanto a outra (ALMEIDA; DAHER, 2011; HATAMI-MARBINI; TAVANA, 2011). Dentre os mais diversos métodos da família como ELECTRE I, II, III e IV, tem-se o que será analisado nesse trabalho, o ELECTRE TRI. Em relação ao processo do método ELECTRE TRI, ele tem como principal característica a alocação das alternativas, em grupos pré-definidos, segundo as necessidades do processo de escolha (CERTA et al., 2017; FIGUEIRA et al., 2005; ISHIZAKA; NEMERY, 2013; MOUSSEAU et al., 2000).

Com a difusão das mais variadas técnicas MCDM, como as da família ELECTRE, levantou-se a questão da extrema complexidade para o um único tomador de decisão ser responsável por considerar e julgar todos os aspectos dos problemas de decisão (XU; WU, 2011). Como resultado, o processo e a responsabilidade pelos problemas de tomada de decisão começaram a ser compartilhados por um grupo de tomadores de decisão, surgindo no cenário científico processos de tomada de decisão multicritérios avaliados por um grupo de decisores: Multi-criteria group decision making - MCGDM (DEVI; YADAVS; 2013; LIMA et al.; 2013; SEGURA; MAROTO; 2017; ZHANG; XU; 2015).

A expansão das teorias MCDM e MCGDM, e a diversidade envolvendo os tomadores de decisão, trouxeram questionamentos relacionados a tratativa da subjetividade da escolha dos decisores, e o conflito de suas avaliações em relação ao impacto na decisão final (DAHER; ALMEIDA, 2011). A consequência do levantamento realizado, foi o surgimento de trabalhos que buscaram expressar os julgamentos dos tomadores de decisão, não em uma linguagem precisa, como escalas numéricas, mas recorrendo a imprecisão possibilitada pela utilização de uma linguagem Fuzzy (XU, SHEN; 2014). A linguagem fuzzy, que tem seu significado ligado a representação de dados incertos foi proposta por Zadeh (1968) e tem como característica a consideração de um grau de pertinência (valor no intervalo $[0,1]$) para expressar o quanto um elemento pertence ou não ao conjunto (ZADEH, 1968). Em outras palavras, a linguagem fuzzy tem como característica a representação das variáveis por meio de termos linguísticos que são qualitativos, mas que possibilitam uma representação quantitativa pela tradução desses termos por meio de funções de pertinência (ZADEH, 1968).

O princípio da linguagem está relacionado a utilização de termos linguísticos, que estão associados a graus de pertencimento. Ao longo do tempo a linguagem sofreu algumas variações, surgindo entre outras a representação Intucionistic fuzzy, proposta por Atanassov (1989), e a Hesitant Fuzzy, proposta por Torra (2010). Ambas buscaram adaptações afim de lidar melhor com as incertezas e subjetividade dos decisores, buscando que expressões de linguagem natural,

pudessem ser mais facilmente convertidas em proposições linguísticas, auxiliando no processo de tomada de decisão (GITINAVARDA et al., 2015). Por exemplo, no caso do Intuitionistic fuzzy a principal característica está relacionada a presença de funções de pertencimento e não pertencimento que buscam expressar os julgamentos dos decisores ao invés de um único grau de pertinência, como é a proposta inicial de Zadeh (1968). Somado a isso a linguagem intuicionista propõe a representação de um grau de hesitação, permitindo que imprecisões entre grupos de decisores pudessem ser melhor representadas e tratadas, como será realizado nesse trabalho (ATANASSOV, 1989).

Logo, o meio científico visualizou uma possível melhor tratativa para a subjetividade presente no julgamento dos decisores, buscando além de aplicar isoladamente as técnicas MCDM (CHAI et al., 2013; BOER et al., 2002; HO et al., 2010; LIMA-JUNIOR et al., 2014; SEGURA; MAROTO, 2017; BARNES; WU, 2011) a aplicação de técnicas híbridas MCDM E MCGDM com a linguagem fuzzy e suas generalizações (CHAI; LIU, 2012; FENG; FAN; MA; 2010; VAHDANI; ZANDIEH, 2010, XU; SHEN, 2014).

Nesse contexto, esse trabalho busca levantar as vantagens e desvantagens de se optar por uma aplicação híbrida ao invés de uma técnica multicritério isolada. Para isso, em um contexto de gestão de fornecedores considerando um grupo de decisores, esse trabalho irá fazer duas aplicações da técnica ELECTRE TRI. A primeira forma será a aplicação isolada da técnica, e a segunda uma aplicação híbrida com a representação intuitionistic fuzzy. Dessa forma, se espera justificar a utilização ou não de uma aplicação híbrida.

1.2 Objetivos

O desenvolvimento dessa pesquisa tem como principal objetivo comparar a implementação combinada da representação intuitionistic Fuzzy com a técnica ELECTRE TRI com a aplicação da forma isolada da metodologia ELECTRE TRI em um contexto de gestão de fornecedores e considerando um processo de tomada de decisão em grupo. Esse objetivo geral pode ser dividido nos seguintes objetivos específicos:

- I. Levantamento bibliográfico, identificando as principais técnicas de sobreclassificação aplicadas nas tomadas de decisão em grupo, no campo de seleção de fornecedores, demonstrando a representatividade da técnica ELECTRE TRI, e da linguagem *intuitionistic Fuzzy* na área de estudo;

- II. Estudo da técnica ELECTRE TRI e da metodologia de linguagem *intuitionistic Fuzzy*;
- III. Implementação computacional em ambiente Excel da metodologia ELECTRI TRI em forma isolada e híbrida com a linguagem *intuitionistic Fuzzy*;
- IV. Aplicação em caso real das rotinas desenvolvidas;

1.3 Justificativa

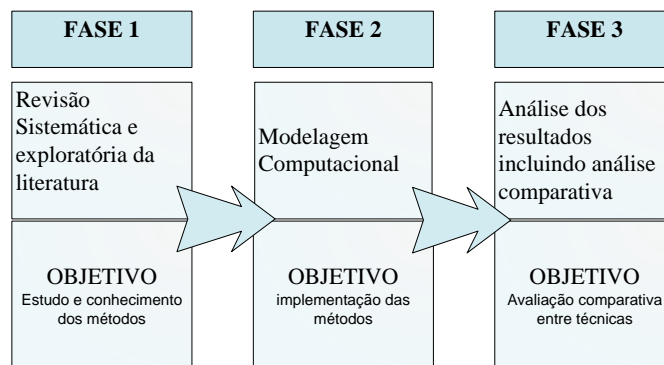
Ao se pesquisar a respeito de métodos multicritério aplicados a seleção de fornecedores, é possível identificar uma infinidade de abordagens já bem disseminadas na literatura (ALMEIDA; GUARNIERI, 2016; CARPINETTI; LIMA JUNIOR, 2015;). Por outro lado, quando essa análise se estende para tomada de decisão em grupo Lima Junior, Osiro e Carpinetti (2013) relatam que essa quantidade é pequena, mas que vem crescendo significativamente nos últimos anos. Desta forma, no campo de seleção de fornecedores é possível verificar que a tomada de decisão em grupo, recorrendo a utilização de métodos multicritério, pode ser mais explorada a fim de levantar potenciais práticas de inovação para a área.

Além disso, muitos estudos discutem a consolidação dos diferentes julgamentos dos decisores questionando o tratamento adequado de opiniões subjetivas e conflitantes entre tomadores de decisão (ALMEIDA; DAHER, 2011; BEN-ARIEH; EASTON, 2007). Visualizando isso, muitos trabalhos buscam aplicar técnicas baseadas na teoria *fuzzy* para tratar essas questões, como por exemplo, *Atanassov's interval-valued intuitionistic fuzzy* (AIVIFS) (XU; SHEN, 2014) *intuitionistic fuzzy* (SHEN et al., 2015). Vendo essa recorrência para a tratativa de subjetividade e conflitos na tomada de decisão em grupo pela comunidade científica, levanta-se a possibilidade da análise do real efeito dessas aplicações, em comparação com outras de aplicações convencionais com representação *crisp dos dados*. Dessa forma, o presente trabalho busca aplicar a mesma técnica (ELECTRE TRI), mas recorrendo a duas representações de informação diferentes. Sendo a primeira uma representação numérica convencional (representação *crisp*), e a segunda uma representação *intuitionistic fuzzy*. Por fim, se espera refletir a existência de possíveis diferenças ou não nos resultados da aplicação ELECTRI TRI no contexto de gestão de fornecedores, e a real importância da utilização da linguagem *fuzzy* como agregadora desses julgamentos.

1.4 MÉTODO PARA DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

O desenvolvimento desse estudo, como representado na figura 1, constitui-se de três fases: revisão sistemática de literatura; modelagem computacional; e análise comparativa entre as aplicações.

Figura 1- Fases que compõem a pesquisa.



Fonte: Própria autoria.

Para a primeira fase, busca-se realizar uma revisão da literatura, com o objetivo de identificar a recorrência de aplicação da metodologia ELECTRE, e de formas híbridas com a representação *fuzzy* em relação a um contexto geral de gestão de fornecedores e técnicas de sobreclassificação para tomada de decisão em grupo. As bases de dados utilizadas são *Scopus* e *Web of Science*, por serem reconhecidas pelos seus grandes acervos sobre temas relacionados à gestão de operações. Na segunda fase desenvolve-se o estudo aprofundado e implementação das técnicas no ambiente computacional. Na terceira fase, com base em um caso real espera-se comparar os resultados das aplicações em relação: as diferenças nas rotinas, dificuldade no desenvolvimento, e ordenação final das alternativas.

Por fim, esse trabalho está organizado com a revisão bibliográfica na seção 2; introdução das concepções ELECTRE TRI e *intuitionistic fuzzy* na seção 3; exposição do caso de estudo em um problema de seleção de fornecedores na seção 4; discussão e conclusão dos casos aplicados e avaliação dos resultados na seção 5.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Busca de artigos nas bases de dados

A revisão bibliográfica foi realizada nas bases de dados *Scopus* e *Web of Science*. O foco dessa revisão é a identificação das principais técnicas de sobreclassificação, relacionadas a seleção de fornecedores no contexto da utilização de grupo de decisores e da representação utilizada. Para isso escolheu-se como base de comandos as palavras “Sobreclassificação e Fornecedor” (*Outranking and Supplier*). Dessa forma, essa parte da pesquisa foi feita com as seguintes linhas de comando (*strings*):

- ✓ *Scopus: TITLE-ABS-KEY= ("Outranking " AND "Supplier") e*
- ✓ *Web of Science: Tópico= ("Outranking" AND "Supplier").*

Como a Tabela 1 abaixo expõe, aplicando essas linhas de comando nas bases de dados, essas retornaram 23 artigos totais, desconsiderando os duplicados.

Tabela 1 - Resultado de revisão das bases de dados.

Base de Dados	(Outranking AND Supplier)	Total
Scopus	19	23
Web of Knowledge	17	

Fonte: própria autoria.

O Quadro 1 a seguir, expõe os vinte três trabalhos resultantes, registrando suas principais informações.

Quadro 1- Análise bibliométrica.

Autores	Técnica utilizada	Ano	Periódico	País
Segura e Maroto (2017)	PROMETHEE	2017	Expert Systems With Applications	Espanha
Lima et al. (2013)	Fuzzy inference system (FIS)	2013	Applied Soft computing	Brasil
Hsieh e Hung (2009)	ELECTRE III	2009	Wseas Transactions on Information Science and Applications	Taiwan

Continua na próxima página.

Autores	Técnica utilizada	Ano	Periódico	País
Weifloch e Geldermann (2016)	PROMETHEE	2016	European J. Industrial Engineering	Alemanha
Shen Feng et al. (2015)	Intuitionistic fuzzy theory and the ELECTRE III	2015	Springer Science+Business Media New York	China
Sepulveda e Derpich (2015)	ELECTRE e FlowSort	2015	International Journal of Computers Communications & Control	Chile
Vimal (2016)	ISM-ANP- VIKOR and ISM- ANP – ELECTRE	2016	Journal of Modelling in Management	Reino Unido
Chen (2014)	ELECTRE/ type-2 fuzzy	2012	Information Science	Taiwan
Chen (2015)	IVIF- PROMETHEE	2015	Springer Science+Business Media New York	Taiwan
Xu e Shen (2014)	AIVIFS- ELECTRE	2014	Knowledge-Based Systems	China
Fahmi et al. 2016)	HFLTS- ELECTRE I	2016	international Journal of Computational Intelligence Systems	Turquia
Vahdani et al. (2008)	Método de balanceamento e classificao (balancing and ranking method)	2008	Journal of Applied Sciences	Iran
Zhang e Xu (2015)	hesitant fuzzy QUALIFLEX	2015	Expert Systems with Applications	China
Wu et al. (2015)	Simplified Neutrosophic Information	2015	International Journal of Fuzzy Systems	Taiwan/Alemanha
Gitinavarda et al. (2015)	hesitant fuzzy balancing and ranking	2015	International Journal of Engineering	Iran

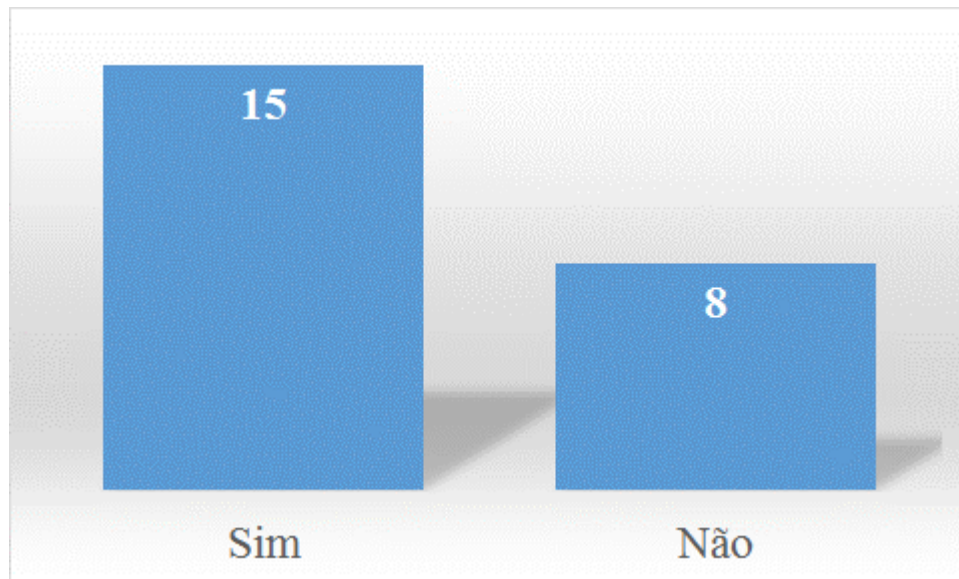
Continua na próxima página.

Autores	Técnica utilizada	Ano	Periódico	País
Vahdani e Zandieh (2010)	fuzzy balancing and ranking	2010	International Journal of Production Research	Iran
Achillas et al.(2014)	ELECTRE III	2014	Journal, Special issue: Agri-food and biomass supply chains	Grécia
Devi e Yadavs (2013)	Fuzzy-ELECTRE	2013	International Journal of Manufacturing Technology	Índia
Liu e Zhang (2011)	ELECTRE-III	2011	International Journal of Production Research	China
Chai e Liu (2012)	Intuitionistic Fuzzy - Superiority and Inferiority Ranking (IF-SIR)	2012	International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems	Hong Kong
Dulmin e Mininno (2003)	PROMETHEE/G AIA	2003	Journal of Purchasing and supply Management	Itália
Espinilla et al. (2014)	PROMETHEE	2014	International Journal of Computational Intelligence Systems	Espanha
Boer et al. (1998)	ELECTRE I	1998	European Journal of Purchasing & Supply Management	Holanda

Fonte: própria autoria.

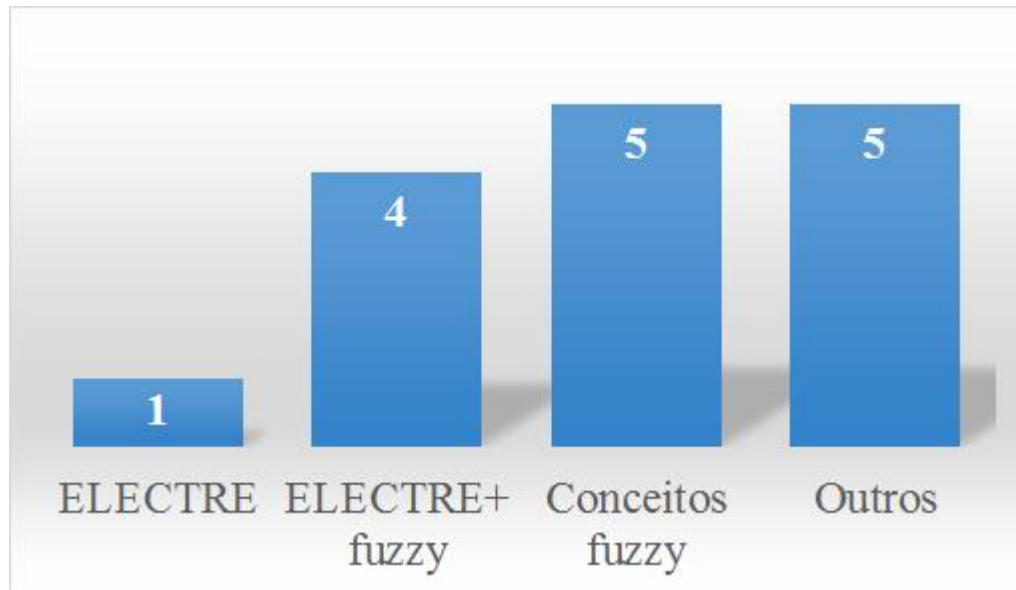
Com os trabalhos mapeados, iniciou-se o processo de estratificação dos resultados. Primeiro foi avaliado a utilização de um grupo de tomadores de decisão. Dentre os vinte e três artigos, somente 35% (8) não levam em consideração a utilização de grupos de decisores (ACHILLAS et al., 2014; BOER et al., 1998; CHEN, 2015; DULMIN; MININNO; 2003; FAHMI et al., 2016; SEPULVEDA; DERPICH, 2015; VIMAL, 2016; LIU; ZHANG; 2011;). Isso pode demonstrar uma tendência em relação a aplicação das técnicas em levar em consideração a opinião conjunta de uma equipe de responsáveis, não mais de um único tomador de decisão.

Figura 2- Número de trabalhos que utilizaram grupo de decisores no processo de decisão.



Fonte: própria autoria.

Dentre os quinze trabalhos MCGDM, cinco apresentaram aplicação da metodologia da família ELECTRE. Sendo quatro em uma aplicação híbrida com conceitos da linguagem fuzzy (CHEN, 2014; FENG; FAN; MA, 2010; XU; SHEN, 2014; DEVI; YADAVS, 2013;) e um apresentando uma aplicação isolada do método ELECTRE III (HSIEH, HUNG; 2009). Além disso, conceitos da linguagem fuzzy foram aplicadas em outros cinco trabalhos (CHAI; LIU, 2012; GITINAVARDA et al., 2015; LIMA et al., 2013; VAHDANI; ZANDIEH, 2010; ZHANG; XU, 2015). Durante a realização da revisão bibliográfica levantou-se a possibilidade de aplicar outros filtros para os resultados gerados, como segue a proposta apresentada por Conforto, Amaral e Silva, (2011) em seu roteiro para revisão bibliográfica mas como o retorno gerado já apresentou um número reduzido de artigos, optou-se por fazer uma análise geral da aplicação dos quinze artigos de MCGDM.

Figura 3- Resultado de revisão das bases de dados.

Fonte: própria autoria.

2.2 Tomada de decisão

Os processos de tomadas de decisão são ações recorrentes dentre das organizações que podem levar em conta um ou mais critérios (LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2014). A aplicação de uma tomada de decisão incorreta pode trazer prejuízos ao desempenho da organização implicando em atrasos em projetos, diminuição da competitividade da cadeia de suprimentos, podendo comprometer a posição da empresa no mercado altamente competitivo. A evolução do processo de tomada de decisão fez com que as decisões que antes eram realizadas tomando como base somente os custos proporcionados pela escolha, migrassem para um processo que avalia múltiplos critérios (LIMA et al., 2013). Somado a isso o processo da decisão, no mundo corporativo, não resumisse mais a determinar qual a melhor opção, mas também pode ter o objetivo de categorizar ou mesmo ordenar um conjunto de possíveis opções, o que define um processo de seleção (FÜLÖP, 2001; HUANG et al., 2013; LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2014).

2.2.1 Processo de gestão de fornecedores

O mercado cada vez mais competitivo obrigou as empresas a buscarem diferenciais para se destacarem frente suas concorrentes (WEBER et al., 1991). Uma das principais formas de

fazerem isso foi dar maior atenção ao processo de gerenciamento dos fornecedores (HSIEH; HUNG; 2009). Em um contexto geral, o processo de gestão de fornecedores pode ter como objetivo lidar com os mais diversos fluxos, podendo ser eles relacionados a informação, matéria, bens, finanças ou mesmo serviços (WEBER et al., 1991). Nesse contexto, de inúmeros processos, a gestão de fornecedores deve ser responsável em avaliar o grau de importância deles perante as diretrizes da organização, buscando estabelecer qual o grau de interface que se espera construir com a empresa fornecedora, seja ele pontual ou de parceria duradoura (HSIEH; HUNG; 2009). Dessa forma, a gestão de fornecedores, dentre suas atividades principais, pode ser responsável tanto a selecionar um único fornecedor, ou mesmo buscar criar uma classificação ou categorização dentre um grupo de possibilidades, conforme necessidade da organização. Nesse contexto, a seleção pode ser relacionada a escolha de uma única opção, a classificação ao desenvolvimento de um ranqueamento da melhor para a pior opção, e a categorização a associação dos possíveis fornecedores a grupo pré-determinados. Essas três modalidades tem o objetivo de auxiliar o processo de avaliação dos fornecedores e não necessariamente devem ser aplicadas isoladas. Por exemplo, visando auxiliar o processo de seleção final de um fornecedor, as possíveis opções podem passar por um processo de categorização, definindo os candidatos como aptos e não aptos em relação a critérios básicos para empresa. Com isso não se tem a definição efetiva da escolha final, mas se reduz a amostragem, auxiliando no processo de seleção final.

2.2.2 Processo de apoio a seleção multicritério

Segundo Boer, Wegan e Telgen (1998) o processo seleção pode ser caracterizado por cinco propriedades, sendo elas: os critérios e sua natureza, os tipos de regras aplicadas, o número de tomadores de decisão, a tratativa para a incerteza no processo e o objetivo de processo.

Os processos de escolha dos critérios podem ser determinados variando desde quantidade, pesos dos critérios, linguagem utilizada até se esses apresentam graus quantitativos ou qualitativos (WEBER et al., 1991). Os critérios quantitativos se definem por terem um foco estabelecido em dados e aspectos numéricos (podem ser expressos de forma direta matematicamente). Já os critérios qualitativos necessitam julgamento de especialistas com habilidade e conhecimento sobre o assunto (expressos em palavras).

Dentre o tipo de regras de avaliação aplicadas, existem basicamente dois tipos: as compensatórias e as não compensatórias. As regras compensatórias determinam que alternativas avaliadas com desempenho ruim em um ou mais critérios podem ter sua avaliação compensada por um desempenho bom em outros, tendo como resultado uma decisão ótima. Por outro lado, as não compensatórias determinam que um desempenho ruim em um ou mais critérios não é compensado por um desempenho bom em outros (BOER; WEGAN; TELGEN, 1998). Em relação ao número de tomadores de decisão, da mesma forma que ocorreu a recorrência da utilização de diversos critérios, opta-se hoje pela participação de um grupo de tomadores de decisão, justificado pelo conhecimento prévio do grupo, possibilitando uma avaliação mais abrangente do processo. A definição do número exato de tomadores de decisão, deve levar em consideração os critérios estabelecidos, buscando identificar dentre as possíveis escolhas os mais relacionados com cada critério (HSIEH; HUNG; 2009).

A tratativa para a incerteza dos julgamentos, segundo Roy (1978) pode estar relacionada a dificuldade em determinar a pontuação para uma determinada alternativa em relação a um critério, ou em relação a importância de um critério em relação a outro. Ambas condições levantam o questionamento quanto a inabilidade do tomador de decisão em expressar suas preferências. Por esses questionamentos e outros relacionados a incerteza Zadeh (1965), criou a teoria dos conjuntos *fuzzy*. Essa teoria será apresentada na Seção 5. Por fim, o objetivo do processo de decisão pode estar relacionado: a determinação de uma única escolha em relação ao conjunto pré-estabelecido; ordenação, relacionado a ordenação pelo desempenho geral das opções em uma ordem do melhor para o pior; ou mesmo de classificação em categorias pré-definidas, como por exemplo hábil ou não hábil (WEBER et al., 1991).

2.2.3 Tomada de decisão em grupo

A tomada de decisão em grupo, ou MCGDM pode ser definido como um processo em que um grupo de tomadores de decisão (*Decision Makers*- DMs) avaliam cada alternativa (podendo ser também um objeto, solução, candidato, entre outros) levando em conta diversos critérios (também podendo ser chamados de atributos, variáveis e características) com o objetivo de chegar a uma definição comum (CHAI; LIU, 2012). A crescente no número de trabalhos que aplicam tomadas de decisão MCGDM é resultado de um crescimento na complexidade social e econômica dos fatores que devem ser avaliadas quando se fala na tomada de decisão, tornando difícil a avaliação para um único tomador de decisão (XU; WU; 2011).

O processo de decisão MCGDM ganhou importância ao se visualizar a possibilidade de incluir diversas pessoas, com características únicas relacionadas a conhecimento, habilidade e personalidade, criando um fator de relevância para o processo de decisão (FÜLÖP, 2001). Sendo assim, um grupo de tomadores de decisão com experiências e conhecimentos complementares são selecionados, com objetivo de avaliar de melhor forma as alternativas. Além disso, a decisão em grupo apresenta uma maior capacidade relacionada ao processamento de informações passadas, possibilitada pela não dependência do contato anterior de um único indivíduo, mas sim estendida ao grupo (DEVI; YADAVS, 2013). Além disso, apresenta maior abrangência do problema, e consequentemente uma avaliação mais realista e racional (BORNSTEIN; YANIV, 1998).

Segundo Boer, Labro e Morlacchi (2001) um processo de tomada de decisão pode ser dividido em quatro principais atividades: a definição do problema que será analisado, a definição dos critérios que serão julgados, a qualificação das alternativas e a escolha final. As atividades serão melhor expostas no capítulo seguinte aplicadas no contexto de seleção de fornecedores. Quando se fala na qualificação das alternativas e escolha final, para um processo MCGDM, se cria uma atividade adicional, a agregação dos julgamentos dos decisores (WU; CHEN, 2011). Ou seja, se em um processo MCDM existe a necessidade de definir a relevância dos critérios para o processo final de decisão, para um processo MCGDM se gera, caso se levante a necessidade para o processo, a definição da relevância de cada decisor em relação ao julgamento que será efetuado a cada critério, gerando assim não uma avaliação individual, mas do grupo (WU; CHEN, 2011).

2.2.4 Tomada de decisão em grupo na gestão de fornecedores

A gestão de fornecedores deve ser classificada como uma ação de viés estratégico pela influência que essa tem em relação ao desempenho da organização no mercado (SODENKAMP et al., 2016). Analisando o produto final, organizações que não buscam construir parcerias com fornecedores de excelência, não vão conseguir oferecer produtos competitivos e de qualidade, ficando para trás em relação a suas concorrentes (CHAI; LIU, 2012). A gestão de fornecedores em sua natureza é um problema MCDM, uma vez que existem inúmeros critérios que podem ser levados em conta (LIMA et al., 2013). Como citado por Segura e Maroto (2017), a literatura apresenta diversas aplicações individuais e híbridas que buscam tratar o problema de seleção. Tais como: ELECTREE, *Analytic Hierarchy Process*

(AHP), *Data Envelopment Analysis* (DEA) e *Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS) de forma individual, e outras com aplicação conjunta como *fuzzy* e PROMETHEE, *fuzzy* e AHP. Independente da técnica aplicada, o objetivo de sua aplicação é a redução de um conjunto inicial de possíveis alternativas, para uma escolha final (LIMA et al., 2013). Essa escolha final irá variar conforme a necessidade e definição estratégica da organização. Ou optará em definir o melhor possível fornecedor entre as opções, ou buscará definir um conjunto de fornecedores que podem satisfazer a demanda quando necessário (CHAI; LIU, 2012).

Como citado no capítulo anterior, um processo de tomada de decisão MCGDM tem as quatro principais atividades citadas por Boer, Labro e Morlacchi (2001): a definição do problema que será analisado, a definição dos critérios que serão julgados, a qualificação das alternativas e a escolha final) adicionada a atividade de agregação dos julgamentos dos DM. Para a seleção de fornecedores valem as mesmas atividades, sendo que:

- 1- **Definição do problema:** Definir de forma clara o objetivo da seleção de fornecedores. A empresa irá produzir um novo produto, a empresa irá substituir algum fornecedor ou irá escolher entre os seus fornecedores um que seja capaz de suprir recursos para um novo produto. De forma paralela identificar se o objetivo é definir apenas um ou vários fornecedores, direcionando melhor a escolha das ferramentas de seleção;
- 2- **Definição dos critérios:** Na segunda atividade os critérios de avaliação devem ser definidos, buscando identificar os mais relevantes para a organização. Ou seja, determinar os critérios de relevância para o problema e que irão influenciar de forma direta o processo de escolha. Determinação da quantidade e peso de cada critério.
- 3- **Qualificação das alternativas:** Nessa etapa o objetivo é reduzir a quantidade de potenciais fornecedores. Ou seja, espera-se que um nível mínimo de satisfação seja atendido para cada critério, caso contrário, o fornecedor é desclassificado. Para a qualificação, no caso de um MCGDM, a agregação dos julgamentos acontece anteriormente;
- 4- **Escolha final:** as definições do ranking final dos fornecedores, com o número de fornecedores selecionados. Podendo aqui ser aplicadas regras compensatórias ou não compensatórias, quantidade de fornecedores selecionados e alocação de pedidos são estabelecidos.

Por fim, um conceito adicional é de que o processo de determinação dos fornecedores deve ser visto como uma atividade cíclica e dinâmica, cabendo sempre revisão das escolhas realizadas (WU; BARNES, 2011). Como citado por Segura e Maroto (2017), além dos

processos de seleção e segmentação dos fornecedores, os processos de monitoramento e controle dos fornecedores devem ser tidos como atividades chave no gerenciamento de uma cadeia de suprimentos.

2.3 Técnicas de sobreclassificação

Os métodos de sobreclassificação podem ser chamados de métodos de superação, prevalência, subordinação, síntese ou *outranking* (ALMEIDA, 2013a). A aplicação, dessa classe de métodos, é realizada com base na comparação par a par das alternativas e em geral não tem uma característica de compensação nos julgamentos, ou seja, o baixo desempenho de um critério para uma alternativa não será compensado por um melhor desempenho de outro critério para a mesma alternativa. (ALMEIDA, 2013b; FIGUEIRA; GRECO; EHRGOTT, 2016). Diferentemente da maioria dos métodos que envolvem a agregação de avaliações, como AHP (*Analytical Hierarchy Process*) e TOPSIS (*Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*). Os métodos de sobreclassificação e suas generalizações tem grande representatividade em relação aos métodos aplicados por sua lógica ser considerada simples e prática (VAHDANI; ZANDIEH, 2010). Usualmente são aplicados com base em dois principais passos: construção das relações de sobreclassificação entre as alternativas e análise das relações de sobreclassificação construídas (VAHDANI; ZANDIEH, 2010).

Considerando um conjunto de ações $gi(a)$ e suas avaliações para cada critério i (1,2,3...n), a construção das relações de sobreclassificação tem o objetivo de comparar argumentos a favor e contra a afirmação de que a alternativa “a” é ao menos tão boa quanto a alternativa “b” da seguinte forma (ROY, 1978):

- 1- “a” sobreclassifica “b” (aSb) se há argumentos suficientes para afirmar que “a é pelo menos tão boa quanto b” e não há argumentos para discordar disso.
- 2- “a” não sobreclassifica “b” (não aSb) se os argumentos em favor da proposição de que “a” é tão boa quanto “b” são considerados insuficientes.

Em um contexto geral, após a construção das relações, o objetivo agora é analisar as relações construídas. Essa análise é desenvolvida em termos de preferência, se aSb simplesmente, tem-se que “a” é preferível a “b” (aPb). Se aSb e bSa então “a” é indiferente a “b” (aIb). Por fim, quando não há sobreclassificação, as duas ações são incomparáveis (aRb).

Essas relações de sobreclassificação são baseadas em argumentos prós e contras a afirmação de que a alternativa “a” é pelo menos tão boa quanto a alternativa “b”. Os argumentos são fornecidos pela comparação par a par das alternativas em cada um dos critérios em que elas são avaliadas. As relações binárias construídas podem ser dadas tanto em linguagem *Crisp* ou *Fuzzy*, mostrando a capacidade dos métodos de sobreclassificação em lidar tanto com atributos qualitativos quanto quantitativos (HSIEH; HUNG, 2009; MARTEL; MATARAZZO, 2005).

Como citado por Fahmi et al. (2016), existem diferentes métodos de sobreclassificação, incluindo os da família PROMETHEE que incluem o PROMETHEE I, PROMETHEE II, PROMETHEE III, PROMETHEE IV, PROMETHEE V e PROMETHEE VI, os métodos QUALIFLES, ORESTE, MELCHIOR, PRAGMA, MAPPACC e TACTIC, além dos métodos da família ELECTRE que incluem ELECTRE I, ELECTRE II, ELECTRE III, ELECTRE IV e ELECTRE TRI que serão melhor explorados no próximo capítulo.

2.3.1 Técnicas da família ELECTRE

Os métodos da família ELECTRE (ELimination and Choice Expressing the REality), junto com os da família PROMETHEE, são um dos métodos MCDM mais conhecidos e consequentemente mais aplicados entre os métodos de sobreclassificação (FENG; FAN; MA; 2010; HATAMI-MARBINI; TAVANA, 2011). Como característica de uma técnica de sobreclassificação os métodos da família ELECTRE buscam avaliar um conjunto de alternativas, utilizando uma avaliação por um número de critérios definidos, sendo que essa avaliação é realizada com base na relação de sobreclassificação, S , entre as alternativas, como exposto na seção 3 técnicas de sobreclassificação (HATAMI-MARBINI; TAVANA, 2011). A família ELECTRE tem sua derivação em ELECTRE I, II, III, IV and TRI, sendo que a base fundamental dos métodos segue a mesma concepção (FENG; FAN; MA; 2010).

De um contexto geral, esses métodos compartilham os seguintes conceitos (ROY, 1978):

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

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

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

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

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

Com a base fundamental dos métodos da família definidos vale destacar a finalidade de aplicação de cada um deles. Segundo Hatami-Marbini e Tavana (2011) o método ELECTRE I tem sua aplicação voltada a problemas de seleção, ELECTRE II, III e IV para problemas de ranqueamento e ELECTRE TRI para problemas de classificação ou categorização.

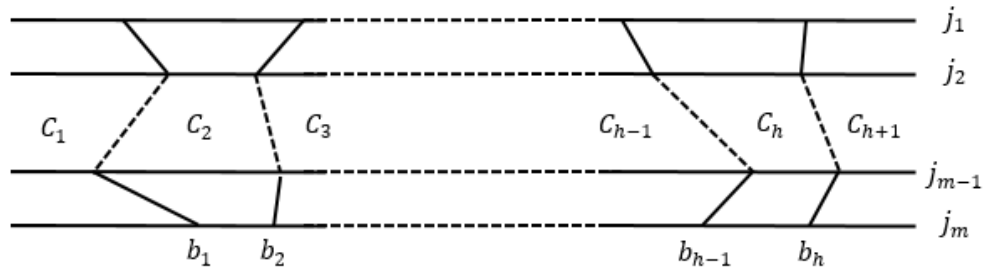
Por fim, vale ressaltar que esse trabalho visa aplicar a técnica ELECTRE TRI em duas formas de aplicação, isolada e híbrida, com a teoria fuzzy, para o problema de categorização dos fornecedores. O método de aplicação ELECTRE TRI é um modelo simples e de fácil aplicação pelos usuários necessitarem basicamente definirem alguns limiares (HSIEH; HUNG, 2009). Sua estrutura, e suas características são melhores expostas na próxima seção.

2.3.2 Técnica ELECTRE TRI

O método ELECTRE TRI é um método que permite atribuir e ordenar as alternativas avaliadas em categorias pré-definidas (CERTA et al., 2017; FIGUEIRA et al., 2005; ISHIZAKA; NEMERY, 2013; MOUSSEAU et al., 2000; YU, 2015). Ele considera um conjunto de alternativas $A = (a_1, a_2, a_i, \dots, a_n)$, em relação a um grupo de categorias $C =$

(c_1, c_2, \dots, c_n) que são limitados de forma individual por um limite superior e outro inferior $b = (b_1, b_2, \dots, b_p)$. Esses limites são as fronteiras de cada categoria pré-definida, variando para cada critério $J = (J_1, J_2, \dots, J_m)$ o qual a alternativa é julgada. Como representado na Figura 4.

Figura 4- Exemplificação fronteiras (b), categorias (C) e critérios (j) para o ELECTRE TRI.



Fonte: Adaptada Figueira; Mousseau; Roy (2005).

Ele tem seu procedimento básico baseado em duas fases, sendo a primeira de definição dos parâmetros iniciais:

- **Definição do conjunto de pesos para os critérios (w_1, w_2, \dots, w_j) ;**

Pesos estipulados para cada critério, em relação ao problema analisado, segundo avaliação do grupo de tomadores de decisão.

- **Definição dos limites de preferência (p), indiferença (q) e veto (v);**

A definição desses limites possibilita ao ELECTRE TRI poder trabalhar com imprecisões e incertezas do julgamento. O limite de indiferença, q, para um determinado critério, significa qual o limiar do julgamento que uma alternativa pode transitar até ser indiferente à outra (LIANG; WANG; 1991). Dessa forma, a alternativa “A” é preferível a “B” quando “A” for tão boa quanto “B” e o seu desempenho for melhor segundo os critérios de preferência, considerando o limite de indiferença (ROY, 1978). Em relação ao limite de preferência seu objetivo é representar o limiar entre uma zona de indiferença e de preferência estrita, possibilitando uma transição não abrupta do que seria uma alternativa preferível ou indiferente a outra segundo um critério (LIANG; WANG; 1991). O limiar do veto (v) representa a menor diferença entre $g_j(b_h)$ e $g_j(a)$ que anula de forma completa a afirmação de que aSb_h (CERTA et al., 2017).

- **Nível de corte (λ);**

O nível de corte representa o menor valor do índice de credibilidade compatível com a afirmação de que “ a subordina b_h ”. Esse índice será utilizada para construção das relações de sobreclassificação ou superação.

E a segunda fase com os cálculos, para definição da posição das alternativas em relação aos critérios e categorias:

- **Cálculo das matrizes de concordâncias parciais;**

Conjunto dos Índices de concordância parcial $c_j(a, b)$ que expressa a intensidade com que se pode afirmar que, sob o critério j , a é ao menos tão boa quanto b .

- **Cálculo das matrizes do índice compreensivo de concordância;**

Índices compreensivo de concordância $c_j(a, b)$ expressa a concordância que existe em se afirmar que a subordina b , à luz de todos os critérios.

- **Cálculo das matrizes de discordância;**

Conjunto dos Índices de discordância parcial $d_j(a, b)$ expressa à medida em que o critério j recusa a afirmativa de que a subordina b .

- **Cálculo da matriz de credibilidade;**

Conjunto que expressa quanto se admite que a subordina b globalmente.

- **Estudo das relações;**

Definição de relações binárias de preferência, indiferença ou incomparabilidade pela comparação dos índices de credibilidade em relação ao nível de corte (λ).

- **Categorização.**

Processo final que associa cada alternativa a um grupo pré-determinado.

Logo, para o desenvolvimento dos cálculos o método ELECTRE TRI é necessário calcular os índices de concordância parciais, concordância global, índices de discordância e índices de credibilidade. Sendo que as relações de sobreclassificação levam em conta as relações dos índices de concordância e discordância com a afirmativa aSb, pois esses estabelecem limites que validam a hipótese aSb ou não (ARAUJO; AMARAL, 2016).

Dessa forma:

- 1- Definir primeiro os índices de concordâncias parciais (FIGUEIRA; MOUSSEAU; ROY, 2005):

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

Onde $g_j(b_h)$ representa a fronteira b_h , para a categoria C , em relação ao critério j e $g_j(a)$ a avaliação de decisor.

- 2- Calcular o índice compreensivo de concordância. Ele é dado pela seguinte equação (FIGUEIRA; MOUSSEAU; ROY, 2005):

$$C(a, b_h) = \frac{\sum_{j=1}^n w_j \times c_j(a, b_h)}{\sum_{j=1}^n w_j} \quad (2)$$

- 3- Calcular o índice de discordância individual. O qual é definido pela seguinte relação (FIGUEIRA; MOUSSEAU; ROY, 2005):

$$d_j(a, b_h) = \begin{cases} 0 & \text{se } g_j(b_h) - g_j(a) \leq p_j(b_h) \\ 1 & \text{se } g_j(b_h) - g_j(a) > v_j(b_h) \\ \frac{g_j(b_h) - g_j(a) - p_j(b_h)}{v_j(b_h) - p_j(b_h)}, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (3)$$

Onde $g_j(b_h)$ representa a fronteira b_h , para a categoria C , em relação ao critério j e $g_j(a)$ a avaliação de decisor.

- 4- Por fim, procede-se o cálculo dos índices de credibilidade:

$$\sigma(a, b_h) = C(a, b_h) \times \prod_{j \in F} \frac{1 - d_j(a, b_h)}{1 - C(a, b_h)} \quad (4)$$

Os índices de credibilidade serão utilizados para estabelecer-se as relações de sobreclassificação. Essas relações são obtidas pela comparação entre os índices de credibilidade $\sigma(a, b_h)$ e $\sigma(b_h, a)$ e o nível de corte (λ). Sendo que as comparações podem ter quatro situações diferentes, sendo elas (FIGUEIRA; MOUSSEAU; ROY, 2005):

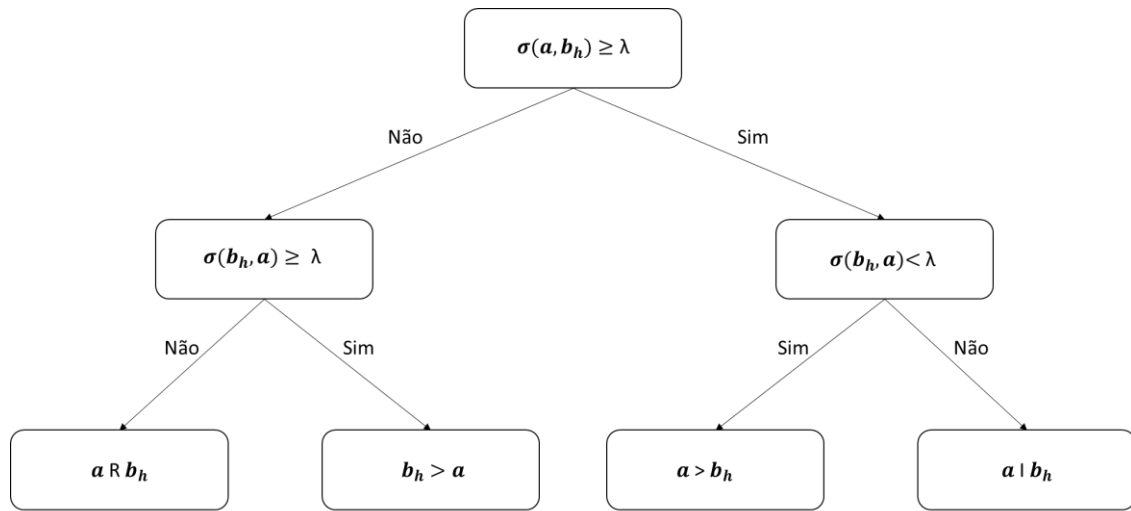
Se $\sigma(a, b_h) \geq \lambda$ e $\sigma(b_h, a) \geq \lambda$ então aSb_h e b_hSa logo: a é indiferente a b_h .

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

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

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

Figura 5 – Relações de preferência-ELECTRE TRI.



Onde "R" representa incompatibilidade, "I" indiferença e ">" e "<" relações de sobreclassificação.

Fonte: Adaptada Figueira, Mousseau e Roy (2005).

Com as relações de sobreclassificação definidas as alternativas seguem para alocação dentro das categorias. Essa alocação pode seguir dois processos, o pessimista e o otimista, como representado a seguir (CERTA et al., 2017; MOUSSEAU et al., 2001):

Processo pessimista (ou conjuntivo):

Compara-se cada alternativa com os limites $b = (b_1, b_2, \dots, b_p)$;

Classifica-se a alternativa a melhor categoria CT_h dado que aSb_{h-1} .

Processo otimista (ou disjuntivo):

Compara-se cada alternativa com os limites $b = (b_1, b_2, \dots, b_p)$;

Classifica-se a alternativa a categoria CT_h dado que $b_h > a$.

Ou seja, em relação ao processo de categorização final, enquanto a tratativa pessimista só categoriza a alternativa para a categoria CT_h no caso em que ela receba um grau de preferência quanto a fronteira b_{h-1} , o processo otimista categoriza a alternativa no caso de preferência, mas também de indiferença (MOUSSEAU; SLOWINSKI; ZIELNIEWICZ, 2000).

2.4. Teoria dos conjuntos fuzzy

A teoria dos conjuntos *fuzzy* foi desenvolvida inicialmente por Zadeh (1965). Seu objetivo de aplicação está relacionado a possibilidade de desenvolver um conjunto de termos linguísticos que fossem mais aptos a lidar com a representação de informações imprecisas e vagas (VAHDANI, ZANDIEH; 2010). Em muitos casos de tomada de decisão os decisores estão sujeitos a lidar com incerteza e imprecisa informação para expressar seus julgamentos, tornado assim, os conceitos *fuzzy*, muito disseminados na área de tomada de decisão, inclusive na seleção de fornecedores (CHEN, 2014; DEVI, YADAVS; 2013; LIMA et al.; 2013, VAHDANI; ZANDIEH, 2010). Uma linguagem convencional, nomeada *crisp*, tem a característica de seus termos terem grau de pertencimento 1 ou 0 a um determinado grupo, ou seja, ou expressam pertencimento ou não. Como representado na equação 5 a seguir.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{se } x \in A \\ 0 & \text{se } x \notin A \end{cases} \quad (5)$$

Os termos *fuzzy*, por sua vez, relacionados a subjetividade e incerteza, podem assumir qualquer valor entre as fronteiras de 0 e 1, não sendo restritos a assumirem valores fixos (CORCOLL-SPINA, 2010). Dessa forma, um conjunto *fuzzy* \tilde{A} pode ser definido pela seguinte equação 6 a seguir.

$$\tilde{A} = \left\{ (x, \mu_{\tilde{A}}(x)) \mid x \in X, \mu_{\tilde{A}}(x) \in [0, 1] \right\} \quad (6)$$

Onde x é caracterizado pelo grau de pertinência $\mu_{\tilde{A}}(x)$ que associa cada ponto em X a um número real no intervalo $[0, 1]$ (ZADEH, 1965). Assim, se $\mu_{\tilde{A}}(x)$ é igual a 0, então x não

pertence ao conjunto *fuzzy* \tilde{A} , se $\mu_{\tilde{A}}(x)$ igual a 1, então x pertence completamente ao conjunto *fuzzy*. Nos casos que $\mu_{\tilde{A}}(x)$ assume valores entre 0 e 1, então x pertence parcialmente ao conjunto \tilde{A} (ZADEH, 1965). Sendo que função de pertencimento deve satisfazer as seguintes condições (ZADEH, 1965):

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

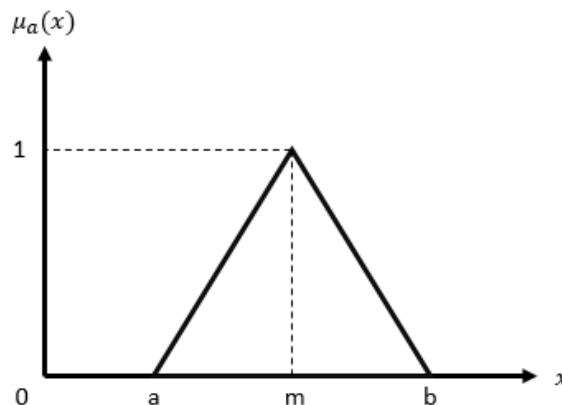
$$\mu_a(\lambda * x_1 - (1-\lambda) * x_2) \geq \text{MIN}\{\mu(x_1), \mu(x_2)\}, \text{ com } \lambda \in [0,1] \text{ e } x_1, x_2 \in X \quad (7)$$

(2) Normalidade – Um conjunto fuzzy obedecer às regras de normalidade se, e somente se:

$$\mu_a(x) = 1, \text{ para algum } x \in X \quad (8)$$

Na lógica fuzzy, as funções de pertencimento, que são responsáveis em gerar os graus de pertinência $\mu_{\tilde{A}}(x)$ podem ser representadas por diversas formas de gráfico trapezoidais, senoidais, ou mesmo triangulares. Esse trabalho se resumira a expor a representação triangular, devido a sua grande utilização e maior facilidade de aplicação. As funções triangulares são aquelas em que a função de pertinência apresenta um comportamento nulo, depois um comportamento crescente constante (em que o valor de pertencimento vai de zero a um), em seguida um valor decrescente constante (em que o valor de pertencimento vai de um a zero) e por fim um valor nulo novamente (HANSS, 2005). A figura 6 apresenta a representação de uma função triangular.

Figura 6- Exemplo de uma função de pertinência triangular.



Fonte: Adaptado Pedrycz e Gomide (2007).

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

$$\mu_a(x) = \begin{cases} 0, & \text{se } x \leq a \\ \frac{x-a}{m-a}, & \text{se } x \in [a, m] \\ \frac{b-x}{m-x}, & \text{se } x \in [m, b] \\ 0, & \text{se } x \geq b \end{cases} \quad (9)$$

2.4.1 Intuitionistic fuzzy

Tomando como base a lógica *fuzzy* proposta por Zadeh (1965), Atanassov (1986) desenvolveu o conjunto *Intuitionistic fuzzy*. Sua proposta visava o desenvolvimento de um conjunto que aumentasse a precisão quando relacionado com incertezas na representação da informação (CHEN, 2015). De forma similar ao conjunto *fuzzy* inicial, o conjunto *Intuitionistic fuzzy* também apresenta grau de pertencimento, mas de forma adicional é representado pelos graus de não pertencimento e grau de indeterminação (ATANASSOV, 1986). Para linguagem *fuzzy* convencional uma vez expresso o grau de pertencimento, o grau de não pertencimento poderia ser representado simplesmente como fator complementar (GRZEGORZEWSKI, 2004). O grau de indeterminação (também chamado de *hesitant*) do intuitionistic fuzzy, gera uma informação adicional a ser considerada, não validando mais a relação de complementares.

Atanassov e Gargov (1989) generalizando o conjunto *intuitionistic* introduziram a concepção do conjunto fuzzy intuicionista com intervalos (*interval-valued intuitionistic fuzzy sets- IVIFSs*). Ao invés de uma abordagem que busca uma caracterizam por termos exatos como na proposta de Zadeh (1965), a tratativa do IvIFSs visa a expressão dos termos de pertencimento, não pertencimento e indeterminação por meio de funções, as quais são expressas por intervalos (CHEN, 2015). Xu e Shen (2014) e Yager et al. (2011) definiram a concepção do número fuzzy intuicionista (*Intuitionistic fuzzy number- IFN*) e do número fuzzy intuicionista com intervalos (*interval-valued Intuitionistic fuzzy number- IvIFN*), junto com suas operações. O conceito intuicionista como uma proposta de lidar melhor com a imprecisão de informação, recebeu destaque no meio científico, o qual visualizou a possibilidade de aplicações reais (XU, YAGER; 2008). Dessa forma, sua aplicação ganhou destaque no campo de análises de tomada de decisão multicritério (CHEN, 2015).

2.4.2 Definições básicas do intuitionistic fuzzy

A representação de um conjunto *Intuitionistic fuzzy* é caracterizado por ter as funções de pertencimento e não pertencimento dentro de um universo de discurso. Dessa forma, um conjunto *Intuitionistic fuzzy* \tilde{A} dentro do universo $X\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ é representado por:

$$\tilde{A} = \{ \langle X_j, \mu_{\tilde{A}}(X_j), \vartheta_{\tilde{A}}(X_j) \rangle | X_j \in X \} \quad (10)$$

Onde, $\mu_{\tilde{A}}$ e $\vartheta_{\tilde{A}}$ representam o grau de pertencimento e não pertencimento do elemento X_j respectivamente, $\mu_{\tilde{A}}(X_j) \in [0, 1]$, $\vartheta_{\tilde{A}}(X_j) \in [0, 1]$, $0 \leq \mu_{\tilde{A}}(X_j) + \vartheta_{\tilde{A}}(X_j) \leq 1$. O grau de indeterminação do elemento X_j é denotado por $\pi_{\tilde{A}}(X_j)$, onde $\pi_{\tilde{A}}(X_j) = 1 - \mu_{\tilde{A}}(X_j) - \vartheta_{\tilde{A}}(X_j)$. O valor do elemento X_j no *intuitionistic fuzzy* pertencente ao conjunto *Intuitionistic fuzzy* \tilde{A} pode ser representado como $\langle \mu_{\tilde{A}}(X_j), \vartheta_{\tilde{A}}(X_j) \rangle$ (SHEN; XU; XU, 2015). Especialmente no caso em que para um IFN qualquer (σ), em que se tem $\mu_{\sigma} + \vartheta_{\sigma} = 1$ a expressão de σ é reduzido para $(\mu_{\sigma}, 1 - \mu_{\sigma})$, desconsiderando π_{σ} (CHEN, 2011).

Para criar um cenário de avaliação entre dois intuitionistic fuzzy numbers (IFN) se utiliza uma função de pontuação $s(\alpha)$ e uma função de acuracidade $h(\alpha)$ (HONG; CHOI, 2000). Sendo que:

$$s(\alpha) = \mu_{\alpha} - \vartheta_{\alpha} \quad (11)$$

$$h(\alpha) = \mu_{\alpha} + \vartheta_{\alpha} \quad (12)$$

Definição 1: Sendo $\alpha = (\mu_{\alpha}, \vartheta_{\alpha}, \pi_{\alpha})$ e $\beta = (\mu_{\beta}, \vartheta_{\beta}, \pi_{\beta})$ e $s(\alpha)$ e $h(\alpha)$ a pontuação e acuracidade para α e β , respectivamente, então (HONG; CHOI, 2000).

1. Para $s(\alpha) < s(\beta)$, então $\alpha < \beta$
2. Para $s(\alpha) > s(\beta)$, então $\alpha > \beta$
3. Para $s(\alpha) = s(\beta)$, então:
 - Se $h(\alpha) < h(\beta)$, então $\alpha < \beta$
 - Se $h(\alpha) > h(\beta)$, então $\alpha > \beta$
 - Se $h(\alpha) = h(\beta)$, então $\alpha = \beta$

Além disso, Xu e Cai (2010) definiu que para calcular a distância entre dois números $\alpha = (\mu_{\alpha}, \vartheta_{\alpha}, \pi_{\alpha})$ e $\beta = (\mu_{\beta}, \vartheta_{\beta}, \pi_{\beta})$ deve se aplicar a seguinte equação:

$$d_{IFN}(\alpha, \beta) = \sqrt{\frac{1}{2} [(\mu_{\alpha} - \mu_{\beta})^2 + (\vartheta_{\alpha} - \vartheta_{\beta})^2 + (\pi_{\alpha} - \pi_{\beta})^2]} \quad (13)$$

Definição 2: Sendo $\alpha = (\mu_\alpha, \vartheta_\alpha, \pi_\alpha)$ e $\beta = (\mu_\beta, \vartheta_\beta, \pi_\beta)$ dois IFNs, então:

1. $0 \leq d_{IFN}(\alpha, \beta) \leq 1$, tem-se $d_{IFN}(\alpha, \alpha) = 1$
2. $d_{IFN}(\alpha, \beta) = d_{IFN}(\beta, \alpha)$

Além disso, são validas as seguintes operações, sendo $\alpha = (\mu_\alpha, \vartheta_\alpha, \pi_\alpha)$ e $\beta = (\mu_\beta, \vartheta_\beta, \pi_\beta)$ dois IFNs e λ um escalar qualquer Xu e Cai (2010):

$$\alpha \oplus \beta = (\mu_\alpha + \mu_\beta - \mu_\alpha \cdot \mu_\beta, \vartheta_\alpha \cdot \vartheta_\beta) \quad (14)$$

$$\alpha \otimes \beta = (1 - (1 - \mu_\alpha)^\lambda, \vartheta_\alpha^\lambda), \lambda > 0 \quad (15)$$

$$\lambda \alpha = (\mu_\alpha^\lambda, 1 - (1 - \vartheta_\alpha)^\lambda), \lambda > 0 \quad (16)$$

$$\alpha^\lambda = (\mu_\alpha^\lambda, 1 - (1 - \vartheta_\alpha)^\lambda), \lambda > 0 \quad (17)$$

2.4.3 Operador de agregação intuitionistic fuzzy

Em relação ao processo de agregação de julgamentos, Xu e Cai (2010) :apresenta algumas técnicas, como IFWA (*Intuitionistic Fuzzy Weighted Averaging*), IFWG (*Intuitionistic Fuzzy Geometric*) e IFHA (*Intuitionistic Fuzzy Hybrid Averaging*). Em relação a agregação dos números IFN, Xu e Cai (2010) classifica os operadores IFWA e o IFWG como os principais. Mesmo com a grande representatividade do operador IFGW, esse trabalho se resumira a expor a aplicação do agregador IFWA por sua maior facilidade de aplicação, determinando sua escolha para desenvolvimento desse estudo.

Operador de agregação IFWA foi apresentado inicialmente por Xu e Zeshui (2007) sendo utilizado para a agregação de opiniões individuais dos tomadores de decisão. Dessa forma, seja $R^{(\lambda_k)} = (r_{ij}^{(\lambda_k)})_{m \times n}$ uma matriz de tomada de decisão intuicionista com as avaliações de cada decisor, $\lambda_k = \{\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_k\}$ é o peso relacionado a cada tomador de decisão e $\sum_{k=1}^l \lambda_k = 1 \in [0, 1]$. Assim, o operador é aplicado como apresentado a seguir:

$$R_{ij} = IFWA_\lambda(r_{ij}^{(1)}, r_{ij}^{(2)}, \dots, r_{ij}^{(l)}) =$$

$$\lambda_1 r_{ij}^{(1)} \oplus \lambda_2 r_{ij}^{(2)} \dots \oplus \lambda_l r_{ij}^{(l)} =$$

$$[1 - \prod_{k=l}^l (1 - u_{ij}^k)^{\lambda_k}, \prod_{k=l}^l (\vartheta_{ij}^k)^{\lambda_k}, \prod_{k=l}^l (1 - u_{ij}^k)^{\lambda_k} - \prod_{k=l}^l (\vartheta_{ij}^k)^{\lambda_k}] \quad (18)$$

Onde $r_{ij} = (\mu_{a1}(x_j), \vartheta_{a2}(x_j), \pi_{a3}(x_j))$, sendo para a alternativa $i = 1, 2, 3, \dots, m$ e os critérios $j = 1, 2, 3, \dots, n$. A relação de agregação apresentada também é utilizada em um procedimento de ponderação para os pesos dos critérios.

2.4.4 Intuitionistic fuzzy na tomada de decisão em grupo: associação das matrizes agregadas ao electri tri

Após a fase de agregação dos julgamentos, para as alternativas e para os pesos dos critérios, a etapa seguinte, trata o processo de tomada de decisão em grupo. O objetivo aqui é fazer com que os seus termos (julgamentos em linguagem intuicionista) possam ser inseridos na rotina ELECTRE TRI. Dessa forma, sendo $r(x) = (\mu_{Ai}(x), \vartheta_{Ai}(x), \pi_{Ai}(x))$ um número fuzzy intuicionista de avaliação agregada da alternativa A_i na matriz R , tomando como base a aplicação de Xu e Cai (2010) em um contexto intuicionista *fuzzy* em conjunto com a técnica ELECTRE III esse trabalho propõe como adaptação para as rotinas ELECTRE TRI expostas entre as equações (1) e (4), a seguinte aplicação :

$$g_j(a) \begin{cases} d_{IFN}(r(x), a^-) \text{ se } c_j \in C^+ \\ d_{IFN}(r(x), a^+) \text{ se } c_j \in C^- \end{cases} \quad (19)$$

Onde,

a^+ : Ponto ideal positivo (1,0,0)

a^- : Ponto ideal negativo (0,1,0)

C^+ : Conjunto de critérios relacionados a benefícios

C^- : Conjunto de critérios relacionados a custos

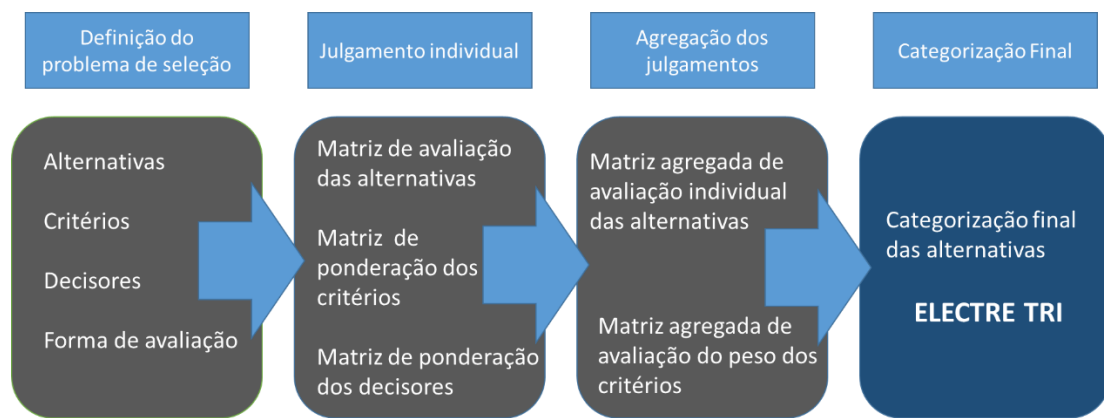
$g_j(b_h)$: Representa a fronteira b_h , para a categoria C , em relação ao critério j

$r(x)$: A avaliação agregada

3. EXPOSIÇÃO GERAL DO PROCESSO: APLICAÇÃO CONVENCIONAL E HÍBRIDA

Nessa seção apresenta-se a proposta de aplicação para a tomada de decisão em grupo. A primeira proposta utilizando linguagem *crisp*, e uma agregação de valores algébrica convencional, junto com os conceitos ELECTRE TRI. A segunda, representando uma abordagem híbrida, somando a fase de julgamento e de agregação das representações intuitionistic *fuzzy*. Em um contexto geral para as duas aplicações se tem o seguinte procedimento apresentado pela Figura 7 e detalhado a seguir:

Figura 7 - Conceito geral do processo de tomada de decisão.



Fonte: própria autoria.

Definição do problema de seleção: Para a primeira fase define-se inicialmente o conjunto de alternativas que serão avaliadas $A = (a_1, a_2, \dots, a_i)$, o número de critérios $C = (c_1, c_2, c_i \dots, c_j)$ e o número de decisores $D = (d_1, d_2, \dots, d_k)$ os quais serão os mesmos para as duas aplicações. Em relação a forma de avaliação surge a primeira diferenciação. A abordagem convencional utilizara linguagem *crisp*, ou seja, para os julgamentos será utilizada uma escala numérica simples. Já em relação a abordagem híbrida se utilizará termos linguísticos, que na sequência serão convertidos em IFN.

Julgamento Individual: Estabelecido o número de variáveis, procede-se a realização dos julgamentos. Nessa etapa o objetivo é gerar uma matriz individual, onde cada decisor avalia cada alternativa em relação a cada critério. Somado a isso devem ser geradas outras duas matrizes de avaliação individual do decisor. Uma que avalia os pesos de cada critério e outra que define o peso de cada decisor em relação a cada critério.

Agregação dos julgamentos: Nessa etapa o objetivo é agregar todas as informações, tendo como resultado final uma única matriz, que exponha o resultado do grupo. Para a abordagem convencional será utilizado um operador de agregação baseado na média ponderada convencional, como exposto pela equação 20 a seguir. A média ponderada convencional irá levar em conta as avaliações individuais de cada decisor e seus pesos.

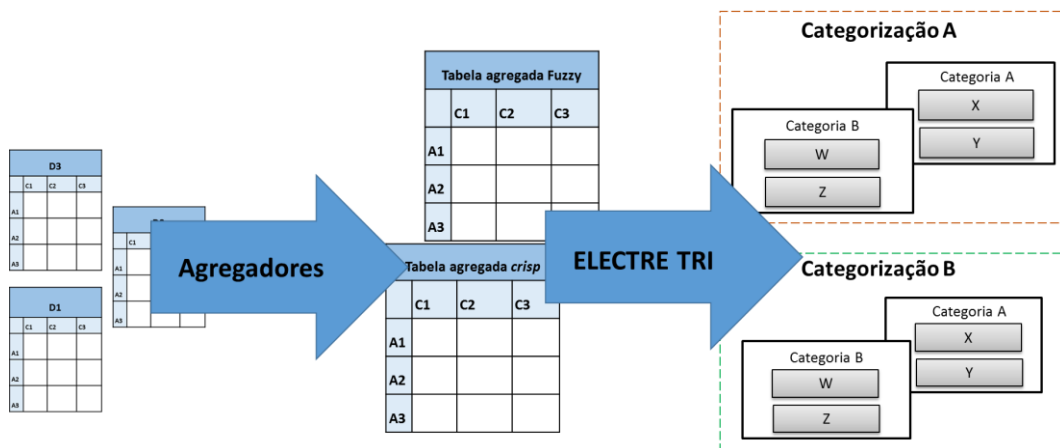
$$\sum_{D=1}^k (\lambda_k * r_{ij}'(x)) \quad (20)$$

Onde $R' = (r_{ij}')_{m \times n}$ representa os julgamentos de cada decisor em relação a alternativa i e ao critério j e $\lambda_k = \{\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_k\}$ é o peso relacionado a cada tomador de decisão em cada critério j , respeitando que $\sum_{k=1}^l \lambda_k = 1 \in [0, 1]$.

Para a abordagem híbrida (ELECTRE TRI com intuitionistic fuzzy) será utilizado o operador de agregação IFWA.

Categorização final: Com as matrizes agregadas definidas procedesse a execução do método ELECTRE TRI. Nessa fase o objetivo é qualificar as alternativas, para na sequência executar a comparação dos resultados, como exemplificado na Figura 8 a seguir. As alternativas melhor classificadas serão aquelas indicadas para serem selecionadas.

Figura 8- Processo Final Para Tratativa Dos Julgamentos.



Fonte: própria autoria.

4. CASO DE APLICAÇÃO

O caso de aplicação é um problema real da gestão de fornecedores de uma organização. A empresa é uma corporação mundial, com atuação no país a trinta anos, que está presente em diversas áreas de atuação, desde eletrônicos de consumo, soluções em dispositivos até comunicação móvel e TI. Os principais traços da empresa são alta tecnologia, qualidade e design em seus produtos, se firmando como uma empresa mundial não de bens de consumo, mas de tecnologia e inovação. Como pode se perceber ao se tratar de uma empresa de atuação mundial essa acaba desenvolvendo uma imensa cadeia de suprimentos, constituindo um conjunto de fluxos de bens, serviços, finanças e informações que se estende dentro de uma imensa cadeia integrada com diversos participantes, incluindo: fábrica, fornecedores e clientes finais.

Dentre as diversas modalidades de fornecedores existem os relacionados a serviços, como os de limpeza, consultoria ou mesmo manutenção, não sendo esses tratados com menor importância. Tanto os fornecedores diretamente relacionadas a cadeia produtiva da corporação quanto os relacionados a serviço são gerenciados de maneira similar, tendo como principal objetivo sempre verificar se o futuro fornecedor tem a capacidade de estar alinhado com as expectativas organizacionais, mantendo seu padrão de qualidade e de desempenho. Explicando, dessa forma, o papel estratégico da gestão de fornecedores para a corporação. Em um caso específico de seleção de um prestador de serviços para a instalação e manutenção de ar condicionados para a organização, essa pesquisa foi aplicada, buscando auxiliar o processo de tomada de decisão. Vale ressaltar que o objetivo não foi a seleção final, mas uma pré categorização afim de facilitar o processo de escolha.

O setor responsável pelo gerenciamento dos fornecedores é o setor de compras da empresa. Para todo o processo de seleção de um novo fornecedor os colaboradores buscam determinar as características essenciais, e diferencias necessárias para o fechamento de um contrato. Geralmente, para a escolha de prestadores de serviço, algumas características como anos de atuação no mercado e faturamento médio dos últimos três anos são levadas em conta. Após a definição das informações essenciais se realiza o processo de elaboração de um RFI (*Request for Information*), que deverá ser preenchido pelo futuro fornecedor, e ser anexado e enviado junto a uma apresentação corporativa. Essas informações serão então compartilhadas com o grupo de colaboradores responsáveis pelo projeto de seleção, podendo variar tanto entre membros do departamento de compras como também de áreas relacionadas com o futuro fornecedor, dependendo da finalidade do prestador de serviço. Nesse caso para a seleção de um

prestador de serviço de manutenção e instalação de ar condicionados todos são do departamento de compras, os quais de forma única e conjunta se reúnem para avaliar os candidatos.

De forma genérica, todos os processos de seleção de prestadores de serviço seguem o modelo de confecção de RFI, variando em sua estrutura em relação a questões específicas do mercado dos fornecedores em análise. Uma breve exposição do mercado de manutenção e instalação de ar condicionados no Brasil é exposta a seguir.

4.1 Características do mercado de manutenção e instalação de ar condicionado no Brasil

O mercado de ar condicionados está presente em diversos ambientes, tanto levando em conta consumidores residenciais, como industriais (BERGER, 2019). Segundo dados da ABRAVA (Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento) o segmento é responsável por gerar mais de 250 mil empregos diretos e 200 mil indiretos no Brasil, sendo o país um dos dez maiores mercados no mundo. O mercado de ar condicionados ao segmentar seus produtos para as organizações leva em conta o porte, a localização, o ramo de atividade e as características culturais da organização. Dessa forma pode se falar tanto em um sistema de refrigeração que necessita de casa de máquinas, devido a necessidade de atender grandes complexos, como shoppings e centro comerciais, quanto a outros, de menor complexidade, que são caracterizados por possuírem produtos idênticos aos adquiridos por um consumidor final, como órgãos públicos e ONGs (Organizações não Governamentais) por exemplo.

Em relação aos custos envolvidos na implementação de um sistema de condicionamento de ar, um fator que deve ser levado em conta está associado a manutenção do sistema. Devido a constante necessidade pela limpeza do sistema os custos associados a instalação acabam representando uma pequena parcela quando comparados aos de manutenção (BERGER, 2019). A constante necessidade de limpeza do sistema, está alinhada com a proposta nacional do PMOC (Plano de Manutenção, Operação e Controle). Em sua essência, segundo o ministério da saúde o PMOC tem como intenção garantir a qualidade do ambiente comum, preservando a saúde das pessoas, uma vez que ambientes fechados e sem uma circulação adequada de ar, acabam favorecendo a disseminação de doenças respiratórias.

4.2 Critérios para avaliação dos prestadores de serviço

Tomando como base a estrutura do RFI interno da empresa, para um contexto de seleção de um prestador de serviço para instalação e manutenção de ar condicionados como apresentado no **apêndice 1**, e as principais características do mercado, como exposto anteriormente, foi possível estabelecer os critérios que serão responsáveis em influenciar na seleção, como exposto no Quadro 2 a seguir.

Quadro 2- Critérios utilizados para avaliação dos fornecedores.

Critérios	Subcritérios	Descrição
Experiência de mercado	Principais Clientes	Busca avaliar quem são os principais clientes, identificando o reconhecimento de mercado pelo prestígio das empresas clientes
	Anos de atuação no mercado	Busca visualizar a consolidação da empresa frente aos anos de oferecimento do serviço
Qualidade	Conhecimento do PMOC	Buscar avaliação o grau de conhecimento da empresa frente as práticas do PMOC
	Certificação ISO 9001	Identificar a preocupação da empresa em garantir otimização de processos, maior agilidade na realização do serviço
	Garantia do serviço	Busca levantar o tempo de garantia em relação a execução do serviço
Capacidade de atendimento ao serviço	Faturamento total da empresa frente ao valor do projeto	Busca levantar o risco em relação ao não atendimento do serviço
	Percentual do maior cliente frente ao faturamento total	Busca levantar o risco em relação ao não atendimento do serviço

Fonte: própria autoria.

4.3 Procedimento para coleta dos dados e termos linguísticos

O procedimento de coleta de dados foi realizado por meio de entrevistas com os tomadores de decisão $D = (d_1, d_2, d_3)$. As entrevistas tinham como objetivo levantar a opinião dos julgadores segundo as duas linguagens propostas. Para o processo 5 fornecedores foram avaliados $A = (a_1, a_2, \dots, a_5)$, seguindo o seguinte processo:

A avaliação do peso dos tomadores de decisão: Em um primeiro momento, em relação aos tomadores de decisão, foi estabelecido o peso para cada um, em relação a cada critério. Essa ponderação foi determinada por meio de um consenso entre eles que avaliou o cargo de cada um na empresa. O peso definido será o mesmo para as duas aplicações reduzindo as variáveis em relação a linguagem para as avaliações de pesos dos critérios e do desempenho das alternativas em si. A soma dos pesos deve ser igual a 1.

Tabela 2 – Peso dos decisores em relação ao julgamento de cada critério.

Decisores	Peso para cada critério		
	Experiência de mercado	Qualidade	Capacidade atend. serviço
Gerente Senior (d1)	0,5	0,4	0,4
Gerente junior (d2)	0,3	0,3	0,3
Analista sênior (d3)	0,2	0,3	0,3

Fonte: própria autoria.

A avaliação da importância dos critérios: A avaliação do peso dos critérios foi realizada por cada tomador de decisão com base nos termos linguísticos presentes no Quadro 3 e na escala numérica presente na Figura 9 apresentados a seguir.

Quadro 3 – Termos linguísticos para avaliar a importância dos critérios.

Termos linguísticos	Abreviação utilizada
Muito importante	(MI)
Importante	(I)
Médio	(M)
Pouco Importante	(PI)
Sem importância	(SI)

Fonte: própria autoria.

Para a escala numérica os decisores podem escolher os valores inteiros entre 0 e 10, sendo 0 sem importância e 10 muito importante.

Figura 9 – Escala numérica para avaliar a importância dos critérios.



Fonte: própria autoria.

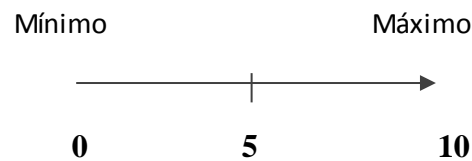
A avaliação do desempenho dos fornecedores: A avaliação de cada fornecedor, segundo cada critério, por cada tomador de decisão, baseou-se em um termo linguístico do Quadro 4 e na escala numérica presente na Figura 10, expostos a seguir.

Quadro 4 – Termos linguísticos para avaliar o desempenho das alternativas.

Termos linguísticos	Abreviação utilizada
Extremamente alto	(EA)
Muito Alto	(MA)
Alto	(A)
Intermediário	(IT)
Baixo	(B)
Muito Baixo	(MB)
Extremamente Baixo	(EB)

Fonte: própria autoria.

Figura 10 – Escala numérica para avaliar o desempenho das alternativas.



Fonte: própria autoria.

Para a escala numérica os decisores podem escolher os valores inteiros entre 0 e 10, sendo 0 um desempenho mínimo e 10 o desempenho máximo.

Definição dos parâmetros de entrada ELECTRE TRI: Em relação a aplicação da técnica ELECTRE TRI, como descrito no capítulo 4.2 é necessário inicialmente definir-se alguns parâmetros iniciais. Dessa forma, foram definidas três categorias, sendo elas CT_1 : Forte indicação, CT_2 : Média Indicação, e CT_3 : baixa indicação. Tanto o perfil dessas categorias b_1 e b_2 como os limiares de preferência, indiferença e o veto estão expostos para as duas aplicações na Tabela 3 abaixo. Esses parâmetros foram definidos com base da amostragem dos resultados, tentando definir, para o intervalo de análise valores adequados e satisfatórios para as três categorias.

Tabela 3 – Parâmetros de entrada para o ELECTRE TRI.

	C_1 : Exp. Mer.	C_2 : Qualid.	C_3 : Cap. Atend. Serv.
b1	0.85	0.8	0.75
b2	0.7	0.6	0.6
p	0.05	0.05	0.05
q	0.02	0.03	0.03
v	0.1	0.1	0.2

Fonte: Própria autoria.

4.4 Resultados das aplicações

O objetivo desse capítulo é apresentar os resultados para as duas aplicações de forma separada. A primeira levando em conta a linguagem numérica convencional em conjunto com a técnica ELECTRE TRI, e a segunda a aplicação da técnica ELECTRE TRI com a linguagem intuicionista *fuzzy*. Ambas rotinas foram desenvolvidas utilizando o software EXCEL®.

4.4.1 Exposição da aplicação ELECTRE TRI- linguagem numérica

Em um contexto geral os decisores foram expostos a linguagem de avaliação, tanto para os critérios quanto para as alternativas. As Tabela 4 e Tabela 5 a seguir exibem as avaliações de cada decisor segundo as escalas numéricas expostas pelas Figuras 9 e Figuras 10.

Tabela 4 – Avaliação dos pesos dos critérios segundo os decisores-Linguagem Numérica.

Critérios	D1	D2	D3
Experiência de mercado	8.0	7.0	6.0
Qualidade	8.0	8.0	10.0
Capacidade de atend. Serv.	5.0	5.0	7.0

Fonte: Própria autoria.

Tabela 5 – Avaliação dos fornecedores em relação a cada critério-Linguagem numérica.

Crítérios	A.	D1	D2	D3
Experiência de mercado (C1)	A1	9	4	6
	A2	8	7	9
	A3	3	10	8
	A4	8	7	10
	A5	4	7	5
Qualidade (C2)	A1	4	10	8
	A2	8	8	6
	A3	8	6	10
	A4	9	10	8
	A5	5	9	8
Capacidade de atend. Serv. C3)	A1	5	8	8
	A2	4	5	7
	A3	7	10	9
	A4	9	9	9
	A5	7	10	10

Fonte: própria autoria.

Com as avaliações dos decisores em relação ao peso dos critérios, e ao desempenho das alternativas consolidadas pelas Tabela 4 e Tabela 5 a fase seguinte foi a agregação desses julgamentos. A agregação dos julgamentos relacionados a escala numérica convencional leva em conta a aplicação da equação (20), associando aos julgamentos os pesos de cada decisor, como representado pelo Quadro 2. O resultado das agregações é exposto a seguir pelas Tabela 6 e Tabela 7.

Tabela 6 – Resultado agregado do desempenho das alternativas-Linguagem numérica.

	Experiência de mercado (C1)	Qualidade (C2)	Capacidade de atend. Serv. (C3)
A1	6.90	7.00	6.80
A2	7.90	7.40	5.20
A3	6.10	8.00	8.50
A4	8.10	9.00	9.00
A5	5.10	7.10	8.80

Fonte: própria autoria.

Tabela 7– Resultado agregado dos pesos dos critérios-Linguagem numérica.

Critérios	Wj
Experiência de mercado	7.30
Qualidade	8.60
Capacidade de atend. Serv.	5.60

Fonte: própria autoria.

Com o resultado das avaliações consolidados pelas Tabela 6 e Tabela 7 se parte para o processo de aplicação da técnica ELECTRE TRI. Os parâmetros iniciais da técnica são definidos pela Tabela 3. A fase subsequente é a construção das relações dos índices de concordância parciais, índice compreensivo de concordância, índices de discordância parciais, e índice de credibilidade pela aplicação das equações de 1 a 4. Com os índices definidos, estabelece as relações de preferência, como representado pela Figura 5. O Quadro 5 a seguir expõe as relações obtidas.

Quadro 5-Relações de preferência-Linguagem numérica.

	b1	b2
A1	bhSa	aSbh
A2	bhSa	aRbh
A3	aRbh	ARbh
A4	aRbh	aSbh
A5	aRbh	aRbh

Fonte: própria autoria.

Estabelecidas as relações de preferência entre as alternativas e as fronteiras das categorias, se pode enfim categorizar as alternativas. A categorização é desenvolvida pelo método pessimista e otimista, como representado no tópico 2.3.2. Para as duas aplicações as alternativas se mantiveram nas mesmas categorias. O Quadro 6 expõe o resultado obtido.

Quadro 6 – Resultado da categorização- Linguagem numérica.

	Forte indicação	Média Indicação	Baixa Indicação
A1		X	
A2			X
A3			X
A4		X	
A5			X

Fonte: própria autoria.

4.4.2 Exposição da aplicação intuicionista-ELECTRE TRI

Para a aplicação Intuicionista-ELECTRE TRI, inicialmente, após o processo de coleta da avaliação dos decisores, segundo a linguagem representada pelo Quadro 3 e Quadro 4, executa-se o processo de conversão dos termos linguísticos em números fuzzy intuicionista. A conversão dos termos linguísticos baseou-se na Tabela 8 e Tabela 9. Essa parametrização tomou como base aplicações desenvolvidas por Boran (2009).

Tabela 8 – Números fuzzy intuicionistas para a avaliação dos critérios.

Termos Linguísticos	<i>Números fuzzy intuicionistas</i>	
	μ_{σ}	ϑ_{σ}
muito importante	0.90	0.05
importante	0.75	0.20
médio	0.50	0.45
pouco importante	0.35	0.60
sem importancia	0.10	0.90

Fonte: própria autoria.

Tabela 9 – Números fuzzy intuicionistas para a avaliação das avaliações.

Termos Linguísticos	<i>Números fuzzy intuicionistas</i>	
	μ_{σ}	ϑ_{σ}
Extremamente alto	1.00	0.00
Muito alto	0.83	0.10
alto	0.67	0.25
intermediários	0.50	0.40
Baixo	0.33	0.60
Muito Baixo	0.17	0.70
Extremamente baixo	0.00	0.85

Fonte: própria autoria.

A Tabela 10 e Tabela 11 exibem os valores de pertencimento (μ_a), e não pertencimento (ϑ_a) para as avaliações de cada critério e alternativa.

Tabela 10 – Avaliação dos pesos dos critérios - Linguagem Intuicionista.

Critérios	D1			D2			D3		
	av	u	v	av	u	v	av	u	v
Experiência de mercado	I	0.75	0.2	I	0.75	0.2	M	0.5	0.45
Qualidade	I	0.75	0.2	I	0.75	0.2	MI	0.9	0.05
Capacidade de atend. Serv.	M	0.5	0.45	M	0.5	0.45	I	0.75	0.2

Fonte: própria autoria.

Tabela 11 – Avaliação do desempenho das alternativas - Linguagem Intuicionista.

Critérios	A.	D1			D2			D3		
		av	u	v	av	u	v	av	u	v
Experiência de Mercado	A1	MA	0.83	0.10	MB	0.17	0.70	IT	0.50	0.40
	A2	A	0.67	0.25	IT	0.50	0.40	MA	0.83	0.10
	A3	MB	0.17	0.70	EA	1.00	0.00	A	0.67	0.25
	A4	A	0.67	0.25	IT	0.50	0.40	EA	1.00	0.00
	A5	MB	0.17	0.70	IT	0.50	0.40	B	0.33	0.60
Qualidade	A1	MB	0.17	0.70	EA	1.00	0.00	A	0.67	0.25
	A2	A	0.67	0.25	A	0.67	0.25	IT	0.50	0.40
	A3	A	0.67	0.25	IT	0.50	0.40	EA	1.00	0.00
	A4	MA	0.83	0.10	MA	0.83	0.10	A	0.67	0.25
	A5	B	0.33	0.60	MA	0.83	0.10	A	0.67	0.25
Capacidade de Atend. Ser.	A1	B	0.33	0.60	A	0.67	0.25	A	0.67	0.25
	A2	MB	0.17	0.70	B	0.33	0.60	IT	0.50	0.40
	A3	IT	0.50	0.40	EA	1.00	0.00	MA	0.83	0.10
	A4	MA	0.83	0.10	MA	0.83	0.10	MA	0.83	0.10
	A5	IT	0.50	0.40	EA	1.00	0.00	EA	1.00	0.00

Fonte: própria autoria.

Em seguida o operador de agregação IFWA é aplicado com objetivo de converter todas as avaliações dos decisores, em relação ao peso dos critérios, e ao desempenho das alternativas em duas matrizes, como representado pelas Tabela 12 e Tabela 13. O desenvolvimento dessa agregação aplicou a equação 18. O peso de cada tomador de decisão está exposto na Tabela 2.

Tabela 12– Resultado agregado do peso dos critérios - Linguagem Intuicionista.

Matriz de agregação dos critérios			
	u	v	PI
Experiência de Merc. (X1)	0.71	0.24	0.05
Qualidade (X2)	0.79	0.13	0.08
Capacidade de Atend. Serv. (X3)	0.56	0.35	0.08

Fonte: própria autoria.

Tabela 13– Resultado agregado do desempenho das alternativas - Linguagem Intuicionista.

Matriz de agregação dos Ds									
	c1			c2			c3		
	u	v	pi	u	v	pi	u	v	pi
A1	0.66	0.24	0.10	1.00	0.00	0.00	0.53	0.39	0.08
A2	0.67	0.24	0.09	0.64	0.27	0.09	0.30	0.60	0.11
A3	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
A4	1.00	0.00	0.00	0.81	0.12	0.07	0.83	0.10	0.07
A5	0.32	0.57	0.11	0.62	0.29	0.09	1.00	0.00	0.00

Fonte: própria autoria.

Com o resultado das avaliações já consolidados pelas Tabela 12 e Tabela 13 se inicia o processo de aplicação da técnica ELECTRE TRI. Os parâmetros iniciais da técnica são definidos pela Tabela 3. A fase subsequente é a construção das relações dos índices de concordância parciais, índice compreensivo de concordância, índices de discordância parciais, e índice de credibilidade pela aplicação das equações de 1 a 4, mas dessa vez com adaptação inicial pela aplicação das equações 13 e 19, que permitem com que os números intuicionistas fossem inseridos na técnica ELECTRE TRI. Com os índices definidos, estabelece as relações de preferência, como representado pela Figura 5. O resultado das relações é apresentado pelo Quadro 7.

Quadro 7– Relações de preferência-Linguagem Intuicionista.

	b1	b2
A1	aSbh	aSbh
A2	bhSa	aRbh
A3	aSbh	ASbh
A4	aSbh	aSbh
A5	aRbh	aRbh

Fonte: própria autoria.

Estabelecidas as relações de preferência entre as alternativas e as fronteiras das categorias, se pode então categorizar as alternativas. A categorização é desenvolvida pela aplicação do método pessimista e otimista, como representado no tópico 2.3.2. Para as duas aplicações as alternativas se mantiveram nas mesmas categorias. O Quadro 8– **Resultado da categorização- Linguagem Fuzzy**. expõe o resultado obtido.

Quadro 8– Resultado da categorização- Linguagem Fuzzy.

	Forte indicação	Média Indicação	Baixa Indicação
A1	X		
A2			X
A3	X		
A4	X		
A5			X

Fonte: própria autoria.

5. ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE ELECTRE TRI E INTUICIONISTA ELECTRE TRI

O objetivo desse capítulo está relacionado a análise de discrepante entre o processo de categorização híbrida intuitionistic fuzzy-ELECTRE, em relação a sua aplicação convencional. A discrepância das técnicas foi avaliada segundo a categorização final proposta, aos parâmetros de entrada e suas influências no processo, adequação a tomada de decisão em grupo e tratamento das incertezas de linguagem.

Em uma análise geral, considerando que as alternativas sugeridas seriam aquelas que fossem classificadas na melhor categoria, as aplicações apresentaram baixa variação no resultado. A grande variação está relacionada ao grau de exposição dessas alternativas. Enquanto a abordagem de linguagem numérica expôs as alternativas A1 e A4 como as melhores indicações, mas as classificando com uma média indicação, a abordagem de linguagem intuicionista também as classificou como as melhores indicações, mas dessa vez, as categorizou com uma forte indicação.

Figura 11– Comparação entre as duas categorizações.

	Forte indicação	Média Indicação	Baixa Indicação
A1	(X) ← X	X	
A2			(X)
A3	(X) ← X		X
A4	(X) ← X	X	
A5			(X)

X: Categorização linguagem numérica
 (X): Categorização linguagem Intuicionista

Mesma categoria

Fonte: própria autoria.

A maior variação em relação a categorização ficou relacionado a categoria da alternativa A3, que passou de uma categoria de baixa indicação para de forte indicação, enquanto as outras duas opções, A2 e A5, mantiveram suas categorizações em baixa indicação. Em um contexto de sugestão dos possíveis melhores fornecedores as alternativas A1 e A4 seriam sugeridas nas duas aplicações, já que alcançaram a melhor categoria nas duas aplicações, enquanto a alternativa A3 somente seria sugerida na aplicação intuicionista. Dessa forma, a grande

divergência dos resultados fica a cargo da alternativa A3, já que as demais, mesmo variando ou não suas categorias, mantiveram suas posições de fornecedor indicado ou não.

Em relação a influência dos parâmetros como os limites superiores e inferiores das categorias, níveis de preferência, indiferença, veto e nível de corte esses devem ser muito bem estudados e definidos com os interessados do processo de categorização devido a influência que ele tem na construção dos resultados. A modificação mesmo que mínima desses fatores pode transformar alternativas que até então poderiam ser assinaladas como incompatíveis com o processo de categorização, como sugere a **Figura 6- Exemplo de uma função de pertinência triangular**, em alternativas que podem ser categorizadas no grupo de maior prestígio. Em relação a essa sensibilidade dos processos vale o destaque para definição do nível de corte (λ), uma vez que a escolha de $\lambda = 1$, garante que as alternativas só sejam classificadas nas categorias CT_h se suas avaliações $g_j(a)$ forem maiores ou iguais aos níveis de fronteira $g_j(b_h)$ de cada critério (MOUSSEAU; SLOWINSKI; ZIELNIEWICZ, 2000).

Ainda relacionado a definição dos parâmetros visualiza que esses têm grande influência com as relações de preferência obtidas entre as alternativas e as fronteiras das categorias. Com os parâmetros utilizados nesse trabalho as relações otimista e pessimista acabaram não apresentando diferença final em suas categorizações, demonstrando um resultado que não apresentou relações de Indiferença (I) entre fronteiras e alternativas, somente relações de incomparabilidade (R); preferência ($>$) e indiferença ($<$) conforme apresentado no Quadro 8. Durante a fase de aplicação foram realizadas algumas variações em relações aos índices p , q e v além de λ , demonstrando, como já sugerido por outras pesquisas (MOUSSEAU; SLOWINSKI; ZIELNIEWICZ, 2000) que mesmo que mínimas variações nos parâmetros de entrada as alternativas acabam sofrendo alterações em suas categorizações.

Em relação a tomada de decisão em grupo as abordagens demonstraram poderem ser aplicadas nesse contexto, já que para ambas aplicações foi possível, mesmo que recorrendo a agregadores de avaliação diferentes e processos de manipulação numérica diferentes, a consolidação dos julgamentos em uma única matriz agregada servindo de *input* inicial para a aplicação da técnica de categorização. A análise de viabilidade em relação ao contexto de tomada de decisão em grupo se estende tanto aos aspectos de agregação dos julgamentos dos decisores relacionados aos desempenhos das alternativas, quanto também aos pesos dos critérios.

Em relação a complexidade matemática da aplicação que utilizou linguagem intuicionista *fuzzy* mesmo essa utilizando o agregador de julgamento IFWA, e conceitos específicos de operações com números *fuzzy*, essa, após compreensão das rotinas e desenvolvimento, não apresentou muito mais dificuldades para ser implementada e aplicada do que a abordagem numérica que recorreu a uma agregação ponderada normal. Dessa forma, no contexto de complexidade computacional se pode dizer que as duas aplicações não apresentaram grandes dificuldades para serem implementadas e desenvolvidas no ambiente de EXCEL®. Valendo o destaque de que essa análise vale para essa problemática específica, de um pequeno número de alternativas, critérios e tomadores de decisão já que se visualiza um grau de complexidade distinto em um problema de categorização com mais fatores.

6. CONCLUSÃO

O desenvolvimento desse trabalho foi no âmbito da gestão de fornecedores, aplicando a técnica ELECTRE TRI em dois contextos de decisão em grupo, sendo o primeiro: associado a linguagem matemática convencional; e no segundo momento uma linguagem intuicionista fuzzy. Com a extrema competitividade vivenciada pelas empresas, a construção e gerenciamento de uma cadeia de fornecedores virou uma atividade essencial relacionada ao sucesso. Dessa forma, ferramentas que auxiliam esse processo tornam-se cada vez mais necessárias.

Nesse contexto, esse trabalho buscou por meio de um levantamento bibliográfico identificar as principais técnicas de sobreclassificação presentes no campo de gestão de fornecedores, identificando a representatividade da família de técnicas ELECTRE e da utilização de representação de informações como a intuicionista *fuzzy*; estudou, adaptou e implementou as rotinas para a técnica em conjunto com a linguagem intuicionista em um ambiente EXCEL© visando permitir uma aplicação em um case real de auxílio ao processo de seleção de fornecedores por meio da categorização de possíveis fornecedores em grupos de forte indicação, média e fraca, comparando os resultados com uma aplicação de linguagem matemática convencional. Com os resultados obtidos foi possível notar uma similaridade entre os resultados, ou seja, as sugestões dos melhores fornecedores entre o conjunto de alternativas. A grande variação ficou relacionada ao grau de indicação dessas alternativas indicadas, uma vez que para a aplicação de linguagem aritmética normal as melhores alternativas ficaram restritas a categoria de média indicação, e já na aplicação da linguagem intuicionista *fuzzy* puderam alcançar a categoria de maior prestígio (forte indicação). Essa grande variação obtida no grau de indicação das alternativas, e não no grupo de indicados mostra a grande relação do processo com a tratativa de incerteza de cada linguagem. Como o processo foi desenvolvido em um cenário de critérios qualitativos e de não domínio total dos assuntos referentes ao campo de atuação das alternativas perante os julgadores as avaliações intuicionistas, por apresentarem em sua melhor tratativa as incertezas de julgamento podem ter apresentado uma categorização mais real. Enquanto isso, como a abordagem aritmética convencional não tem essa característica associada a tratativa da subjetividade do julgamento, pode ter refletido tal característica em um resultado mais conservador.

Dessa forma, em uma problemática da gestão de fornecedores, relacionada ao processo de auxílio a seleção, em que os decisores não tem tanta experiência com o segmento de atuação dos fornecedores em questão, em uma avaliação principal de critérios qualitativos se pode dizer em viabilidade de utilização da técnica ELECTRE TRI em conjunto com a linguagem intuicionista.

6.1 Limitações da pesquisa

A seguir se expõe algumas limitações do trabalho:

- Apesar da aplicação conter apoio da empresa em questão o modelo não recebeu validação;
- Todas as comparações realizadas e consequentemente as análises foram desenvolvidas segundo parâmetros iniciais de quantidade de fornecedores e critérios, não se realizando alteração desses valores iniciais para identificar variações;
- Para a representação fuzzy intuicionista só foi utilizada a escala de valores em questão, não sendo testadas ou discutidas com os decisores outras formas de representação.

6.2 Sugestão de trabalhos futuros

Com o desenvolvimento desse trabalho de conclusão de curso foi possível levantar algumas sugestões de abordagens para trabalhos futuros como:

- Identificação do comportamento dos resultados em relação a modificação das parametrizações para a linguagem intuicionista *fuzzy*.
- Identificação do comportamento do método frente a uma aplicação com um número maior de fornecedores e critérios.

REFERÊNCIAS

- ACHILLAS, Ch. et al. Identifying the optimal strategy for suppliers involvement in product design: a case study. **Agricultural Engineering International: CIGR journal**, p.30-41, May 2014. Special Issue.
- ALMEIDA, A.T. **Processo de decisão nas organizações**: construindo modelos de decisão multicritério. São Paulo: Atlas, 2013a.
- ALMEIDA, A.T. Additive-veto models for choice and ranking multicriteria decision problems. **Asia-Pacific Journal of Operation Research**, v.30, n.6, 2013b. DOI: 10.1142/S0217595913500267.
- ALMEIDA, A.T. A Multicriteria decision model for collaborative partnerships in supplier strategic management. **Journal of Advanced Manufacturing Systems**, v.15, n.3, p.101-131, 2016.
- ALMEIDA, A.T. et al. **Decisão em grupo e negociação**: métodos e aplicações. São Paulo: Atlas, 2012.
- ARAUJO, J.J.; AMARAL, T.M. Aplicação do método ELECTRE I para problemas de seleção envolvendo projetos de desenvolvimento de software livre. **GEPROS: gestão da produção, operações e sistemas**, Bauru, ano 11, n.2, p.121-137, 2016.
- ARAZ, C.; OZFIRAT, P.M.; OZKARAHAN, I. An Integrated multicriteria decision-making methodology for outsourcing management. **Computers & Operations Research**, v.34, n.12, p.3738-3756, Dec. 2007.
- ATANASSOV, K. Intuitionistic Fuzzy Sets. **Fuzzy sets and Systems**, v.20, n. 1, .87-6, 1896
- ATANASSOV, K. T.; GARGOV, G. Interval-valued intuitionistic fuzzy sets. **Fuzzy Sets and Systems**, v. 64, n. 2,. 115-174, 1994.

BEHZADIAN, M. et al. PROMETHEE: a comprehensive literature review on methodologies and applications. **European Journal of Operational Research**, v.200, n.1, p.195-215, Jan. 2010.

BEN-ARIEH, D.; EASTON, T. Multi-criteria group consensus under linear cost opinion elasticity. **Decision Support Systems**, v.43, n.3, p.713–721, Apr. 2007.

BERGER, E. **Pesquisa de mercado: setor de ar condicionado**. 2016. Disponível em:<<https://administradores.com.br/artigos/pesquisa-de-mercado-setor-de-refrigeracao-de-ar>>. Acesso em: 24 abr. 2019.

BOER, L.; LABRO, E.; MORLACCHI, P. A Review of methods supporting supplier selection. **European Journal of Purchasing and Supply Management**, v.7, n.2, p.75-89, June 2001.

BOER, L.; WEGAN, L.V.; TELGEN, J. Outranking methods in support of supplier selection. **European Journal of Purchasing & Supply Management**, v.4, n.2/3, p.109-118, June 1998.

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

BORNSTEIN, G.; YANIV, I. Individual and Group Behavior in the Ultimatum Game: Are Groups More “ Rational ” Players? **Experimental Economics**, v. 1, p. 101–108, 1998.

BRANS, J.P. Lingenierie de la decision. Elaboration dinstruments daide a la decision. Methode PROMETHEE. In: NADEAU, R.; LANDRY, M. (Ed.). **L’aide à lá decision: nature, instruments et perspectives d’avenir**. Québec: Presses de Universite Laval, 1982. p.183–214.

CERTA, A. et al. ELECTRE TRI-based aproch to the failure modes classification on the basis of risk parameters: an alternative to the risk priority number. **Computers and Industrial Engineering**, v.108, p.100-110, June 2017.

CHAI, J.; LIU, J.N.K.; NGAI, E.W.T. Application of decision-making techniques in supplier selection: a systematic review of literature. **Expert Systems with Publications**, v. 40, n. 10,

p. 3872–3885, 2013.

CHAIN, J.; LIU, J.N.K. A New rule-based sir approach to supplier selection under intuitionistic fuzzy environments. **International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems**, v.3, n.2, 2012. DOI: <https://www.doi.org/10.1142/S0218488512500237>.

CHEN, T.Y. An ELECTRE-based outranking method for multiple criteria group decision making using interval type-2 fuzzy sets. **Information Sciences**, v.263, p.1-21, Apr. 2014.

CHEN, T.Y. IVIF-PROMETHEE outranking methods for multiple criteria decision analysis based on interval-valued intuitionistic fuzzy sets. **Fuzzy Optimization and Decision Making**, v.14, n.2, p.173-198, June 2015.

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

CONFORTO, E.C.; AMARAL, D.C.; SILVA, S.L. **Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 8., 2011, Porto Alegre. Anais... [S.l.]: IGDP, 2011.

CORCOLL-SPINA, C. DE O. **Lógica fuzzy: reflexões que contribuem para a questão da subjetividade na construção do conhecimento matemático**. [s.l.] University of São Paulo, 2010.

DAHER, S.F.; ALMEIDA, A.T. The Use of ranking veto concept to mitigate the compensatory effects of additive aggregation in group decisions on a water utility automation investment. **Group Decision on Negotiation**, v.21, p.185-204, 2011.

DEGRAEVE, Z.; LABRO, E.; ROODHOOFT, F. An Evaluation of vendor selection models from a total cost of ownership perspective. **European Journal of Operation Research**, v.125, n.1, p.34-58, Aug. 2000.

DEVI, K.; YADAV, S.P. A Multicriteria intuitionistic fuzzy group decision making for plant

location selection with ELECTRE method. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v.66, n.9/12, p.1219-1229, June 2013.

DULMIN, R.; MININNO, V. Supplier selection using a multi-criteria decision aid method. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v.9, n.4, p.177-187, July 2003.

ESPINILLAA, M.; HALOUANIB, N.; CHABCHOUBB, H. Pure linguistic PROMETHEE I and II methods for heterogeneous MCGDM problems. **International Journal of Computational Intelligence Systems**, v.8, n.2, p.250-264, 2015.

FAHMI, A.; KAHRAMAN, C.; BILEN, U. ELECTRE I method using hesitant linguistic term sets: an application to supplier selection. **International Journal of Computational Intelligence Systems**, v.9 n.1, p.153-167, Jan. 2016.

FENG, B.; FAN, Z. P.; MA, J. A method for partner selection of codevelopment alliances using individual and collaborative utilities. *International Journal of Production Economics*, v. 124, n. , p. 159-170, 2010

FENG; FAN; MA.

FIGUEIRA, J.R.; GRECO, S.; EHRGOTT, M. **Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys**. New York: Springer, 2005.

FIGUEIRA, J.; GRECO, S.; EHRGOTT, M. **Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys**. 2nded. New York: Springer, 2016.

FIGUEIRA, J.R.; MOUSSEAU, V.; ROY, B. ELECTRE methods. In: FIGUEIRA, J.; GRECO, S.; EHRGOTT, M. **Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys**. 2nded. New York: Springer, 2005. p.155-185

FIGUEIRA, J.; GRECO, S.; EHRGOTT, M; ROY, B. **Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys**. 2. ed. [s.l.] Springer, 2005. v. 78

GIRUBHA, J.; VINODH, S. VIMAL, K. Application of interpretative structural modelling integrated multi criteria decision making methods for sustainable supplier selection. **Journal**

of **Modelling in Management**, v.11, n.2, p.358-388, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1108/JM2-02-2014-0012>.

GITINAVARD, H.; MOUSAVIB, M.; VAHDANIC, B. A Balancing and ranking method based on hesitant fuzzy sets for solving decision-making problems under uncertainty. **International Journal of Engineering**, v.28, n.2, p.214-233, Feb. 2015.

GITINAVARD, H. et al. A distance-based decision model in interval-valued hesitant fuzzy setting for industrial selection problems. **Scientia Iranica. Transaction E, Industrial Engineering**, v. 23, n. 4, p. 1928, 2016.

GRZEGORZEWSKI, Przemysław. Distances between intuitionistic fuzzy sets and/or interval-valued fuzzy sets based on the Hausdorff metric. **Fuzzy sets and systems**, v. 148, n. 2, p. 319-328, 2004.

GUARNIERI, P. et al. A Multicriteria decision model to support the selection of suppliers of motor repair services. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v.84, n.1/4, p.523-532, Apr. 2016.

HANSS, Michael. Applied fuzzy arithmetic. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2005.

HATAMI-MARBINI, Adel; EMROUZNEJAD, Ali; TAVANA, Madjid. A taxonomy and review of the fuzzy data envelopment analysis literature: two decades in the making. **European journal of operational research**, v. 214, n. 3, p. 457-472, 2011.

HO, William; XU, Xiaowei; DEY, Prasanta 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.

HONG, Dug Hun; CHOI, Chang-Hwan. Multicriteria fuzzy decision-making problems based on vague set theory. **Fuzzy sets and systems**, v. 114, n. 1, p. 103-113, 2000.

HSIEH, C.S.; HUNG, J.H. Integration agent negotiation and data global consistency forms automatic and none bullwhip effect supply chain. **WSEAS Transactions on Information Science and Applications**, v.6, n.6, p.1037-1050, June 2009.

HUANG, M.; CUI, Y.; YANG S.; WANG X. Fourth party logistics routing problem with fuzzy duration time. *International Journal of Production Economics*, v. 145 p. 107–116, 2013.

ISHIZAKA, A.; NEMERY, P. **Multi-criteria decision analysis: methods and software**. New York: John Wiley, 2013.

KEENEY, R.L.; RAIFFA, H. Decision with multiple objectives: preferences and value trade-offs. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, v.9, n.7, p.403, July 1979.

LAMBERT, D.M.; COOPER, M.C. Issues in supply chain management. **Industrial Marketing Management**, v.29, n.1, p.65-83, Jan. 2000.

LIANG, G.; WANG, M. A Fuzzy multi-criteria decision-making method for facility site selection. **International Journal of Production Research**, v.29, n.11, p.2313-2330, 1991.

LIMA, M.A.X.; CLEMENTE, T.R.N.; ALMEIDA, A.T. Priorization for allocation of voltage regulators in electricity distribution systems by using a multicriteria approach based on additive-veto model. **Electrical Power and Energy Systems**, v.77, p.1-8, 2016.

LIMA JUNIOR, F.R.; CARPINETTI, L.C.R. A Multicriteria approach based on fuzzy QFD for choosing criteria for supplier selection. **Computers & Industrial Engineering**, v.101, p.269-285, Nov. 2016.

LIMA JUNIOR, F.R.; OSIRO, L.; CARPINETTI, L.C.R. Métodos de decisão multicritério para seleção de fornecedores: um panorama do estado da arte. **Gestão & Produção**, v.20, p.781-801, 2013a.

LIMA JUNIOR, F.R.; OSIRO, L.; CARPINETTI, L.C.R. A Fuzzy inference and categorization approach for supplier selection using compensatory and non-compensatory decision rules. **Applied Soft Computing**, v.13, p.4133-4147, 2013b.

LIMA JUNIOR, F.R.; OSIRO, L.; CARPINETTI, L.C.R. A Comparison between fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods to supplier selection. **Applied Soft Computing**, v.21, p.194–209, 2014.

LIU, P.; ZHANG, X. Research on the supplier selection of supplychain based on entropy weight and improved ELECTRE-III method. **International Journal of Production Research**, v.49, n.3, p.637-646, 2011. DOI: 0.1080/00207540903490171.

LIU, Y.; FAN, Z.P; ZHANG, X. A Method for large group decision-making based on evaluation information provided by participators from multiple groups. **Information Fusion**, v.29, p.132-141, 2016.

MAHMOUDI, A.; SAI-NEZHAD, S.; MAKUI, A. Ahybrid fuzzy- intelligent system for group multi-attribute decision making. **International Journal of Fuzzy Systems**, v.18, p.1117-1130, 2016.

MOUSSEAU, V.; SLOWINSKI, R.; ZIELNIEWICZ, P. A User-oriented implementation of the ELECTRE-TRI method integrating preference elicitation support. **Computers and Operations Research**, v.27, n.7–8, p.757–777, 2000.

PEDRYCZ, W.; GOMIDE, F. **Fuzzy Systems Engineering: Toward Human-Centric Computing**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2007.

RAY, T.; TRIANTAPHYLLOU, E. Evaluation of rankings with regard to the possible Number of agreements and conflicts. **European Journal of Operation Research**, v.106, p.129–136, 1998.

REZAEI, J.; ORTT, R. Multi-criteria supplier segmentation using a fuzzy preference relations based AHP. **European Journal of Operation Research**, v.225, p.75-84, 2012.

ROY, B. ELECTRE III: un algorithme de classement fondé sur une représentation floue des préférences en présence de critères multiples. **Cahiers du CERO**, v.20, n.1, p.3-24, 1978.

ROY, B.; SŁOWIŃSKI, R. Questions guiding the choice of a multicriteria decision aiding method. **Euro Journal on Decision Processes**, v.1, n.1, p.69–97, 2013.

SABIO, P.; JIMENEZ-MARTIN, A.; MATEOS, A. Veto values within MAUT for group decision making on the basis of dominance measuring methods with fuzzy weights. **Outlooks and Insights on Group Decision and Negotiation**, v.218, p.119-130, 2015.

SEGURA, M.; MAROTO, C. A Multiple criteria supplier segmentation using outranking and value function methods. **Expert Systems With Applications**, v.69, p.87-100, 2017.

SEPULTEVEDA, J.M.; DERPICH I, S. Multicriteria supplier classification for DSS: Comparative analysis of two methods. **International Journal of Computers Communications & Control**, v.10, p.238-247, 2015.

SHEN, F.; XU, J.; XU, Z. An Automatic ranking approach for multi-criteria group decision making under intuitionistic fuzzy environment. **Fuzzy Optimization and Decision Making**, v.14, n.3, p.311-344, Sept. 2015.

SODENKAMP, M. A.; TAVANA, M.; CAPRIO, D. D. Modeling synergies in multi-criteria supplier selection and order allocation: An application to commodity trading. *European Journal of Operational Research*, v. 254, n. 3, p. 859-874, 2016.

TORRA, V. Hesitant fuzzy sets. **International Journal Intelligent Systems**, v.25, p.529–539, 2010.

VAHDANI, B.; ZANDIEH, M. Selecting suppliers using a new fuzzy multiple criteria decision model: the fuzzy balancing and ranking method. **International Journal of Production Research**, v.48, n.18, p.5307-5326, 2009. DOI: 10.1080/00207540902933155.2010.

VAHDANI, B.; ZANDIEH, M.; TABRIZ, A. Supplier selection by balancing and ranking. **Method.Journal of Applied Sciences**, v.8, p.3467-3472, 2008.

VIMAL J. G. S. Application of Interpretative Structural Modelling integrated Multi Criteria

Decision Making methods for sustainable supplier selection. *Journal of Modelling in Management*, v. 11, 2016.

WANG, C.; CAI, X.; LI, B. Fuzzy comprehensive evaluation based on multi-attribute group decision making for business intelligence system. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, v. 31, n. 4, p. 2203-2212, 2016.

WEBER, Charles A.; CURRENT, John R.; BENTON, W. C. Vendor selection criteria and methods. *European journal of operational research*, v. 50, n. 1, p. 2-18, 1991.

WEIBFLOCH, U.; GELDERMAN, J. Assessment of product-service systems for increasing the energy efficiency of compressed air systems. **European Journal of Industrial Engineering**, v.10, n.3, 2016. DOI: 10.1504/EJIE.2016.076383.

WU, C.; BARNES, D. A Literature review of decision-making models and approaches for partner selection in agile supply chains. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v.17, n.4, p.256–274, Dec. 2011.

WU, X. et al. Cross-entropy and prioritized aggregation operator with simplified neutrosophic sets and their application in multi-criteria decision-making problems. **International Journal of Fuzzy Systems**, v.8, n.6, p.1104-1116, Dec. 2016. DOI: 10.1007/s40815-016-0180-2.

XIA, M.; XU, Z. Hesitant fuzzy information aggregation in decision making. **International Journal of Approximate Reasoning**, v.52, n.3, p.395-407, 2011.

XU, J.; SHEN, F. A New outranking choice method for group decision making under Atanassov's interval-valued intuitionistic fuzzy environment. **Knowledge-Based Systems**, v.70, p.177-188, 2014.

XU, Z.; CAI, X. Recent advances in intuitionistic fuzzy information aggregation. **Fuzzy Optimization and Decision Making**, v. 9, n.4 p.359–381, Dez. 2010.

XU, ZESHUI. Intuitionistic fuzzy aggregation operators. **IEEE Transactions on fuzzy systems**, v. 15, n. 6, p. 1179-1187, 2007.

YAGER, RONALD R.; KACPRZYK, JANUSZ; BELIAKOV, GLEB (Ed.). Recent developments in the ordered weighted averaging operators: theory and practice. Springer Science & Business Media, 2011. YU, D. J. Triangular Atanassov's intuitionistic fuzzy Bonferroni mean and application to supplier selection. **Journal of Intelligent & Fuzzy Systems**, v. 28, n. 6, p. 2785-2791, 2015.

ZADEH, L. Communication Fuzzy Algorithms. **Information and Control**, v. 12, p. 94–102, 1968.

ZADEH, L.A. Fuzzy sets. *Information and Control*, v.8, p.338–353, 1965.

ZHANG, X.; XU, Z. Hesitant fuzzy QUALIFLEX approach with a signed distance-based comparison method for multiple criteria decision analysis. **Expert Systems with Applications**, v.42, n.2, p.873-884, Feb. 2015.

**APÊNDICE 1- ELABORAÇÃO DE UM RFI PARA UM PRESTADOR DE SERVIÇO
DE MANUTENÇÃO E INSTALAÇÃO DE AR CONDICIONADOS**

Dados Cadastrais	Razão Social:	
	Nome:	
	Se houve alguma alteração recente (ano) na razão social, informar a antiga	
	Se houve alguma alteração recente (ano) no nome, informar o antigo	
	CNPJ:	
	Responsável pelo preenchimento do questionário:	
	Nome e Sobrenome:	
	Cargo:	
	Responsável comercial:	
	Nome e Sobrenome:	
	Cargo:	
	Endereço:	
	Bairro:	
	CEP:	
	Cidade:	
Fone:		

	Web Site:	
Experiencia de mercado	Anos de experiência de mercado brasileiro	
	Atende todo o Brasil?	
	Se não, quais localidade no Brasil que não haveria a possibilidade de atendimento?	
	Tem presença em outros países? Se sim, indique quais:	
	Nome dos 3 principais clientes no Brasil. Informar contato, telefone, email.	
	Tempo médio trabalhando com os 3 principais clientes no Brasil	
	Quanto o maior cliente representa em percentual no total de faturamento na média dos últimos 3 anos?	
	Prestou ou presta serviços para a empresa?	
	Diferenciais competitivos: Treinamento; Qualidade; Recursos Humanos; Recursos Tecnológicos.	
Faturamento	Faturamento total em 2017	
	Faturamento total em 2018	
Profissionais e normas	A empresa tem certificação ISO 9001?	
	A empresa tem experiência na execução e manutenção do PMOC	
	Os profissionais possuem curso técnico em instalação e manutenção de ar condicionados?	
Serviço e Processo	Existe garantia no serviço? Qual a duração?	
Apresentação corporativa	Institucional - PowerPoint Favor anexar a apresentação institucional da empresa	

