



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

GABRIEL FREIRE DE ALMEIDA VITORINO

**MODELO MULTICRITÉRIO PARA SELEÇÃO DE LOCALIZAÇÃO DE FILIAL DE
CONSTRUTORA CONSIDERANDO PERFIL DE FORNECEDORES LOCAIS**

Caruaru

2021

GABRIEL FREIRE DE ALMEIDA VITORINO

**MODELO MULTICRITÉRIO PARA SELEÇÃO DE LOCALIZAÇÃO DE FILIAL DE
CONSTRUTORA CONSIDERANDO PERFIL DE FORNECEDORES LOCAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção. Área de concentração: Otimização e Gestão da Produção.

Orientador: Prof. Dr. Jônatas Araújo de Almeida

Caruaru

2021

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Paula Silva - CRB/4 - 1223

V845m Vitorino, Gabriel Freire de Almeida.
Modelo multicritério para seleção de localização de filial de construtora considerando perfil de fornecedores locais. / Gabriel Freire de Almeida Vitorino. – 2021.
84 f.; il.: 30 cm.

Orientador: Jônatas Araújo de Almeida.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Mestrado em Engenharia de Produção, 2021.
Inclui Referências.

1. Processo decisório por critério múltiplo. 2. Indústria – Localização. 3. Avaliação. 4. Metodologia. 5. Construção civil. 6. Otimização matemática. I. Almeida, Jônatas Araújo de (Orientador). II. Título.

CDD 658.5 (23. ed.) UFPE (CAA 2021-264)

GABRIEL FREIRE DE ALMEIDA VITORINO

**MODELO MULTICRITÉRIO PARA SELEÇÃO DE LOCALIZAÇÃO DE FILIAL DE
CONSTRUTORA CONSIDERANDO PERFIL DE FORNECEDORES LOCAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção. Área de concentração: Otimização e Gestão da Produção.

Aprovada em: 09/12/2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jônatas Araújo de Almeida (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Ana Paula Henriques Gusmão de Araújo Lima (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Carolina Lino Martins Pompeo de Camargo (Examinadora Externa)
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, não posso deixar de agradecer a Deus por tornar tudo isso possível.

Agradeço ao professor Jônatas pela valiosa e dedicada orientação. Obrigado por sua confiança e por me guiar com seus conhecimentos nos momentos de dúvida, sempre com muita atenção e disponibilidade.

Agradeço aos professores do PPGEP-CAA pelas instruções transmitidas.

Agradeço à minha família que sempre me apoiou em todas as minhas decisões e me ajudou nos momentos mais difíceis.

Por fim, agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio institucional, ao Centro de Desenvolvimento em Sistemas de Informação e Decisão (CDSID) pela disponibilização dos softwares FITradeoff.

RESUMO

O processo de expansão corporativa para além do mercado local exige, inevitavelmente, o enfrentamento da questão de onde e como se desenvolver ainda mais. Neste sentido, decidir pela expansão através da instalação de novas filiais pode ser considerada a melhor alternativa na direção de garantir aumento de participação de mercado. Portanto, uma decisão que está intrinsecamente relacionada ao sucesso da estratégia de expansão de negócios é a decisão de localização para instalação de filiais. Desta forma, o presente trabalho propõe um modelo multicritério de apoio à decisão com o objetivo de apoiar os gestores de uma empresa do setor de construção civil no processo de seleção de localização de uma nova filial em conjunto com a avaliação dos fornecedores potenciais. Inicialmente, o modelo estrutura os perfis de fornecedores das localidades viáveis em um critério de seleção de localidade, levando em conta as principais restrições críticas para projetos, segundo o *Project Management Institute* (PMI). O método FITradeoff para problemática de classificação é utilizado para classificar os perfis de fornecedores em categorias ordenadamente preferíveis para o decisor. Em seguida, além dos perfis de fornecedores, critérios específicos julgados potencialmente relevantes para o contexto empresarial estudado, como déficit habitacional, potencial de desenvolvimento/crescimento da localidade, entre outros, foram estabelecidos, construindo então, o cenário para lidar com a decisão de seleção da melhor localidade de instalação de uma nova filial através do método FITradeoff de ordenação. Uma aplicação numérica para investigar a robustez do modelo foi realizada. Verificou-se a robustez dos resultados proporcionados pelo modelo devido à certeza do decisor nas respostas dadas e eficiência metodológica inerente ao método. Constatou-se que o modelo proposto pode contribuir para que gestores dispendam menos tempo analisando fornecedores que pouco influenciam para o alcance dos objetivos preestabelecidos e como ferramenta de apoio em uma decisão de impacto estratégico de médio e longo prazo, reduzindo os riscos de ameaças graves no caso da tomada de uma decisão errônea para o problema de localização. Por fim, as implicações gerenciais do modelo proposto incluem o suporte a futuros processos de avaliação de fornecedores e seleção de localidade para instalação de uma nova instalação da empresa estudada.

Palavras-chave: decisão multicritério; seleção de localidade; avaliação de fornecedores; FITradeoff.

ABSTRACT

The process of corporate growth beyond the local market inevitably requires facing the question of where and how to develop further. In this sense, deciding to grow through the establishment of new facilities can be considered the best alternative towards ensuring an increase in market share. Therefore, a decision that is intrinsically related to the success of the business growth strategy is the new facility location decision. Thus, the present work proposes a multicriteria decision support model with the aim of supporting the managers of a construction firm in the process of selecting the new facility location together with the potential supplier evaluation. In addition to considering specific criteria for the business context studied, the model structures the supplier profiles of feasible locations into a location selection criterion, taking into account the main critical constraints for projects, according to the Project Management Institute (PMI). The FITradeoff method for sorting problematic is used to classify the supplier profiles in orderly preferable categories for the decision maker. Then, in addition to supplier profiles, specific criteria deemed potentially relevant to the business context studied, such as housing shortage, local development/growth potential, among others, were established, thus building the scenario to deal with the decision of selecting the best new facility location through the FITradeoff ranking method. A numerical application to investigate the robustness of the model was performed. The robustness of the results provided by the model was verified due to the decision maker's certainty in the answers given and the methodological efficiency inherent to the method. The proposed model can contribute to managers spending less time analyzing suppliers that have little influence on the achievement of pre-established objectives and as a support framework in a decision with a medium and long-term strategic impact, reducing the risk of serious threats in the case of making an erroneous decision for the location problem. Finally, the managerial implications of the proposed model include support for future processes of supplier evaluation and new facility location selection of the studied business.

Keywords: multicriteria decision; location selection; supplier assessment, FITradeoff.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Comparação de consequências para elicitación	32
Fluxograma 1 –	Etapas do FITradeoff de escolha	34
Fluxograma 2 –	Etapas do FITradeoff de classificação	41
Fluxograma 3 –	Modelo proposto	49
Figura 2 –	Avaliação de preferências na etapa de elicitación flexível	61
Gráfico 1 –	Constantes de escala para cada critério	63
Figura 3 –	Etapa de ordenación das constantes de escala no FITradeoff de ordenación	66
Figura 4 –	Etapa de elicitación flexível no FITradeoff de ordenación	67
Figura 5 –	Diagrama de hasse do problema de localização	69
Gráfico 2 –	Range de valores das constantes de escala para cada critério	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Categorias e definições de acordo com os valores q_r	38
Tabela 2 –	Desempenho dos fornecedores para restrição de custo	57
Tabela 3 –	Desempenho dos fornecedores para restrição de qualidade	57
Tabela 4 –	Desempenho dos fornecedores para restrição de cronograma	58
Tabela 5 –	Matriz dos perfis dos fornecedores	59
Tabela 6 –	Respostas do decisor para o problema de classificação	62
Tabela 7 –	Resultado da classificação dos perfis de fornecedores	62
Tabela 8 –	Definição, forma de avaliação e objetivo dos critérios utilizados	64
Tabela 9 –	Composição das alternativas de localidade e seus desempenhos no critério “Perfil de Fornecedores”	64
Tabela 10 –	Matriz de consequências do problema de localização	65
Tabela 11 –	Respostas do decisor para o problema de localização	67

LISTA DE SIGLAS

ABECIP	Associação Brasileira das Entidades de Crédito Imobiliário e Poupança
AHP	Analytic Hierarchy Process
ANP	Analytic Network Process
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
DEA	Data Envelopment Analysis
DIEESE	Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos
ELECTRE	ELimination Et Choix Traduisant la REalité
FITradeoff	Flexible and Interactive Tradeoff
GIS	Geographic Information System
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MAIRCA	MultiAtributive Ideal-Real Comparative Analysis
MAUT	Multi-Attribute Utility Theory
MAVT	Multi-Attribute Value Theory
MCDA	Multiple Criteria Decision Aid
MCDM	MultiCriteria Decision-Making
PIB	Produto Interno Bruto
PMI	Project Management Institute
PPL	Problema de Programação Linear
PROMETHEE	Preference Ranking Organization METHod for Enrichment of Evaluations
PSM	Problem Structuring Methods
SAD	Sistema de Apoio à Decisão
SCA	Strong Customer Authentication
SMART	Simple Multi Attribute Rating Technique
SODA	Strategic Options Development and Analysis
SSM	Soft Systems Methodology
SWARA	Stepwise Weight Assessment Ratio Analysis
TI	Tecnologia da Informação
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity Ideal Solution
WS PLP	Weighted Sum Preferred Levels of Performances

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	RELEVÂNCIA E CONTRIBUIÇÃO DO ESTUDO	14
1.2	OBJETIVOS	17
1.2.1	Objetivo geral	17
1.2.2	Objetivos específicos	17
1.3	ESTRUTURA DE TRABALHO	18
2	FUNDAMENTAÇÃO E REVISÃO DA LITERATURA	19
2.1	EXPANSÃO DE NEGÓCIO	19
2.2	AVALIAÇÃO DE FORNECEDORES	21
2.3	DECISÃO MULTICRITÉRIO	23
2.3.1	Problemáticas de decisão	28
2.3.2	Método FITradeoff	29
2.3.2.1	FITradeoff de escolha	31
2.3.2.2	FITradeoff de ordenação	35
2.3.2.3	FITradeoff de classificação	37
2.3.3	Modelos multicritério para o problema de seleção de localização	42
2.3.4	Modelos multicritério de avaliação de fornecedores	44
2.3.4.1	Modelos multicritério para classificação de fornecedores	46
3	MODELO	48
3.1	ETAPAS DO MODELO	49
3.1.1	Problema de classificação dos perfis de fornecedores	49
3.1.1.1	Fase preliminar	49
3.1.1.2	Modelagem de preferências e escolha do método	51
3.1.1.3	Finalização	53
3.1.2	Problema de seleção de localização	53
3.1.2.1	Fase preliminar	53
3.1.2.2	Modelagem de preferências e escolha do método	54
3.1.2.3	Finalização	55
4	APLICAÇÃO	56
4.1	PROBLEMA DE CLASSIFICAÇÃO DOS PERFIS DE FORNECEDORES	56
4.2	PROBLEMA DE SELEÇÃO DE LOCALIZAÇÃO	63

4.3	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	67
5	CONCLUSÃO	72
5.1	SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS	74
	REFERÊNCIAS	75

1 INTRODUÇÃO

O problema de localização de instalações consiste em uma questão de ampla abrangência e de grande importância em termos estratégicos e táticos para a maior parte das organizações. Enfrentado, especialmente, por organizações em plena expansão com o objetivo de explorar mercados promissores potenciais e elevar a lucratividade, o tema tem sido amplamente estudado na literatura por impactar significativamente no sucesso ou fracasso de empreendimentos públicos ou privados (ALVES, José; ALVES, João, 2015).

Este problema de decisão consiste em identificar, analisar, avaliar e selecionar o local onde será a base de operações, onde serão fabricados os produtos ou prestados os serviços (YANG; LEE, 1997). Briozo e Musetti (2015) afirmam que essa decisão deve levar em consideração o planejamento estratégico de longo prazo e uma análise de custo/benefício, conjuntamente com as vantagens e desvantagens locais em relação aos inúmeros fatores e aspectos econômicos, sociais, políticos, ambientais, entre outros.

Farhang e Seyedhosseini (2010) detalham que a escolha do local para uma instalação pode ter um impacto substancial na posição competitiva estratégica da empresa em termos dos recursos humanos, receitas e custos operacionais e serviços logísticos. Chatterjee e Mukherjee (2013) ressaltam que uma localização assertiva pode não só gerar consideráveis melhorias de produtividade, mas ainda possibilitar novos mercados e novos negócios, enquanto que localizações sub-ótimas podem ocasionar ineficiências em transporte de insumos, mão de obra inadequada e despesas incrementais de capital investido em instalações e operações.

Ainda neste contexto, um aspecto importante a ser considerado é a capacidade de fornecedores locais darem apoio às atividades da instalação que poderá ser estabelecida. Portanto, o processo de avaliação de fornecedores possui importante relação com o ambiente decisório estudado e tem atraído a atenção de inúmeros pesquisadores devido sua influência concreta na competitividade das empresas e nos seus custos diretos, como matéria-prima. Ho *et al.* (2010) afirmam que decisões incorretas acerca deste processo podem ocasionar interrupções no abastecimento de bens/serviços e, conseqüentemente, impactos negativos nas operações organizacionais.

A complexidade da decisão pelo fato da quantidade e natureza dos critérios considerados na avaliação tem aumentado substancialmente as imposições de um processo decisório formal e estruturado. A capacidade das organizações em atender às necessidades de seus clientes contribui também para a dificuldade e importância da decisão, pois a qualidade dos produtos e serviços entregue pelos fornecedores está diretamente ligada ao atendimento

destas necessidades (CHEN *et al.*, 2006). Neste sentido, Kahraman *et al.* (2003) destacam o processo decisório restrito que as organizações abordam, focando em fornecedores com excelência e aptos a apoiar as estratégias organizacionais. Tais restrições são convertidas em critérios de avaliação, utilizados para a comparação entre os diferentes fornecedores.

Uma maneira específica de lidar com o problema de avaliação de fornecedores consiste em tratar a decisão de classificação dos perfis de fornecedores considerando atributos significativamente relevantes para o planejamento estratégico das empresas. Ou seja, considerando o cenário da indústria de construção civil, critérios críticos para projetos podem ser apontados e metodologias de classificação empregadas com o intuito de alocar os perfis dos fornecedores em categorias ou classes, apoiando assim, um processo essencial da gestão de suprimentos de uma empresa.

Diante das características expostas, observa-se que os processos decisórios envolvem vários objetivos e, muitas vezes, é necessário comprometer-se entre os possíveis critérios conflitantes. Assim, modelos baseados nos métodos de tomada de decisão multicritério (MCDM) são considerados uma abordagem eficaz para resolver problemas de avaliação de fornecedores (BOER *et al.*, 2001) e de seleção de localidade de instalações (CHAKRABORTY *et al.*, 2013). Um ponto crucial destes problemas consiste na obtenção das constantes de escala dos critérios, por envolver, geralmente, informações preferenciais completas e exatas de alto custo cognitivo por parte do decisor, levando a inconsistências no processo elicitatório. Outro ponto refere-se ao enquadramento dos problemas ao modelo aditivo. Deste modo, o método FITradeoff (ALMEIDA *et al.*, 2016; KANG *et al.*, 2020) é caracterizada como uma boa alternativa de resolução dos problemas em questão.

Sendo assim, o presente trabalho trata da aplicação de um modelo multicritério de apoio à decisão com o objetivo de apoiar os gestores de uma empresa do setor de construção civil no processo de seleção de localização de uma nova filial em conjunto com a avaliação dos fornecedores potenciais. Mais especificamente, o modelo atua primeiramente na estruturação de um critério de seleção de localidade através da classificação dos perfis de fornecedores com base no método FITradeoff para problemática de classificação (KANG *et al.*, 2020) e nas principais restrições críticas para projetos, segundo o *Project Management Institute* (PMI). Em seguida, além dos perfis de fornecedores, critérios específicos julgados potencialmente relevantes para o contexto empresarial estudado, como déficit habitacional, potencial de desenvolvimento/crescimento da localidade, entre outros, foram estabelecidos, construindo então, o cenário para lidar com a decisão de seleção da melhor localidade de instalação de uma

unidade de negócios através do método FITradeoff de ordenação (FREJ *et al.*, 2019). Por fim, uma aplicação numérica para testar o modelo foi realizada.

1.1 RELEVÂNCIA E CONTRIBUIÇÃO DO ESTUDO

O setor de construção civil desempenha um papel vital em todas as fases do desenvolvimento econômico de uma nação (XUE; ZHANG, 2018). Em 2016, a indústria da construção representou aproximadamente 6% do produto interno bruto (PIB) global, com receita anual total de 13 trilhões de dólares (GERBERT *et al.*, 2016). Futuramente, é esperado que o setor alcance receitas globais estimadas de 15 trilhões de dólares até 2025 (OXFORD ECONOMICS, 2018). No Brasil, o ramo da construção civil é um dos colaboradores mais significativos da economia, alcançando uma representatividade de aproximadamente 4% do PIB em 2019 (IBGE, 2019). Assim, esse ramo industrial promove o crescimento, acumula formação de capital, contribui como fonte de emprego e fornece vínculos críticos em todos os elos da economia (CHIA *et al.*, 2014).

Com forte impacto econômico e social, esta atividade está na origem da produção de todos os bens e serviços, cumprindo um ciclo que cria empregos mesmo depois de finalizar e entregar seus empreendimentos. Horizontalmente, ao ser estimulada, a construção movimenta consigo ao menos 62 outros segmentos da indústria. A cada R\$ 1 milhão de investimento, a construção civil cria 7,64 empregos diretos e 11,4 empregos indiretos; que geram R\$ 492 mil e R\$ 772 mil sobre o PIB, respectivamente (DIEESE, 2020).

Em 2019, o setor englobou 125,1 mil empresas ativas, onde trabalharam cerca de 2 milhões de pessoas em postos formais, alta de 1,7% frente a 2018. No mesmo ano, foi responsável por 5,24% do total de empregos com carteira assinada do país e gerou 71.115 vagas de emprego, o equivalente a 11% dos empregos criados. Esse resultado significa 315% mais vagas no setor em 2019 do que em 2018. Um total de R\$ 56,8 bilhões foi pago em salários, remunerações e retiradas, o que representa 2,7% de aumento real na mesma comparação (AGÊNCIA CBIC, 2020).

Neste segmento, uma estatística essencial considerada nas tomadas de decisão é o déficit habitacional. No Brasil, o déficit habitacional ainda é muito alto, dimensionado em 5,877 milhões de moradias em 2019 (AGÊNCIA CBIC, 2021). Por outro lado, segundo números da Associação Brasileira das Entidades de Crédito Imobiliário e Poupança (ABECIP), os financiamentos imobiliários cresceram 37,1% em 2019 se comparado ao ano anterior, somando 78,7 bilhões de reais (ABECIP, 2020).

Segundo estudo do departamento intersindical de estatística e estudos socioeconômicos (DIEESE, 2020), 80% do mercado imobiliário brasileiro é representado pelo mercado de baixa renda, através do programa Minha Casa Minha Vida. Portanto, dado que a empresa objeto de estudo possui a estratégia global de construção de edificações populares financeiramente acessíveis e de boa qualidade, verifica-se sua posição num mercado em plena expansão, com alto potencial de retorno e necessidade de aprimorar suas medidas de gerenciamento e tomadas de decisão.

Uma das principais questões enfrentadas por empresas que buscam explorar mercados promissores potenciais e elevar a lucratividade é o problema de seleção de localização de instalações. Este problema é estudado desde os anos iniciais do século XX e sua relevância é verificada pelo grande número de aplicações práticas encontradas nas mais diversas áreas organizacionais. Na construção civil, verifica-se a necessidade de estudos que auxiliem os gestores acerca das especificidades da decisão levando em conta o planejamento estratégico de longo prazo e uma análise de custo/benefício, em conjunto com as vantagens e desvantagens locacionais em relação a inúmeros aspectos econômicos, sociais, políticos, ambientais, entre outros (OWEN; DASKIN, 1998).

Um aspecto essencial que deve ser destacado é a importância estratégica desta decisão. Chakraborty *et al.* (2013) afirma que a decisão de seleção de localização de instalações é uma questão estratégica vital em uma grande variedade de negócios e adicionam que a decisão é um projeto intrinsecamente sensível ao tempo e custo. Os elevados custos relacionados aos projetos de instalações fazem com que geralmente se caracterizem como investimentos de longo prazo. Assim, fica evidente o alto grau de risco que a decisão organizacional em questão possui.

Yang e Lee (1997) afirmam que escolhas ruins neste contexto levam a aumento de custos e, conseqüentemente, a diminuição de competitividade. Farhang e Seyedhosseini (2010) complementam que a seleção inadequada de localidade pode implicar em uma inapropriada força de trabalho qualificada, indisponibilidade de matérias-primas, serviços de transporte insatisfatórios ou até um impacto adverso na organização com relação à interferência política e social. Chatterjee e Mukherjee (2013) considera que apesar de não ser o único elemento, as chances de sucesso de instalações organizacionais dependem, necessariamente, da escolha da localização destas instalações.

No cenário estudado, as organizações da indústria da construção civil demandam metodologias e abordagens formais e estruturadas que considerem diversos aspectos na seleção de locais para implementação de novas unidades de negócios, a saber: terrenos de baixo custo, mão de obra qualificada, mas relativamente mais barata, proximidade de matérias-primas,

fornecedores alinhados estrategicamente, acesso a mercados potenciais, regulamentações comerciais favoráveis, possibilidade de parcerias empresariais, déficit habitacional e possíveis incentivos fiscais

Neste contexto, o presente trabalho contribui com o apoio ao gerenciamento organizacional por lidar com uma decisão de alto impacto estratégico. Contribui também ao fornecer uma abordagem estruturada baseada em métodos e conceitos multicritério de modo a mais realisticamente lidar com o problema. Ou seja, por meio do modelo proposto, informações essenciais inerentes ao contexto decisório organizacional são levantadas, a saber, dados de critérios de decisão potencialmente relevantes para a empresa como por exemplo, dados de fornecedores.

Desta maneira, outro problema comumente enfrentado por organizações neste contexto decisório consiste no problema de avaliação de fornecedores. Araújo *et al.* (2015) afirmam que o processo de avaliação de fornecedores é de extrema importância para as empresas devido ao seu papel fundamental na gestão da cadeia de suprimentos, pois é responsável pela integração dos resultados da empresa e pela satisfação dos clientes.

Num mercado cada vez mais dinâmico e competitivo, em que novos concorrentes e tecnologias surgem rapidamente, torna-se crucial para as empresas estabelecerem vínculos com fornecedores que melhor se adequam aos seus objetivos. Para isto, as empresas devem saber identificar, avaliar e selecionar os fornecedores mais estrategicamente alinhados (HO *et al.*, 2007).

Um aspecto importante neste processo diz respeito ao número de atributos ou critérios analisados durante a tomada de decisão. Schramm e Morais (2012) reforçam que essa decisão não deve considerar apenas critérios triviais como preço ou qualidade. Segundo os autores, existem vários parâmetros utilizados pelas empresas para qualificar seus fornecedores.

Neste sentido, modelos de apoio a decisão envolvendo múltiplos critérios são caracterizados como ferramentas eficazes para apoiar problemas desta natureza. Este tipo de abordagem auxilia os gestores na organização e compilação das informações de forma a permitir um maior conforto e confiança para tomar uma decisão, garantindo que todos os critérios envolvidos no processo de decisão sejam devidamente considerados (BELTON; STEWART, 2002).

Portanto, dada a conexão existente entre ambos os problemas abordados, pelo fato da decisão de localidade depender dos fornecedores potenciais dela, o presente trabalho busca propor uma ferramenta de apoio à tomada de decisão multicritério que, primeiramente, lida com a construção de perfis de fornecedores a partir da avaliação dos fornecedores candidatos das

localidades viáveis levantadas pela organização, para então, selecionar a melhor localidade para instalação de uma nova unidade de negócios baseando-se nos perfis de fornecedores definidos e em critérios críticos apontados pela empresa, como o potencial de desenvolvimento/crescimento das alternativas de localidade, qualidade de mão de obra, entre outros.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

O presente trabalho possui o objetivo geral de resolver o problema de decisão de seleção de localização de uma nova filial através da aplicação de um modelo multicritério de apoio à decisão que lida com a estruturação de um critério de seleção de localidade através da classificação dos perfis de fornecedores e com a decisão multicritério de seleção da melhor localidade de instalação de uma unidade de negócios.

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos do trabalho são:

- Elaborar uma revisão da literatura sobre Seleção de localização de instalação e classificação de fornecedores;
- Estabelecer os principais critérios críticos de projeto a partir do PMI e dado o contexto organizacional;
- Estabelecer os fornecedores potenciais e insumos principais do processo produtivo organizacional;
- Propor uma metodologia para construção dos perfis de fornecedores;
- Estruturar o problema de seleção multicritério de localização de instalação;
- Estruturar o problema de classificação para estruturar o critério de fornecedores das regiões;
- Empregar os métodos FITradeoff para problemática de classificação e ordenação em uma aplicação numérica;
- Analisar o comportamento dos resultados obtidos com a aplicação numérica realizada;

1.3 ESTRUTURA DE TRABALHO

Este trabalho encontra-se dividido em cinco capítulos organizados conforme descrito a seguir:

O Capítulo I introduz o tema estudado, apresentando as contribuições e justificativas para o desenvolvimento do trabalho, bem como os objetivos que se quer alcançar.

O Capítulo II apresenta uma fundamentação teórica dos temas relacionados aos problemas de decisão tratados, decisão multicritério e sobre o método FITradeoff e suas variações. Uma revisão da literatura com o mapeamento do estado da arte sobre aplicações e modelos de decisão para os problemas decisórios abordados.

O Capítulo III apresenta a construção do modelo multicritério proposto para lidar com os problemas de seleção de localidade de instalação e classificação dos perfis de fornecedores baseado no método FITradeoff de ordenação e classificação e considerando a indústria da construção civil como contexto organizacional.

O Capítulo IV compreende uma aplicação numérica do modelo proposto, bem como uma discussão dos resultados obtidos.

Finalmente, o Capítulo V apresenta as conclusões atingidas e sugestões para trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO E REVISÃO DA LITERATURA

2.1 EXPANSÃO DE NEGÓCIO

A expansão corporativa consiste em uma parte do processo natural dos negócios, tornando-se uma necessidade nas condições atuais de competição. As organizações se envolvem em atividades de crescimento corporativo para mitigar os declínios inevitáveis no crescimento que vêm de uma posição madura em um mercado (ABSANTO; NNKO, 2013). A expansão de negócios se faz necessária também para as empresas que já estão satisfeitas com o potencial que atingiram. Empresas que não buscam formas de se desenvolver aumentam a probabilidade da concorrência crescer e ameaçar sua participação de mercado (CARNES *et al.*, 2017).

A Expansão de negócios pode ser empregada na forma de desenvolvimento de novos produtos e serviços, de abertura de filiais em outras localidades, a adição de franqueados, a entrada em novos mercados e a fusão ou aquisição de outro negócio. Pode-se dizer também que tal processo significa aumentar vendas, ativos, lucros líquidos e uma chance de aproveitar a curva de experiência para reduzir o custo por unidade dos produtos vendidos e, assim, aumentar os lucros (DURMAZ; İLHAN, 2015).

Wheelen e Hunger (2012) afirmam que este processo possui algumas vantagens, mas também certas precauções devem ser consideradas. Os autores declaram que uma das maiores vantagens consiste na economia de escala que a expansão empresarial resulta, pelo fato de aumentar a probabilidade de conseguir descontos e melhores condições de crédito. Outra vantagem é o volume de negócios, ou seja, se ocorrer de certas unidades de negócio enfrentar crises, existem outras unidades que poderão compensar e fortalecer a organização.

Com relação às desvantagens, Wheelen e Hunger (2012) complementam citando a dimensão da gestão empresarial, pois em empresas cada vez maiores, aumenta a complexidade da gestão. Outra desvantagem que deve ser levada em conta diz respeito à perda de foco. Empresas em processo de expansão estão passíveis a perderem o foco na qualidade dos produtos e nos reais motivos da empresa estar passando por tal processo. Nesse caso, o comprometimento de toda a equipe é imprescindível para que o processo ocorra de maneira bem-sucedida.

Quando uma empresa se expande para além do mercado local, surge inevitavelmente a questão de onde e como se desenvolver ainda mais. Uma das estratégias para mudar a escala e a estrutura de atividades da empresa é a implementação de estratégias de crescimento corporativo. A implementação de uma estratégia de crescimento é importante principalmente

para a gestão da empresa e seus *stakeholders*. Duas abordagens estratégicas principais são abordadas na literatura, a saber: estratégia de expansão empresarial orgânica e estratégia de expansão por fusão ou aquisição (CARNES *et al.*, 2017).

Durmaz e İlhan (2015) definem que a estratégia de expansão empresarial orgânica consiste em expandir as atividades organizacionais através da criação de novos produtos, do aumento da penetração no mercado, da expansão no mercado ou do desenvolvimento de novos canais de distribuição. Portanto, para entrar em novos mercados, empresas que adotam esta estratégia devem levar em consideração as vantagens territoriais, as capacidades de suas instalações e as características dos produtos.

Já a estratégia de expansão por fusão ou aquisição consiste em fundir a empresa com outra ou comprar um concorrente. Sinergia e equivalência de valores são fatores cruciais no caso da fusão. Por outro lado, os custos são mais elevados na aquisição, no entanto, existe a possibilidade concreta de aumentar substancialmente os lucros da empresa (DURMAZ; İLHAN, 2015).

Em situações organizacionais de consolidação no mercado atuante, optar pela expansão por meio da instalação de novas filiais pode ser considerada a melhor alternativa para garantir aumento da penetração de mercado. Estas instalações podem ser definidas como uma nova unidade de uma empresa, que segue as regras e diretrizes de uma sede ou matriz, visando atender a demanda de um determinado público ou localidade. Neste contexto, uma decisão que está intrinsecamente relacionada ao sucesso da estratégia de expansão de negócios é a decisão de localização para instalação de filiais (FELDMAN; KUTAY, 1997).

A decisão de localização para instalação de filial desempenha um papel fundamental na redução de custos e obtenção de vantagens competitivas para empresas em processo de expansão de negócios (HONG; XIAOHUA, 2011). Uma localização adequada para instalação de filial é a escolha que não só possibilita um bom desempenho da unidade, mas também é flexível o suficiente para acomodar as mudanças futuras necessárias. Neste contexto, uma decisão errônea pode resultar em custos excessivos de transporte, escassez de mão de obra qualificada, perda de vantagem competitiva, suprimentos inadequados de matérias-primas ou alguma situação semelhante com adverso impacto sobre as operações (RAO *et al.*, 2015).

O problema de localização pode afetar vários objetivos da organização, de maneira que uma grande quantidade de dados a serem avaliados de forma eficaz e critérios conflitantes tangíveis e intangíveis devem ser considerados. Isto é, o problema deve ser analisado como uma decisão multicritério. Na literatura, há vários estudos relacionados ao uso de modelos multicritério para o problema de localização. Yong (2006), Chou *et al.* (2008), Ozdagoglu

(2012), Mousavi *et al.* (2013) e Co (2017) são alguns trabalhos que tratam do desenvolvimento de modelos multicritério para resolver o problema.

2.2 AVALIAÇÃO DE FORNECEDORES

Nos últimos anos, as condutas e práticas de fornecedores relacionadas ao ramo de gestão de suprimentos tem atraído a atenção de inúmeros pesquisadores (SOLLISH; SEMANIK, 2006). Até os anos 80, a função de compras das empresas consistia em basicamente uma atividade tática, apresentando influência desprezível no modo como as organizações se posicionavam nos mercados. A partir do progresso de pesquisas sobre o tema, a ideia de que esta atividade impactava apenas o custo de materiais foi fundamentalmente substituída (HANDFIELD *et al.*, 2002).

Com a modernização e formalização das rotinas de gestão organizacional, percebeu-se que um cenário onde se estabelecem os fornecedores mais alinhados às estratégias e aos objetivos organizacionais, os critérios e a forma como serão escolhidos os fornecedores é um fator muito importante para a construção das cadeias de suprimentos bem-sucedidas, logo, para a obtenção de vantagens derivadas da relação entre compradores e fornecedores (BOWERSOX; CLOSS, 2006). Assim, o processo de avaliação de fornecedores torna-se estratégico, já que este elo da cadeia possui influência concreta sobre o alcance dos objetivos organizacionais e obtenção de vantagem competitiva.

Neste contexto, possivelmente todas as organizações enfrentam a atividade de avaliação de fornecedores, sendo compreendida desde a definição do problema, consistindo na identificação da necessidade de algum fornecedor específico e dos atributos a serem considerados na avaliação, até, com base nestes atributos, quais os potenciais fornecedores que estão habilitados para fornecer à organização, chegando, por fim, na escolha final (BOER *et al.*, 2001).

Buttha e Huq (2002) complementam afirmando que o processo de avaliação de fornecedores consiste em determinar os fornecedores apropriados que possam oferecer produtos e/ou serviços no preço certo, qualidade certa, quantidade certa e momento certo. Portanto, o processo de avaliação de fornecedores manifesta-se a partir da decisão administrativa de subcontratar fornecimentos ou serviços necessários para a operação da empresa. Weele e Van (2014) indica que tal processo é uma das etapas da atividade de compras organizacionais que se inicia com uma pesquisa de mercado após a definição e especificação das características funcional e técnica dos fornecedores.

Para Taherdoost e Brard (2019), a importância desta atividade pode ser elencada por influenciar os seguintes pontos, a saber: redução dos custos operacionais e dos investimentos para obtenção de matéria-prima, aumento do lucro, alta tecnologia, fornecimento de quantidades suficientes de insumos, diminuição do tempo de entrega, aumento da satisfação de clientes, fortalecimento da competitividade, diminuição do tempo de operação de compra, processos repetitivos e custo de negociação. Segundo Chen *et al.* (2006), a qualidade e alinhamento às estratégias organizacionais do conjunto final de fornecedores está significativamente relacionada à qualidade das etapas que compreendem este processo e, portanto, é de essencial relevância empregar métodos estruturados para avaliar os fornecedores adequados às necessidades da organização. Handfield (2009) menciona que o processo pode requisitar um esforço intensivo por parte da organização, exigindo, então, um grande comprometimento de recursos.

A complexidade da decisão em virtude das especificidades e objetivos considerados na avaliação tem crescido consideravelmente as exigências por um processo decisório estruturado e formal. Por este motivo, o processo de avaliação de fornecedores tem sido objeto de estudo para grande parte de pesquisadores, de modo que pesquisas com o objetivo de desenvolver metodologias e conceitos que proporcionem eficiência neste processo crítico para a gestão de suprimentos de uma organização estão como vez mais presentes no campo científico (ONUT; TOSUN, 2014).

Na literatura, é possível encontrar uma gama de abordagens baseadas em métodos e técnicas a fim de apoiar o decisor em relação à atividade de avaliação de fornecedores. Algumas técnicas que podem ser descritas são: apoio à decisão multicritério, abordagens de estruturação de problemas, programação matemática, inteligência artificial e técnicas de mineração de dados (CHAI *et al.* 2013).

Luan *et al.* (2019) desenvolveram uma abordagem híbrida baseada em técnicas de inteligência artificial para resolver o problema de avaliação de fornecedores, combinando algoritmo genético e otimização de colônia de formigas em um algoritmo inovador. Wu e Blackhurst (2009) propuseram uma metodologia para avaliar eficientemente fornecedores baseada em uma extensão da análise envoltória de dados (DEA). A metodologia proposta aumentou o poder discriminatório sobre os modelos DEA básicos para classificar os fornecedores, além da introdução de restrições de peso para reduzir a possibilidade de ter pesos de fator de entrada e saída inadequados.

Kar (2015) apresentou a aplicação de uma abordagem híbrida para apoio à decisão em grupo para o problema, levando em conta a teoria dos conjuntos *fuzzy*, o processo de hierarquia

analítica (AHP) e as redes neurais para fornecer suporte na obtenção de consenso entre os decisores. Kilic e Yalcin (2020) formularam uma metodologia integrada para ambiente *fuzzy* incluindo a técnica TOPSIS e um modelo de programação de metas de duas fases modificado para melhor abordar o problema de avaliação.

Estudos abordando a resolução do problema de avaliação de fornecedores considerando diversos contextos organizacionais também são bastante presentes na literatura. Quan *et al.* (2018) desenvolveram uma metodologia para avaliação de fornecedores com base em critérios econômicos e ambientais de uma indústria do ramo ambiental. Bergman e Lundberg (2013) forneceram um estudo sobre compras públicas combinando os critérios qualidade e preço em uma única pontuação geral, discutindo as vantagens e desvantagens de métodos como avaliações baseadas na mais alta qualidade, no preço mais baixo e combinando preço e qualidade. Bahadori *et al.* (2020) propuseram uma aplicação com o objetivo de determinar o melhor fornecedor em um hospital militar usando uma combinação de rede neural e do método VIKOR.

2.3 DECISÃO MULTICRITÉRIO

Decisão multicritério pode ser definida como sendo um ato de uma pessoa, de um grupo de pessoas ou de uma instituição onde através da utilização de modelos formalizados, mas não necessariamente completos, auxilia na obtenção de recursos para responder a questões impostas por *stakeholders* quando mais de um critério ou objetivo deve ser considerado (partes interessadas, tais como: clientes, gestores, acionistas, sociedade, entre outros) no processo decisório. Esses recursos ajudam tornando a decisão mais clara e, geralmente, servem para recomendar ou favorecer uma conduta que irá ampliar a consistência dos objetivos e valores intrínsecos aos *stakeholders* (ROY, 1996).

Em diversas situações cotidianas, os gestores enfrentam problemas que demandam uma tomada de decisão que envolve várias alternativas e critérios. Isto faz com que ocorra um ambiente de decisão complexo e os agentes busquem metodologias desenvolvidas com o intuito de apoiar esse processo decisório, denominadas de métodos multicritério de apoio a decisão.

Segundo Almeida (2013), um problema de decisão multicritério pode englobar algumas características importantes, a saber:

- No mínimo dois critérios de decisão e geralmente conflitantes entre si;

- Os critérios e as alternativas não são claramente definidos e as consequências da escolha de determinada alternativa com relação a pelo menos um critério não são claramente compreendidas;
- Os critérios e as alternativas podem estar interligados, de modo que um critério parece refletir parcialmente outro critério, ao passo que a eficácia da escolha de uma alternativa depende de outra alternativa ter sido ou não também escolhida;
- A solução do problema depende de um conjunto de pessoas, em que cada uma delas tem seu próprio ponto de vista, muitas vezes conflitantes com os demais, podendo assim, caracterizar um problema multicritério de decisão em grupo;
- As restrições do problema não são bem definidas, podendo existir dúvida com relação ao que é critério e restrição;
- Alguns dos critérios são quantificáveis, enquanto que outros só o são através de julgamentos de valor realizados sobre uma escala;
- A escala de certo critério pode ser cardinal, verbal, ordinal ou razão, dependendo dos dados disponíveis e da própria natureza dos critérios;
- Via de regra, estes problemas são considerados mal estruturados ou desestruturados.

Metodologias baseadas em conceitos e técnicas multicritério são amplamente discutidas na literatura para lidar com os mais diversos contextos decisórios. Neste sentido, modelos multicritérios de apoio a decisão são bastante empregados nas seguintes áreas: social (CILALI *et al.*, 2021), política (FERRARI, 2003), ambiental (DAVIES *et al.*, 2013), pessoal (BORAN *et al.*, 2011), esportiva (DADELO *et al.*, 2014), financeira (DOUMPOS; ZOPOUNIDIS, 2010), engenharia (EBRAHIMNEJAD *et al.*, 2012), educacional (MALCZEWSKI; JACKSON, 2000), industrial (AL GARNI *et al.*, 2016), medicina (ANGELIS; KANAVOS, 2017), manufatura (RAO; PATEL, 2010) e governamental (CHEN *et al.*, 2011).

Cilali *et al.* (2021) propuseram uma abordagem multicritério a fim de auxiliar os decisores com um planejamento de reassentamento, propondo uma localização de instalação e uma alocação que leve em conta as capacidades físicas das cidades anfitriãs. Ferrari (2003) apresenta um método de escolha que leva em conta as naturezas técnica e política envolvidas no processo de tomada de decisão, permitindo calcular os pesos em cada nível de hierarquia em relação ao próximo nível superior por meio de procedimentos diferentes daqueles tradicionais.

Davies *et al.* (2013) descrevem resumidamente sobre a análise de decisão multicritério e sua utilidade na resolução de conflitos de conservação ambiental. Dadelo *et al.* (2014)

forneem um modelo multicritério para classificação de 193 jogadores de basquete baseado em métodos MCDM, considerando valores objetivos das condições físicas dos jogadores e pesos dos critérios baseados na opinião subjetiva de especialistas.

Doumpos e Zopounidis (2010) apresentaram uma abordagem multicritério baseada no método PROMETHEE II para o rating de bancos e com ênfase na sensibilidade dos resultados no que diz respeito à importância relativa dos critérios de avaliação e dos parâmetros do processo de avaliação. Malczewski e Jackson (2000) fornecem uma visão crítica da pesquisa sobre a análise multicritério da alocação espacial/geográfica de recursos educacionais, reunindo trabalhos de diversas áreas do MCDM para complementar e estender trabalhos clássicos neste contexto.

Al Garni *et al.* (2016) propuseram uma abordagem multicritério de tomada de decisão baseada no AHP para avaliar cinco fontes de geração de energia renovável, considerando as categorias técnico, sociopolítico, econômico e ambiental para os critérios de decisão e um estudo de caso com um grande produtor de petróleo e fornecedor global. Angelis e Kanavos (2017) desenvolveram um processo metodológico de Análise de Decisão Multicritério baseado na Teoria de Valor Multiatributo para, então, construir um modelo de avaliação multicritério com o objetivo de avaliar novos medicamentos.

Chen *et al.* (2011) descreveram um sistema governamental de apoio à decisão em uma abordagem de análise multicritério para selecionar as melhores alternativas de plano ou estratégias em bacias ambientais, baseando-se no AHP fuzzy para determinar as ponderações de preferência dos critérios. Boran (2011) propuseram empregar o método TOPSIS estendido a ambientes fuzzy para selecionar o pessoal adequado entre os candidatos, onde um exemplo numérico de seleção de pessoal em uma empresa de manufatura para um cargo de gerente de vendas foi considerado para demonstrar a aplicabilidade e eficácia da abordagem.

Ebrahimnejad *et al.* (2012) consideram um problema de seleção de projeto de construção sob múltiplos critérios em um ambiente de incerteza e risco e propõem uma abordagem de tomada de decisão em grupo de duas fases, integrando o método ANP para determinar a importância relativa dos critérios e o VIKOR para classificar projetos potenciais com base em seu desempenho geral. Rao e Patel (2010) enfrentam um problema multicritério frequentemente enfrentado no setor de manufatura das organizações integrando os métodos PROMETHEE e AHP.

Um ponto crucial nas decisões multicritério consiste na escolha do método a ser utilizado no modelo decisório. O método empregado na construção do modelo está diretamente relacionado às características do contexto decisório, de modo que cada problema requer a

construção de um modelo específico tendo como base um método adequado. Além de características técnicas, há condicionantes organizacionais que influenciam essa escolha, como por exemplo, o tempo disponível para a tomada de decisão (ALMEIDA, 2010).

A escolha do método multicritério está fundamentalmente relacionada com a estrutura de preferências do decisor. Vincke (1992) estabelece três relações básicas de preferências: Preferência estrita (P), Indiferença (I) e Incomparabilidade (J), que estabelecem a desejabilidade do decisor diante de duas ações potenciais. A Preferência estrita (P) consiste em haver motivos claros para o decisor justificar a preferência significativa em prol de um dos dois elementos. A Indiferença (I) consiste em haver motivos óbvios que faz o decisor justificar a equivalência entre os elementos. E por fim, a Incomparabilidade (J) consiste na ausência de razões que justifiquem qualquer uma das situações anteriores.

Além das três relações básicas, outras estão presentes na modelagem de preferências. São elas: Preferência fraca (Q), Não Preferência (\sim), Presunção de Preferência e Sobreclassificação (S). A Preferência fraca (Q) ocorre quando o decisor exerce uma preferência de menor intensidade, mas cuja intensidade o faz ponderar uma indiferença. Não Preferência (\sim) consiste, de maneira similar à incomparabilidade, à ausência de informação que permita o decisor se posicionar em relação a uma das direções de preferência, de forma que não se pode definir entre a indiferença e a preferência de qualquer intensidade uma alternativa *a* sobre outra *b*, mas há informação para definir que *b* não é preferível a *a*. Presunção de Preferência consiste na existência de motivos óbvios que faz o decisor justificar uma preferência fraca, sem haver uma divisão relevante estabelecida entre os casos de preferência e indiferença. Finalmente, a Sobreclassificação (S) consiste na ocorrência de razões claras para o decisor justificar a preferência estrita ou presunção de preferência em prol de uma das opções, no entanto, não há uma divisão relevante estabelecida entre as situações P, Q e I (ALMEIDA, 2013).

A partir do conjunto de relações que resulta das relações básicas, estruturas de preferências podem ser definidas, cujas propriedades só podem ser aplicadas a determinados métodos. Na perspectiva de Almeida (2010), a modelagem de preferência trata o significado dos dados no contexto da decisão, transformando informações em preferências.

Outro fator intrinsecamente relacionado à escolha do método multicritério de decisão é a racionalidade do problema, que pode ser compensatória ou não compensatória. A racionalidade compensatória permite que uma alternativa tenha seu desempenho global obtido pelo trade-off de valores, ou seja, existe a ideia de compensar um menor desempenho de uma alternativa em um dado critério por meio de um melhor desempenho em outro critério. Na não compensatória esta compensação inexistente (YOON e HWANG, 1995). Neste âmbito, Gomes

(2007) pontua que um conjunto de determinados métodos se estruturam na racionalidade compensatória, enquanto que outros se constituem na não compensatória.

A partir destas características, os métodos multicritérios de apoio à decisão são comumente classificados da seguinte maneira (ROY, 1996):

- métodos de critério único de síntese;
- métodos de sobreclassificação;
- métodos interativos.

O primeiro grupo é caracterizado pela agregação de múltiplos critérios em uma função valor e por desconsiderar, em sua maioria, a análise de incomparabilidade (KEENEY; RAIFFA, 1976). Entre os métodos que compõem este grupo, o Modelo Aditivo Determinístico (KEENEY; RAIFFA, 1976), a Teoria da Utilidade Multi-Atributo (MAUT) (KEENEY; RAIFFA, 1976), o SMARTS e SMARTER (*Simple Multi-Attribute Rating Technique*) (EDWARDS; BARRON, 1994), o *Analytic Hierarchy Process* (AHP) (SAATY, 1980), a técnica TOPSIS (*Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution*) (HWANG; YOON, 1981) e o FITradeoff (*Flexible and Interactive Trade-off*) (ALMEIDA *et al.* 2016) destacam-se como os principais.

Vincke (1992) afirma que o segundo grupo de métodos permite a análise da relação de incomparabilidade, em que a família de métodos ELECTRE e PROMETHEE destacam-se como as mais relevantes. Finalmente, os métodos interativos lidam principalmente com métodos de programação linear multiobjetivo. Processos interativos compostos pelas etapas de cálculo e diálogo do decisor com sistemas de apoio à decisão são as principais características dos métodos deste grupo.

Para Almeida (2013), os métodos MCDA são essenciais na medida em que não se pode fazer uma representação de todos os aspectos de um problema em questão, mediante a uma única métrica, como por exemplo, em unidades monetárias. Para isso, se faz necessário a construção de modelos de decisão multicritério. O autor complementa definindo um modelo como uma interpretação formal e simplificada do mundo real, de modo que sua utilização permite a análise de problemas reais pela agregação de componentes, parâmetros, agentes e variáveis ao modelo.

Durante a construção do modelo, os critérios, as consequências e valores das alternativas, e as preferências do decisor são estudadas. Em outras palavras, o processo consiste em obter uma representação a essência da questão estudada. Essa representação visa agregar detalhes e informações mais precisas do problema. Para encerrar o processo de apoio à decisão

multicritério, a utilização do modelo possibilita a análise dos resultados, assim como suas ações posteriores (BOUYSSOU *et al.* 2000).

2.3.1 Problemáticas de decisão

Um aspecto fundamental na análise multicritério é a compreensão do problema enfrentado pelo decisor. Em outras palavras, durante a estruturação do processo decisório, é primordial compreender o tipo de problemática em que a decisão está inserida. A escolha do método de apoio à decisão multicritério também está ligada ao tipo de problemática em que o problema está inserido (DOUMPOS e ZOPOUNIDIS, 2002). Roy (1996) estabelece quatro tipos de problemáticas: Problemática de seleção, Problemática de classificação, Problemática de ordenação, e Problemática de descrição. Além disso, de acordo com Belton e Stewart (2002), um tipo adicional vem sendo considerado e amplamente estudado, que é a Problemática de Portfólio.

A Problemática de escolha tem como objetivo selecionar a melhor alternativa ou subconjunto de alternativas, visando encontrar um subconjunto A' dentro do conjunto A . Os elementos de A são comparados entre si com o objetivo de eliminar o maior número de alternativas possíveis, e como resultado obtém-se a alternativa ou o subconjunto selecionado. A Problemática de classificação tem como intuito a alocação de cada alternativa em uma classe ou categoria. Normas estabelecidas são seguidas para o processo de classificação das alternativas e a organização ou triagem das ações define o resultado do processo (ALMEIDA, 2010).

A Problemática de ordenação tem como propósito ordenar as alternativas. Em outras palavras, pode ser definida como o processo de estabelecer uma ordem para cada alternativa contida nesse subconjunto. A Problemática de descrição tem como objetivo esclarecer a decisão por meio de uma descrição e relato das alternativas. Todas as informações das alternativas necessárias para que o decisor possa compreender melhor as características de cada ação são devidamente definidas e organizadas. Por último, a Problemática de portfólio tem como objetivo escolher um subconjunto de alternativas A' dentro de um conjunto grande de ações A , que atenda aos objetivos organizacionais, sob uma ou mais restrições impostas (GOMES *et al.*, 2002).

Problemas de decisão multicritério que se enquadram nas problemáticas de escolha e ordenação podem ser resolvidos por meio de diversos métodos MCDM. Considerando a natureza compensatória entre critérios, o modelo de agregação aditivo, o SMARTS e

SMARTER, o AHP, o MAUT, o FITradeoff, o TOPSIS, entre outros, são alguns métodos que podem ser empregados. Todavia, para situações em que não há compensação entre critérios, os métodos da família PROMETHEE e o método TATIC se aplicam para estas problemáticas, os ELECTREs I e IS são utilizados no contexto da problemática de escolha e os ELECTREs II, III e IV são empregados no contexto da problemática de ordenação (ALMEIDA, 2013).

Para problemática de classificação, os métodos FITradeoff de classificação, ELECTRE TRI e UTADIS são os mais comumente utilizados para solucionar problemas multicritério desta natureza. Na problemática de portfólio, o método PROMETHEE V é bastante utilizado, além de abordagens que usam métodos de critério único de síntese com restrições de recursos e Programação Linear. Por fim, os métodos de estruturação de problemas (*Problem structuring methods* - PSM) como o SSM, o SCA e o SODA são alguns que podem ser abordados para resolver situações que se enquadram na problemática de descrição (ALMEIDA, 2010).

2.3.2 Método FITradeoff

Proposto por Almeida *et al.* (2016), o método Tradeoff Interativo e Flexível, ou FITradeoff, é um método de critério único de síntese voltado para problemas de decisão onde o tomador de decisão possui racionalidade compensatória. O método se baseia no tradeoff clássico, trazendo duas vantagens essenciais. Primeiramente, o FITradeoff solicita uma quantidade menor de informação por parte do decisor. Segundo, a informação solicitada é cognitivamente mais fácil de ser fornecida.

O FITradeoff pertence ao conjunto de métodos da Teoria do Valor Multiatributo (MAVT), que consiste em uma teoria para auxiliar a resolução de problemas de decisão multicritério, onde um modelo é construído a fim de associar a cada elemento do conjunto A um índice de preferência, obtido por meio de uma função valor, criando assim uma estrutura para comparação desses elementos (KEENEY; RAIFFA, 1993).

Uma questão crítica na Teoria do Valor Multiatributo é a elicitación dos valores das constantes de escala dos critérios, caracterizando-se como uma tarefa complexa para o decisor (EUM; PARK; KIM, 2001). Para lidar com isto, alguns procedimentos têm sido desenvolvidos, sendo o procedimento de elicitación por *tradeoffs* (*tradeoff* tradicional) o mais conhecido (KEENEY; VON WINTERFELDT, 2007).

É sabido que a elicitación baseado em *tradeoffs* é o procedimento com maior rigor, por ser fundamentado em uma forte estrutura axiomática (ALMEIDA, 2013). Porém, ele não é consistentemente empregado pelo fato do decisor ter dificuldades em responder muitas

perguntas e/ou definir diretamente o valor de indiferença entre as consequências, acarretando inconsistências em suas respostas.

Fornecer uma informação completa pode representar um alto custo cognitiva para o decisor. De maneira oposta a estabelecer valores exatos, existem casos em que o decisor pode apenas fornecer informações conhecidas como incompletas ou parciais, por meio de relações que expressam informações imprecisas (ALMEIDA *et al.*, 2016). O método FITradeoff faz uso de informação incompleta ou parcial para obtenção das constantes de escala dos critérios no contexto MAVT. Ele utiliza a mesma base axiomática do procedimento de tradeoff tradicional (KEENEY; RAIFFA, 1993), contudo, o decisor não é solicitado a estabelecer pontos exatos de indiferença entre pares de consequências. Em oposição, o FITradeoff permite que o decisor forneça relações de preferência estrita a fim de encontrar uma solução para o problema decisório, o que é cognitivamente mais fácil do que estabelecer relações de indiferença.

O método possui tal denominação devido a eliciação ser conduzida junto ao decisor através de um processo interativo e flexível. A interatividade ocorre, pois, a cada pergunta realizada, o método tenta encontrar uma solução para o problema. Já a flexibilidade está presente uma vez que avalia sistematicamente a possibilidade de encontrar a solução do problema enquanto o processo elicitatório está sendo conduzido. O método não requer que o decisor siga uma sequência fixa de perguntas. Com isso, é permitido a ele pular perguntas nos casos de não sentir segurança em responder, sendo possível também interromper o processo. O FITradeoff possibilita ainda que o decisor visualize os resultados parciais obtidos a partir da informação atual. Isso é feito através de gráficos, e pode ajudá-lo a ter uma visão comparativa entre as alternativas concorrentes e chegar a uma solução mais rapidamente. (ALMEIDA *et al.*, 2016).

O FITradeoff requisita um esforço cognitivo menor por parte do decisor quando comparado ao tradeoff tradicional pelo fato de exigir declarações de preferência estrita, que são mais fáceis de serem fornecidas do que declarações de valores de indiferença entre as consequências. Como resultado, é esperada uma taxa de inconsistências menor. Logo, o método supera as principais carências do procedimento de tradeoff tradicional, mas mantendo suas propriedades e forte base axiomática (ALMEIDA *et al.*, 2016).

Embora este método tenha sido inicialmente desenvolvido para tratar da problemática de escolha, suas características de interatividade, flexibilidade e uso de informação parcial para encontrar soluções complexas fizeram com que extensões do FITradeoff para outras problemáticas fossem também formuladas (KANG, 2018).

Diversas aplicações do FITradeoff em diferentes contextos são encontradas na literatura. Correia *et al.* (2021) propõem um modelo de decisão para ranquear estações de trabalho em uma indústria calçadista, integrando dois métodos de estruturação de problemas e o FITradeoff para a modelagem de preferência com o decisor. Poletto *et al.* (2020) desenvolveram uma abordagem multicritério combinando a metodologia VFT e o método FITradeoff para apoiar decisões relacionadas à terceirização de tecnologia da informação, com o objetivo de apoiar a avaliação e priorização de serviços de TI em um contexto de terceirização.

Kang *et al.* (2018) propuseram um modelo de decisão baseado no método FITradeoff com o objetivo de auxiliar a tomada de decisão multicritério no contexto do planejamento energético, considerando, ao avaliar tecnologias de geração de energia elétrica, situações em que as informações disponíveis são incompletas. Frej *et al.* (2017) apresentam um modelo de decisão para resolver um problema de seleção de fornecedores em uma indústria de alimentos, em que a modelagem de preferência foi realizada de forma flexível e interativa com o decisor por meio do FITradeoff, de forma que menos esforço foi gasto em encontrar uma solução final para o problema.

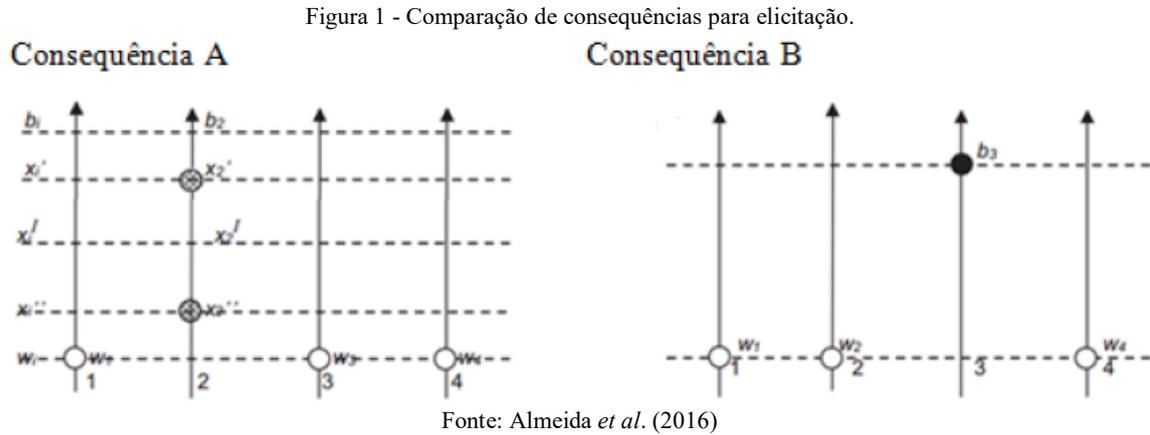
2.3.2.1 FITradeoff de escolha

O problema de localização abordado no presente trabalho consiste em uma problemática de escolha, podendo então, ser usado o FITradeoff de escolha na construção do modelo. No entanto, a problemática de ordenação foi considerada no modelo a fim de proporcionar segurança sobre a condição de inviabilidade da alternativa posicionada na primeira colocação, possibilitando, assim, opções substitutas para o decisor.

O FITradeoff para problemática de escolha foi proposto por Almeida *et al.* (2016) e tem como objetivo superar as inconsistências do procedimento de Tradeoff clássico, empregando o conceito de flexibilidade e interatividade ao processo de elicitação das constantes de escala do problema. O método foi construído em um sistema de apoio à decisão (SAD), realizando três etapas para então finalizar o processo com a recomendação encontrada e exportar os resultados

De maneira exemplificada, suponhamos um problema multicritério que possui quatro critérios hipotéticos. No FITradeoff, a etapa de ordenação das constantes de escala é feita de maneira semelhante ao método tradeoff clássico. Suponhamos que a constante de escala do critério 2 (k_2) é maior do que a constante de escala do critério 3. Assim, no momento de comparação de consequências, o decisor irá fornecer relações de preferência estrita com base

em valores de x_2 em torno do ponto de indiferença. A figura 1 ilustra essa comparação de consequências.



Conforme ilustrado na figura 1, se o valor x_2^I for o ponto de indiferença entre as duas consequências, o decisor irá declarar preferência pela consequência A no caso de $x_2 = x_2'$, de modo que a função intracritério da consequência A, aqui, será maior do que a da consequência B. Se o valor de $x_2 = x_2''$, o decisor irá declarar preferência pela consequência B, de maneira que a função intracritério da consequência B será maior do que a da consequência A. De posse destas afirmações de preferência estrita por parte do decisor e considerando que o valor global das consequências é calculado pela função de agregação aditiva $v(x) = \sum_{j=1}^n k_j \times v_j(x_j)$, as inequações a seguir são obtidas:

$$k_2 \times v_2(x_2') > k_3 \quad (1)$$

$$k_2 \times v_2(x_2'') < k_3 \quad (2)$$

A partir destas inequações e ampliando para n critérios, o seguinte espaço de pesos pode ser definido:

$$\varphi_n = \left\{ (k_1, k_2, k_3, \dots, k_n), \text{ onde } \sum_{i=1}^n k_i = 1; k_i \geq 0 \right. \\ \left. \begin{array}{l} k_1 \times v_1(x''_1) < k_2 < k_1 \times v_1(x'_1); \dots; \\ k_i \times v_1(x''_i) < k_{i+1} < k_i \times v_1(x'_i); \dots; \\ k_{n-1} \times v_1(x''_{n-1}) < k_n < k_{n-1} \times v_1(x'_{n-1}) \end{array} \right\} \quad (3)$$

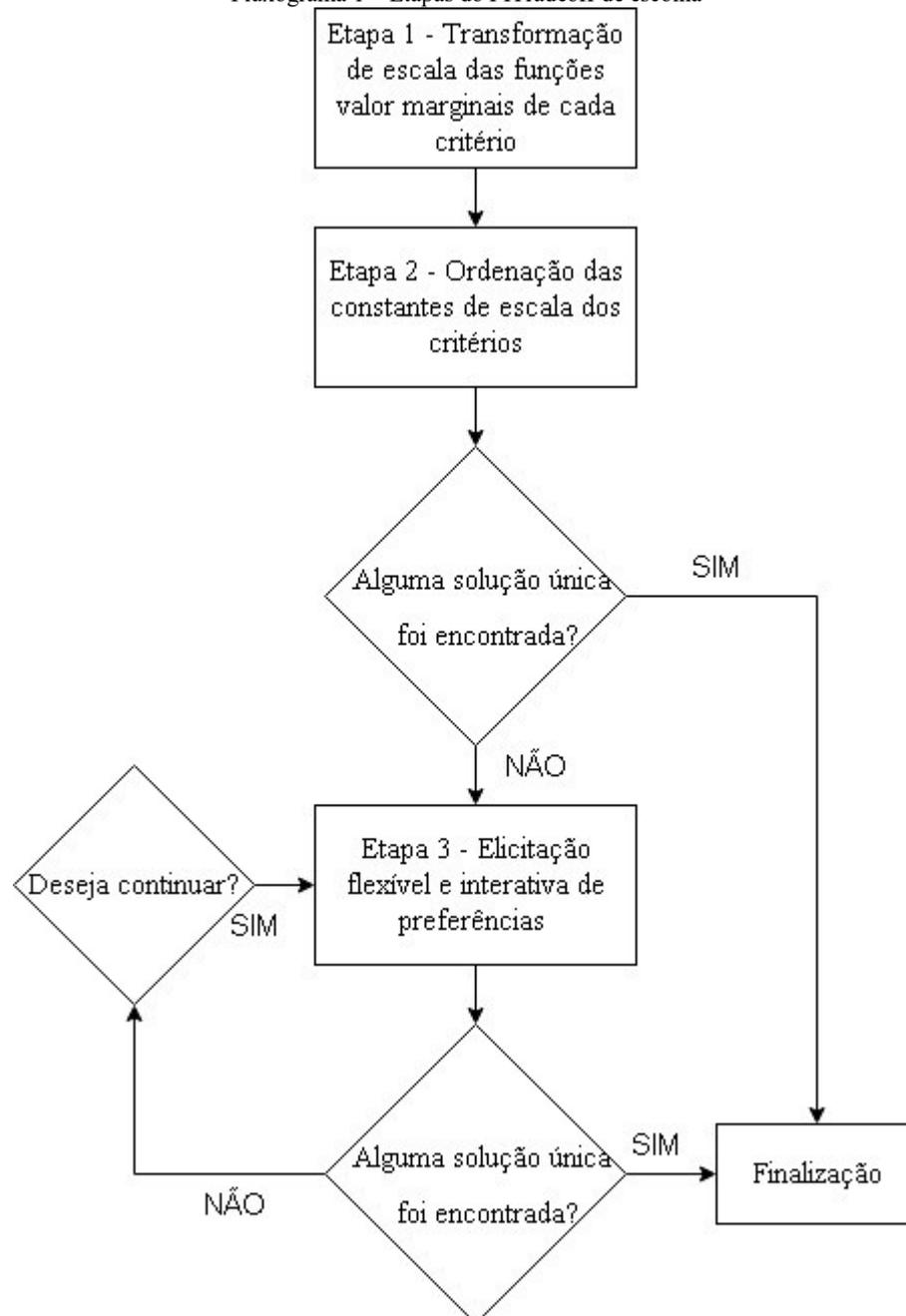
No decorrer do processo, mais questões desta natureza são respondidas pelo decisor e, consequentemente, novas inequações são obtidas, de tal forma que o espaço de pesos é reduzido. A cada declaração fornecida pelo decisor, o SAD calcula o desempenho das alternativas no espaço de pesos atual, por meio de problemas de programação linear (PPL), através de um processo iterativo:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Max } \sum_{i=1}^n k_i \times v_i(p_{ij}), j = 1, \dots, m \quad \text{sujeito a:} \\ k_1 > k_2 > \dots > k_n \\ k_i \times v_i(x'_i) > k_{i+1}; \quad i = 1 \text{ a } n - 1 \\ k_i \times v_i(x''_i) < k_{i+1}; \quad i = 1 \text{ a } n - 1 \\ \sum_{i=1}^n k_i \times v_i(p_{ij}) \geq \sum_{i=1}^n k_i \times v_i(p_{iz}), z = 1, 2, \dots, m, z \neq j \\ \sum_{i=1}^n k_i = 1 \\ k_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, n \end{array} \right\} \quad (4)$$

No PPL representado por (4), as variáveis de decisão são as constantes de escala k_1, k_2, \dots, k_n , e p_{ij} representa o payoff da alternativa j no critério i . Tal PPL é executado, a cada interação com o decisor, para cada uma das alternativas, testando a condição potencialmente ótima destas. O conceito de alternativa potencialmente ótima ocorre quando uma alternativa possui valor global maior ou igual ao valor global de todas as outras alternativas, simultaneamente, para pelo menos um conjunto de pesos dentro do espaço de pesos φ .

O fluxograma 1 apresenta a estrutura do SAD do método FITradeoff para problemática de escolha. Antes da execução das três etapas que compõem o método, o SAD considera como input informações sobre os conjuntos de alternativas e critérios e os desempenhos de cada alternativa no formato de uma matriz de consequências.

Fluxograma 1 – Etapas do FITradeoff de escolha



Fonte: O Autor (2021)

Nota: Adaptado de Almeida *et al.* (2016)

Primeiramente, ocorre a transformação de escala das funções valor marginais v_i de cada critério. Em cada critério, realiza-se a conversão do *range* de valores de consequência em uma nova escala em que o pior desempenho encontrado é relacionado ao valor zero, e o melhor ao valor um. Portanto, para determinado critério i , os valores b_i e w_i das alternativas com melhor e pior desempenho nesse critério serão, respectivamente, associados aos valores 1 e 0. Ou seja, $v_i(b_i) = 1$ e $v_i(w_i) = 0$, baseado no procedimento de normalização intervalar empregado. Nesta

etapa, também chamada de avaliação intracritério, podem ser consideradas funções não lineares.

A segunda etapa consiste na ordenação das constantes de escala dos critérios. Ainda nesta etapa, ocorre a tentativa de resolução do problema baseada no conjunto disponível de vetores de constantes de escala. No caso de não obtenção de solução, a etapa seguinte caracterizada pelo processo de elicitacão flexível é executada. Assim, a partir das informações fornecidas pelo decisor para as perguntas geradas pelo SAD, os problemas de programação linear (4) são executados para cada uma das alternativas do conjunto A, testando se podem ser definidas como potencialmente ótimas.

Se uma única alternativa ótima for encontrada, ou seja, o número de alternativas no conjunto de alternativas potencialmente ótimas for igual a 1, o processo é finalizado. Senão, o decisor consegue visualizar graficamente e analisar o desempenho das alternativas restantes, podendo decidir se deseja ou não continuar o processo de elicitacão. A flexibilidade do método permite ao decisor encerrar o processo de elicitacão caso ele analise que um dado resultado parcial já é satisfatório, ou quando não estiver mais apto a fornecer informações.

Se o decisor estiver propenso a continuar, suas preferências são extraídas através de declarações de preferência entre pares de consequências conforme ilustradas na figura 1. Uma flexibilidade mais acentuada do método é evidenciada pois há a possibilidade de o decisor, em sua resposta, declarar preferência em favor de uma das consequências, indiferença entre elas, ou somente passar para outra questão caso julgue muito difícil de responder.

Desse modo, com base na informação dada pelo decisor, a inequação 1 ou 2 é estabelecida em cada ciclo de elicitacão interativa e flexível, fazendo com que o espaço de pesos mostrado em 3 seja reduzido. Assim, o desempenho das alternativas considerando o novo conjunto de alternativas e este novo espaço de pesos será calculado, obtendo-se um conjunto atualizado de alternativas potencialmente ótimas. Este processo se repete até que uma solução única seja encontrada ou o decisor não esteja mais disposto a continuar a elicitacão.

2.3.2.2 FITradeoff de ordenação

A problemática de ordenação auxilia na alocação de alternativas em ordem decrescente de preferência, baseando-se em uma estrutura de preferências. Em decorrência disto, uma ordem, completa ou parcial, formando classes que contém ações consideradas equivalentes é recomendada (ROY, 1996).

Desenvolvido por Frej *et al.* (2019), o FITradeoff de ordenação possui etapas semelhantes ao FITradeoff de escolha (ALMEIDA *et al.*, 2016), porém, alguns pontos essenciais os diferenciam. Na problemática de escolha, o PPL 4 é usado para analisar a possibilidade de maximização do valor global de cada alternativa, para então, as alternativas potencialmente ótimas do problema para o atual espaço de pesos serem definidas. Em cada ciclo de elicitacão, quando o decisor declara uma preferência em favor de uma certa consequência, o espaço de pesos é atualizado e o conjunto de alternativas potencialmente ótimas vai sendo reduzido, até que somente uma alternativa integre tal conjunto, sendo definida como a solução do problema de escolha.

Porém, diferentes vetores de pesos do espaço φ podem resultar em ordenações distintas das alternativas, ainda que a alternativa posicionada na primeira colocação se mantenha a mesma. Por isso, o conceito de alternativa potencialmente ótima, presente no FITradeoff de escolha, apresenta-se falho para tratar da problemática de ordenação. Para enfrentar esta questão, o conceito de dominância par a par entre as alternativas é utilizado para assim, construir uma ordenação parcial ou completa das alternativas, baseada nas declarações de preferência fornecidas pelo decisor até o momento. Este conceito afirma que uma alternativa é dominada por alguma outra se, e somente se, o valor global dela é menor do que o valor global da outra para qualquer vetor de pesos dentro do espaço φ .

Com o objetivo de avaliar as relações de dominância entre as alternativas, Frej *et al.* (2019) propõem um novo PPL em substituição ao PPL 4. Neste caso, para cada ciclo, o PPL 5 definido a seguir é executado para cada par de alternativas possível. As diferenças dos modelos de programação linear de ordenação e escolha são, basicamente, a alteração da função objetivo e a eliminação no PPL 4 da restrição de potencial otimalidade.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Max } D(A_j, A_k) = \sum_{i=1}^n k_i \times v_i(A_j) - \sum_{i=1}^n k_i \times v_i(A_k), \quad \forall j, k ; j \neq k \text{ sujeito a:} \\ k_1 > k_2 > \dots > k_n \\ k_i \times v_i(x'_i) > k_{i+1}; \quad i = 1 \text{ a } n - 1 \\ k_i \times v_i(x''_i) < k_{i+1}; \quad i = 1 \text{ a } n - 1 \\ \sum_{i=1}^n k_i = 1 \\ k_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, n \end{array} \right\} \quad (5)$$

A partir dos resultados do PPL 5 em cada execução, obtêm-se uma matriz de dominância par a par. Com esta matriz, é possível, a cada ciclo, construir um ranking parcial ou completo das alternativas, a depender do nível de informação fornecido pelo decisor.

No contexto de ordenação, faz-se necessário enfatizar o conceito de grupo. Grupo pode ser definido como um subconjunto de alternativas que estão em uma determinada posição da ordenação. Estas alternativas do grupo são consideradas, dado o atual nível de informação

obtida, incomparáveis entre si. Conforme mais informação é extraída do decisor, os grupos podem ser redefinidos.

Na etapa de elicitação, o espaço de pesos é atualizado a cada resposta dada pelo decisor e o procedimento descrito acima é executado novamente a cada ciclo, estabelecendo novas relações de dominância, de maneira que a ordenação vai sendo redefinida. O decisor fornecerá informações até que todas as alternativas sejam ordenadas. Em outras palavras, todas as alternativas são ordenadas quando o número de grupos formados é igual ao número de alternativas. Pelo conceito de flexibilidade inerente ao método, o decisor pode finalizar a elicitação antes da construção de um ranking completo se ele não estiver mais disposto a declarar preferências. Neste caso, um relatório com o resultado parcial obtido é gerado.

Durante o processo, em determinado instante para o atual espaço de pesos, há a possibilidade de duas alternativas estarem muito próximas com relação aos seus valores globais. Estas alternativas podem ser consideradas equivalentes caso a maior diferença entre os valores globais das alternativas for menor do que certo limiar, considerando todos os possíveis vetores de pesos. Com isso, um limiar de equivalência estabelecido pelo decisor pode ser criado, estabelecendo o valor para a diferença máxima entre alternativas a partir do qual ambas podem ser consideradas equivalentes. Se, diante do limiar de equivalência, algumas alternativas fizerem parte do mesmo grupo caracterizado por indiferença entre elas, grupos de alternativas equivalentes contendo duas ou mais são criados. A fim de se continuar com o processo elicitação e ter regra de parada, um subgrupo será considerado como uma alternativa já posicionada no ranking.

2.3.2.3 FITradeoff de classificação

Analiticamente, essa problemática lida com a designação de um conjunto finito A composto por m alternativas em k classes predefinidas C_1, \dots, C_k . Frequentemente, a classificação ordinal é utilizada, em que uma ordem de preferências caracteriza as categorias, ou seja, existem categorias que contém as alternativas mais desejáveis e aquelas que incluem as menos desejáveis. Portanto, a seguinte relação $C_1 < C_2 < \dots < C_{k-1} < C_k$ é estabelecida de forma que cada alternativa deve ser alocada a uma única classe, possuindo esta, limites específicos que a diferencie das outras (DOUMPOS; ZOPOUNIDIS, 2004).

Um método desenvolvido com o intuito de lidar com problemas desta natureza é o FITradeoff para problemática de classificação (KANG *et al.* 2020). As características de

interatividade, flexibilidade e uso de informação parcial inerentes ao FITradeoff de escolha (ALMEIDA *et al.*, 2016) foram, portanto, estendidas para a problemática de classificação.

Uma característica comum na maioria das abordagens existentes que lidam com essa problemática consiste em classificar as alternativas mediante sua comparação com alguns perfis de referência, isto é, alternativas fictícias que definem os limites das categorias, o que nem sempre pode ser realizado de forma clara (DOUMPOS; ZOPOUNIDIS, 2004). Por outro lado, de acordo com Kang e Almeida (2017), no FITradeoff de classificação as categorias são definidas por valores extremos q_r estabelecidos pelo decisor, onde q_r varia no intervalo $[0,1]$. Estes valores limites representam *scores* de avaliação global, de acordo com a agregação aditiva 5.

$$v(a_j) = \sum_{i=1}^n k_i \times v_i(a_j) \quad (5)$$

Onde k_i e $v_i(a_j)$ são, respectivamente, a constante de escala do critério i e a função intracritério da alternativa a_j no critério i . A Tabela 1 ilustra as relações entre as definições das categorias e os valores q_r , em que $q_0 < q_1 < \dots < q_{k-1} < q_k$, $q_0 = 0$ e $q_k = 1$. Logo, se uma alternativa j do conjunto A possui valor global $v(a_j)$ pertencente ao intervalo $[q_{r-1}, q_r]$, ela é designada para a categoria C_r . As k categorias consecutivas são definidas quando o decisor especifica $k-1$ valores q_r .

Tabela 1 - Categorias e definições de acordo com os valores q_r

Categoria	Definição
C_k	$q_{k-1} < v(a_j) \leq q_k$
C_{k-1}	$q_{k-2} < v(a_j) \leq q_{k-1}$
⋮	⋮
C_r	$q_{r-1} < v(a_j) \leq q_r$
⋮	⋮
C_1	$q_0 \leq v(a_j) \leq q_1$

Fonte: O Autor (2021)

Nota: Adaptado de Kang e Almeida (2017)

Com relação à definição dos valores q_r , o decisor pode interpretar tais valores como porcentagens do intervalo $[0,1]$. Nesse intervalo, 0 consiste na performance global de uma alternativa com pior desempenho em todos os critérios e 1 no desempenho de uma alternativa com melhor performance em todos os critérios, segundo o modelo aditivo. Para exemplificar, os valores q_2 e q_3 definem a categoria C_3 , onde $0 < q_2 < q_3 < 1$, de modo que alternativas com valor global entre q_2 e q_3 são incluídas neste grupo.

É sabido que o método FITradeoff lida com *ranges* de valores viáveis para as constantes de escala dos critérios ou espaço de pesos, logo, fica inviabilizado calcular o valor global $v(a_j)$ de uma alternativa a_j , e conseqüentemente, realizar sua alocação a uma categoria da forma que a Tabela 1 sugere. Desta forma, os problemas de programação linear que compõem o FITradeoff de escolha são alterados para lidar com a problemática de classificação. Assim sendo, o objetivo não mais consiste em reduzir o subconjunto de alternativas potencialmente ótimas, mas verificar se, considerando o atual subespaço de pesos, uma alternativa pode ser classificada em uma única categoria previamente estabelecida através dos valores q_r .

Para viabilizar a atribuição de alternativas a categorias únicas considerando-se um espaço de pesos φ , dois PPLs foram propostos no FITradeoff de classificação a fim de obter soluções robustas apropriadas em toda a faixa de valores viáveis das constantes de escala. Um cenário de maximização e um de minimização do valor global de cada alternativa são considerados, para o atual espaço de pesos, de modo que ela é classificada no caso destes valores globais atenderem às definições de determinada categoria conforme Tabela 1. Deve-se destacar que se os valores globais de ambos os cenários de uma alternativa a_j não estiverem limitados de acordo com a definição de uma única categoria não será possível classificar a alternativa com o atual nível de informação, sendo apresentadas as categorias viáveis para a_j . Os dois PPLs que minimizam (v_{min}) e maximizam (v_{max}) o valor global das alternativas são ilustrados abaixo.

PPL 1:

$$\left\{ \begin{array}{l} v_{min} = \text{Min } \sum_{i=1}^n k_i \times v_i(a_j), j = 1, \dots, m \quad \text{sujeito a:} \\ k_i \times v_i(x'_i) > k_{i+1}; \quad i = 1 \text{ a } n - 1 \\ k_i \times v_i(x''_i) < k_{i+1}; \quad i = 1 \text{ a } n - 1 \\ \sum_{i=1}^n k_i = 1 \\ k_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, n \end{array} \right\} \quad (6)$$

PPL 2:

$$\left\{ \begin{array}{l} v_{max} = \text{Max } \sum_{i=1}^n k_i \times v_i(a_j), j = 1, \dots, m \quad \text{sujeito a:} \\ k_i \times v_i(x'_i) \geq k_{i+1}; \quad i = 1 \text{ a } n - 1 \\ k_i \times v_i(x''_i) \leq k_{i+1}; \quad i = 1 \text{ a } n - 1 \\ \sum_{i=1}^n k_i = 1 \\ k_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, n \end{array} \right\} \quad (7)$$

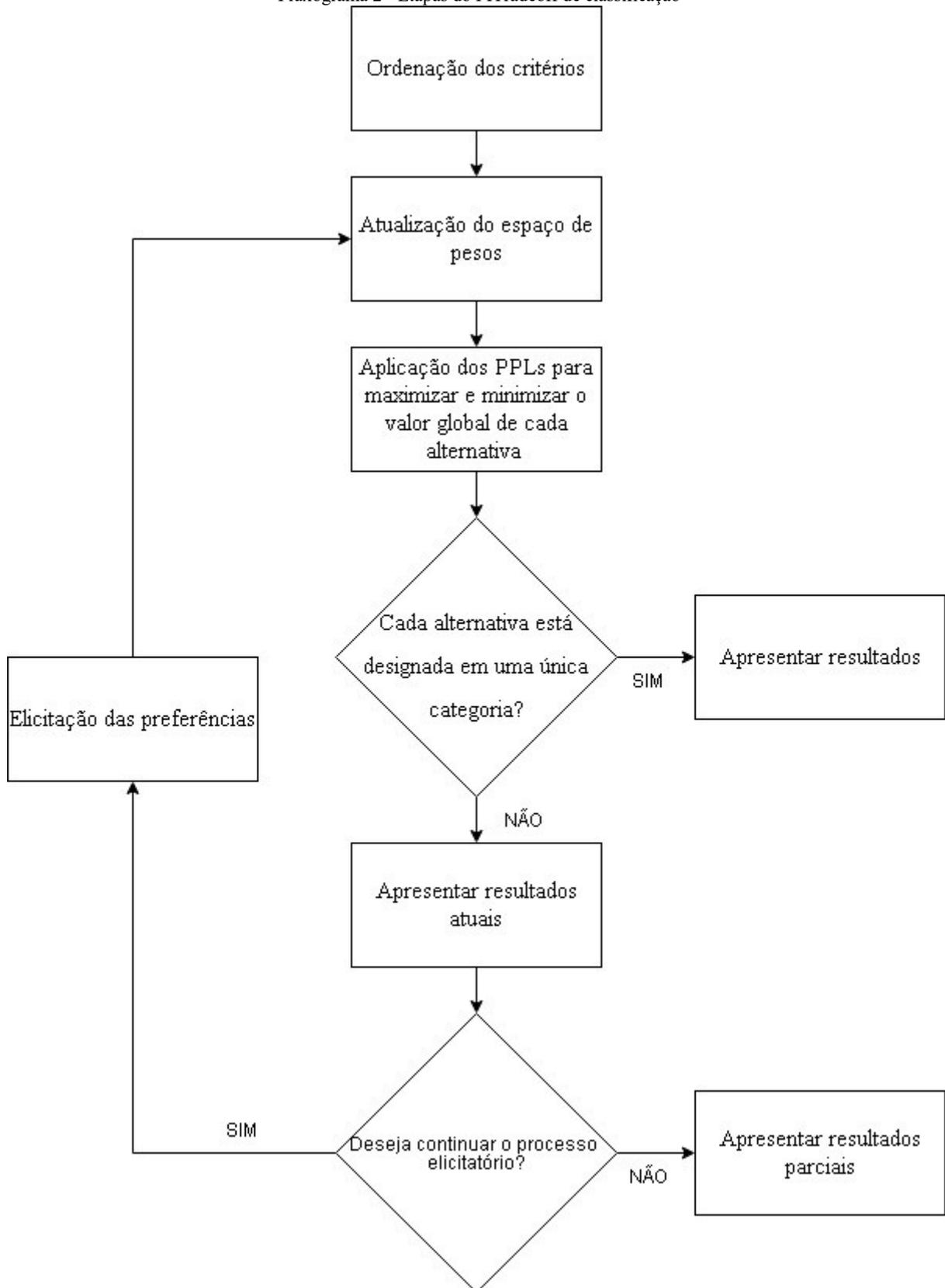
A decisão de atribuição ou não de uma alternativa a uma categoria é conduzida pela regra de classificação que considera a possibilidade, para o atual espaço de pesos, dos seus valores globais máximo e mínimo assumirem valores referentes somente com a categoria em

questão. Em outras palavras, se v_{\min} for maior que q_{r-1} e v_{\max} menor que q_r para uma determinada alternativa e $r \in [1, k]$, então a alternativa é atribuída a C_r .

Em caso de, para um certo espaço de pesos, os valores globais maximizados e minimizados de uma alternativa são tais que não é possível classificá-la em uma única categoria, e se o decisor estiver disposto a fornecer mais informações a respeito de suas preferências durante o processo de elicitación flexível, o espaço de pesos é reduzido. Assim, para o novo espaço de pesos, novos valores globais maximizados e minimizados serão calculados e a alternativa poderá vir a ser classificada em uma única categoria.

O processo de elicitación é finalizado no momento que todas as alternativas são classificadas, quando o decisor não está apto ou não está mais disposto a prosseguir, ou ainda quando os resultados parciais obtidos a partir de um determinado espaço de pesos são considerados pelo decisor suficientes para apoiar a tomada de decisão. O fluxograma 2 apresenta as etapas do FITradeoff para classificação.

Fluxograma 2 - Etapas do FITradeoff de classificação



Fonte: O Autor (2021)
 Nota: Adaptado de Kang *et al.* (2020)

2.3.3 Modelos multicritério para o problema de seleção de localização

No contexto do Problema de Seleção de Localização, geralmente podem ser detectados três componentes básicos, a saber: facilidades, os ativos físicos ou instalações que serão localizadas a fim de fornecer algum tipo de bem ou serviço; localidades; o conjunto de potenciais locais para situar as facilidades; e clientes, os usuários das facilidades que demandam determinados bens ou serviços (SCAPARRA; SCUTELLÀ, 2001).

Para Tammy Drezner e Zvi Drezner (2001), o problema de seleção de localização de instalações é de fundamental importância para qualquer tipo de empresa ou setor, público ou privado. Lidar eficientemente com este tema é essencial para a realização de um bom gerenciamento estratégico, seja uma organização manufatureira ou um prestador de serviços, sendo a localização ótima aquela que traz o maior benefício social, maximizando o nível de serviço prestado.

Os primeiros estudos sobre localização de instalações começaram com economistas e geógrafos (ALFRED WEBER, 1929; VON THÜNEN, 1966). Pesquisadores inicialmente entendiam que o principal ponto a se considerar nos estudos era os custos de transportes na determinação da localização ideal para as instalações. No entanto, múltiplas alternativas de localidade possíveis surgem como opções, cada uma com seus pontos fortes e fracos, de maneira que a decisão em relação à localização envolve a análise de *trade-offs*; ou seja, só é possível ganhar um tipo de benefício ao se abrir mão de outro. Esses *trade-offs*, inerentes à escolha de locais estratégicos, conduzem a uma complexa e minuciosa ponderação das vantagens e desvantagens de cada alternativa.

Atualmente, a literatura acerca deste problema é muito mais vasta e adiciona outros elementos importantes para a construção dos modelos, sendo possível desenvolver diversas formas de tratar o problema em suas inúmeras dimensões. Uma forma robusta de lidar com o problema de localização consiste em analisá-lo sob múltiplos critérios de decisão, sendo alvo de pesquisas na comunidade de estudos através do desenvolvimento de abordagens que tratam dos *trade-offs* presentes mediante modelagem e agregação de preferências do decisor e da avaliação de atributos quantitativos e subjetivos estabelecidos.

Uma vasta gama de critérios para localização de instalações tem sido amplamente estudada nas últimas décadas por pesquisadores. Farhang e Seyedhosseini (2010) constatam que mercado, transporte, mão-de-obra, considerações do prédio, matérias-primas e serviços, utilidades, regulamentação governamental e ambiente comunitário são alguns dos mais utilizados. Chakraborty *et al.* (2013) apresenta um conjunto de critérios que podem ser levados

em consideração para a localização de instalações, são eles: Disponibilidade de mão de obra e pessoal executivo / profissional; Disponibilidade, qualidade e preço de utilidades e serviços; Acesso aos mercados e centros de distribuição; Acesso à matéria-prima e suprimentos; Disponibilidade de meios de transporte; Considerações ambientais e ecológicas; Governo e legislativo (por exemplo, incentivos fiscais); Custo, tamanho, zoneamento e topografia do terreno disponível; Aspectos comunitários (habitação, escolas, custo de vida, etc).

Considerando o caráter estratégico do problema da localização de facilidades e a quantidade de parâmetros e variáveis envolvidos nos modelos que tratam deste problema, bem como a natureza subjetiva que sempre se faz presente em todo processo decisório, é indispensável o uso de uma ferramenta estruturada de suporte que possibilite um apoio na condução do processo de busca de soluções viáveis.

Os métodos multicritérios de apoio à tomada de decisão podem ser vistos como ferramentas matemáticas, sendo utilizado comumente para resolver problemas de tomada de decisão que abrangem critérios conflitantes. Por meio da utilização de tais métodos multicritérios, pode-se resolver problemas de classificação, ordenação e seleção.

Barker e Zabinsky (2011) apresentam um modelo multicritério de tomada de decisão para logística reversa utilizando o AHP para avaliar uma hierarquia de critérios e subcritérios e considerando a escolha dos locais de teste, a seleção dos locais de coleta e a decisão da localidade de processamento. Al Garni e Awasthi (2017) desenvolveram um modelo para avaliar e selecionar a melhor localização para projetos solares fotovoltaicos em escala de utilidade usando sistemas de informação geográfica (GIS) e um método de tomada de decisão multicritério (MCDM). O modelo considera diversos aspectos econômicos e técnicos, com o objetivo de garantir o alcance da potência máxima e, ao mesmo tempo, minimizar o custo do projeto. O método AHP foi aplicado para avaliar os critérios e calcular um índice de adequação a fim de avaliar as localidades potenciais.

Vahidnia *et al.* (2009) consideram o problema específico de criar uma rede bem distribuída de hospitais que forneça seus serviços à população-alvo com o mínimo de tempo, poluição e custo. Para isto, os autores desenvolveram um modelo multicritério que combina o GIS com o AHP Fuzzy, para então, determinar o local ideal para um novo hospital em uma área urbana. O GIS foi usado para calcular e classificar os critérios de governança, enquanto o AHP foi usado para avaliar os fatores de decisão e seus impactos sobre as alternativas de localidade. Popovic *et al.* (2019) forneceram um modelo eficiente para a seleção de uma localidade ideal para a construção de um hotel turístico através da aplicação dos métodos de tomada de decisão SWARA para a determinação dos pesos dos critérios, Soma Ponderada com base nos níveis de

desempenho preferidos do decisor e WS PLP para a priorização final e classificação de alternativas de localização.

Yu *et al.* (2011) apresentam um modelo abrangente para classificar os planos de localização candidatos de vários centros de transporte urbano que pode capturar efetivamente vários aspectos das preocupações no processo de planejamento de trânsito. O modelo considera o método AHP com lógica fuzzy, oferecendo os pontos fortes para determinar efetivamente os pesos para vários critérios de avaliação e para sintetizar a pontuação final de cada plano candidato de localização. Silva *et al.* (2019) propõem um modelo multicritério baseado no procedimento de elicitação FITradeoff para apoiar um decisor na avaliação de uma localização específica para instalação de uma nova Delegacia Estadual de Polícia Militar no Estado de Pernambuco, considerando questões econômicas, sociais, criminais e políticas.

2.3.4 Modelos multicritério de avaliação de fornecedores

Em certos casos, o processo de avaliação de fornecedores considera somente fatores inerentes a custo. No entanto, esta visão está sendo, cada vez mais, vista como ineficiente e suscetível de mudança por algumas organizações, em virtude de haver vários outros atributos que devem ser levados em consideração (HO *et al.*, 2010).

É notória a necessidade das empresas em reestruturar o processo de avaliação de fornecedores abrangendo diferentes critérios no processo, uma vez que a inclinação atual das organizações consiste em construir uma relação baseada em confiança e comprometimento de longo prazo com os seus fornecedores (DULMIN; MININNO, 2003).

Uma abordagem que combine a informação quantitativa disponível com o conhecimento subjetivo de especialistas torna-se imprescindível no que diz respeito atingir o objetivo em um processo decisório. Assim, o uso de modelos e métodos que levem a decisões mais qualificadas é fundamental para lidar com a complexidade adicional incorporada ao processo pelo fato da natureza multicritério de uma decisão (PARTHIBAN *et al.*, 2013).

Há inúmeros trabalhos na literatura referente à avaliação de fornecedores apontando a importância deste tema (BOER *et al.*, 2001). Khodadadzadeh e Sadjadi (2013) realizaram uma importante revisão da literatura apresentada apontando as principais abordagens de tomada de decisão multicritério na avaliação de fornecedores, levando em conta publicações de 2000 a 2012. Wetzstein *et al.* (2016) conduziram uma pesquisa geral de trabalhos publicados entre 1990 e 2015 concluiu que as abordagens matemáticas estruturam os artigos mais importantes no tema.

A partir destas ponderações, a literatura pode não ter alcançado unanimidade quanto à importância dos vários critérios convencionados como essenciais, tendo demonstrado que se tornaram intangíveis e mais difíceis de serem mensurados (REZAEI *et al.*, 2016). Existem, no mínimo, vinte e três critérios identificados por Weber e Current (1993) que podem ser considerados no que tange problemas de avaliação de fornecedores. Destes, custo, qualidade, tempo de espera, nível de serviço, entre outros, abrangem grande parte dos expostos na literatura e estabelecem os atributos triviais empregados para definir o desempenho de compras e como efeito, vinculam as avaliações de desempenho do fornecedor.

Por outro lado, qualidade, preço, performance das entregas, flexibilidade, análise financeira dos concorrentes, análise dos critérios administrativos, análise de competências sociais e aspectos relativos à segurança e meio ambiente são os critérios mais comumente usados por organizações quando vão avaliar seus fornecedores (FARIA; VANALLE, 2006).

Neste contexto, existe uma gama de trabalhos na literatura que abordam a avaliação de fornecedores como um problema multicritério. Grande parte dos estudos recentes relacionados à avaliação multicritério de fornecedores baseia-se em informação completa (CHANG *et al.* 2016). Ho *et al.* (2021) desenvolveram uma ferramenta de tomada de decisão baseada no AHP fuzzy para lidar com a seleção de fornecedor de equipamentos de tratamento de águas residuais. Boran (2009) utilizaram o método TOPSIS combinado com a teoria fuzzy para avaliar o fornecedor adequado em ambiente de tomada de decisão em grupo, em que a média ponderada fuzzy foi empregada para agregar as opiniões individuais dos decisores para classificar a importância dos critérios e alternativas. Alikhani (2019) propuseram uma abordagem baseada em investigações empíricas quantitativas e modelagem analítica de modo que a teoria fuzzy quantificou as entradas dos decisores e o modelo DEA avaliou os fornecedores. Essa abordagem incorpora simultaneamente a sustentabilidade e os fatores de risco dos fornecedores no problema de seleção de fornecedores. O modelo foi desenvolvido para tomadores de decisão neutros e avessos ao risco.

Do mesmo modo, o conceito de informação parcial para avaliação de fornecedores também tem sido alvo de pesquisadores. Büyüközkan e Çifçi (2011) desenvolveram uma abordagem para lidar com o processo de avaliação de fornecedores sustentáveis baseada no método ANP fuzzy considerando uma decisão multicritério em grupo sob relações de preferência incompletas e mantendo o nível de consistência das avaliações. Kim e Ahn (2020) aplicaram o método VIKOR no problema de seleção de fornecedores usando valores incompletos de alternativas e pesos de critérios, em que as alternativas foram classificadas usando as pontuações agregadas de utilidade do grupo e pontuações de arrependimento

individuais. Santos *et al.* (2020) propuseram um modelo multicritério para enfrentar o problema de avaliação de fornecedores em um atacadista e varejista do setor de construção usando informações parciais e o FITradeoff para encontrar a alternativa mais atraente, com base na ordenação dos fornecedores fornecida.

Sob outro ponto de vista, o problema de avaliação multicritério de fornecedores também é estudado na literatura por meio dos métodos de sobreclassificação. Senvar *et al.* (2014) abordaram a versão fuzzy do método PROMETHEE para superar a incerteza que se constitui nas situações de imprecisão da avaliação de fornecedores, concluindo a eficiência do método para decisões em cadeias de suprimentos. Sevcli (2010) consideraram a utilização do método ELECTRE fuzzy no contexto da avaliação de fornecedores em uma empresa de manufatura na Turquia, determinando os critérios que mais afetam a decisão estudada.

2.3.4.1 Modelos multicritério para classificação de fornecedores

O problema de avaliação de fornecedores considerando uma problemática de classificação ainda é pouco explorado na literatura. Nas últimas duas décadas, é possível encontrar 10 trabalhos relacionados ao tema. Todos usam abordagem não compensatória e nenhum apresenta um modelo multicritério que estrutura um critério de decisão para um problema de localização baseado na classificação de fornecedores. A base de dados SCOPUS foi considerada, além das palavras-chave *multicriteria supplier sorting*.

Araz e Ozkarahan (2007) descrevem uma avaliação de fornecedores para *sourcing* estratégico baseada no método PROMETHEE, em que os fornecedores são avaliados considerando suas capacidades e categorizados com base no desempenho geral. Gao e Lv (2009) desenvolveram um novo modelo de gestão baseado no método de classificação multicritério PROMETHEE, levando em conta critérios técnicos para classificar os fornecedores em categorias predefinidas ordenadas.

Junior *et al.* (2013) apresentam um método de decisão de avaliação de fornecedores baseado em inferência *fuzzy*, integrando dois tipos de abordagens: uma regra não compensatória para classificação dos fornecedores em estágios de qualificação e uma regra compensatória para classificação na avaliação final. Sepúlveda (2013) e Sepúlveda e Derpich (2014) apresentam uma aplicação real de um modelo de avaliação e classificação de fornecedores baseado no método *Flowsort*, que além da classificação comum de fornecedores, o modelo classifica os fornecedores para decidir pela continuidade de seus serviços como fornecedores logísticos,

continuar com medidas corretivas ou interromper a prestação de serviços por baixo desempenho.

Sepúlveda e Derpich (2015) apresentam uma análise dos métodos multicritério para classificação de fornecedores ELECTRE e FlowSort em ambientes industriais, aplicando-os em um caso real de uma indústria local de engarrafamento de refrigerantes no Chile. Oliveira e Silva *et al.* (2016) desenvolveram um modelo baseado no método multicritério PROMSORT para classificar fornecedores de forma não compensatória que prestam serviços de reparo de motores, levando em conta critérios de avaliação específicos.

Silva e Alencar (2019) propõem um modelo baseado no método PROMSORT para classificar parceiros de serviços de acordo com o nível de parceria exigido, em que uma obra rodoviária de uma grande construtora foi objeto de estudo. Segura *et al.* (2020) propuseram uma abordagem híbrida multicritério, usando a teoria MAUT para avaliar a qualidade de produtos e o PROMETHEE para completar sua avaliação com critérios estratégicos em uma segunda fase. Os resultados permitem às empresas ordenar os fornecedores por produto e classificá-los de acordo com as principais categorias de critérios. Bagheri *et al.* (2021) desenvolveram um novo método de classificação multicritério HF-MAIRCA para selecionar um fornecedor ambiental considerando fatores de risco sob incerteza, usando-o para classificar as alternativas em categorias de fornecedores pré-definidas e ordenadas.

3 MODELO

O procedimento para resolução de problemas decisórios envolvendo múltiplos critérios inclui a estruturação e desenvolvimento de abordagens que incorpore as características específicas e nuances de determinado contexto organizacional. Existem várias visões na literatura sobre formas de se construir modelos no âmbito da análise multicritério. Elas se diferenciam principalmente na estruturação das etapas de construção.

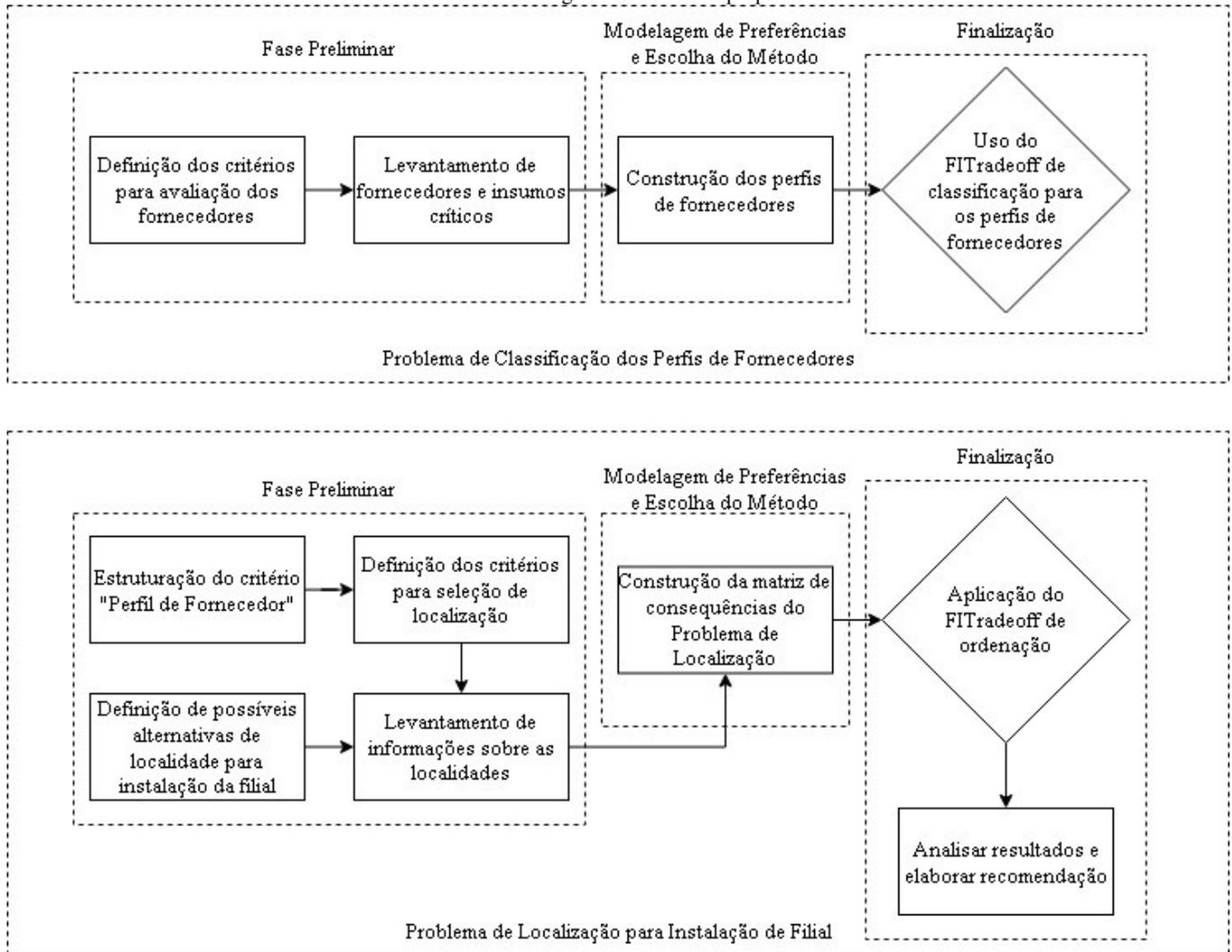
Roy (1996) estabelece que inicialmente se define o objeto da decisão e forma de recomendação, realiza a análise de consequências e desenvolvimento de critérios, modela as preferências e agrega as performances e, por fim, executa a investigação da solução e recomendação. Para Belton e Stewart (2002), primeiramente deve-se identificar e estruturar o problema, para então, construir o modelo e usá-lo para informar e desafiar o pensamento, e finalmente, desenvolver um plano de ação.

No presente trabalho, o modelo multicritério proposto será adaptado de um procedimento mais recente proposto por Almeida (2013). Neste procedimento, três etapas fundamentais são estabelecidas: a fase preliminar, em que os elementos básicos para a compreensão do problema são definidos; a modelagem de preferências e escolha do método, em que os fatores que eventualmente mais impactam a escolha do método são definidos; e finalização, caracterizadas pelos processos finais para resolução do problema e elaboração da ação recomendada.

O modelo proposto no presente trabalho tem o objetivo central de propor, primeiramente, uma estruturação de um critério de seleção de localização através da classificação dos perfis dos fornecedores, para então, lidar com o problema de localização de nova instalação de uma organização em processo de aprimoramento gerencial e expansão da área da construção civil. O modelo multicritério de agregação aditivo será utilizado para solucionar os problemas, com elicitación de preferências por meio de tradeoffs flexíveis e interativos. Spliet e Tervonen (2014) afirmam que este processo de agregação é, na prática, o mais frequentemente aplicado em um modelo de decisão multicritério. Por outro lado, para Riabacke *et al.* (2012), pesquisas recentes consideram a elicitación dos pesos dos critérios como uma questão central no processo decisório.

A estruturação do modelo proposto consiste nas seguintes etapas principais ilustradas no fluxograma 3.

Fluxograma 3 – Modelo proposto



Fonte: O Autor (2021)

3.1 ETAPAS DO MODELO

3.1.1 Problema de classificação dos perfis de fornecedores

3.1.1.1 Fase preliminar

Inicialmente, na fase preliminar, documentos serão colhidos e entrevistas realizadas com o decisor de modo que informações de entrada essenciais para o tratamento dos problemas sejam levantadas. A definição de critérios para avaliação dos fornecedores será conduzida de maneira que a empresa deve elencar critérios que julgam potencialmente relevantes para a tomada de decisão. Neste caso, considerando a empresa objeto de estudo e as restrições de

projeto definidas pelo PMI (2017), os critérios de avaliação de fornecedores abordados serão custo, qualidade e impacto no cronograma.

Em seguida, os fornecedores e insumos críticos da organização são levantados. Especificamente, a organização será solicitada a estabelecer um conjunto de insumos que, de acordo com seu processo produtivo, mais significativamente influencia em cada uma destas restrições de projeto. Como consequência, os fornecedores de tais materiais serão enumerados e avaliados em cada uma das restrições de projeto, sendo considerados aqueles situados nas potenciais localidades.

A partir dos dados levantados relacionados aos potenciais impactos sobre os projetos que podem advir dos fornecedores, torna-se necessário estabelecer métricas associadas aos critérios de avaliação considerados sobre os efeitos dos projetos. Portanto, como citado no início desta subseção, serão consideradas algumas das principais restrições de projetos indicadas pelo PMI (2017), a saber, custo, qualidade e cronograma, como critérios de avaliação de fornecedores.

Para estabelecer essas métricas, foi utilizado um projeto padrão que representava a composição de custos, requisitos de qualidade, semelhanças de atividades e a proporção de sua duração em relação ao cronograma do projeto. É importante notar que o tamanho do orçamento não é relevante para o projeto padrão, mas sim como ele é dividido em seus componentes relacionados aos itens obtidos de fornecedores. Da mesma forma, para o cronograma, as informações relevantes são o gargalo potencial e os itens que poderiam atrasar o término do projeto se o fornecedor não cumprir o prazo. A qualidade pode ser representada pelos itens relacionados aos principais problemas de qualidade.

O projeto padrão deve considerar características aproximadamente semelhantes a todos os projetos desenvolvidos pela construtora ou por uma parte deles que ela representará. Uma organização pode desenvolver projetos muito diferentes, mas assumimos que as empresas tendem a se concentrar em projetos com algumas semelhanças devido a questões estratégicas.

Outros aspectos que reforçam essa característica são a utilização do processo de aprendizagem, a consolidação da tecnologia e o desenvolvimento dos recursos humanos. Em grandes organizações, entretanto, a diversificação do projeto é esperada. Nesse caso, o modelo pode ser desenvolvido considerando mais de um projeto padrão de acordo com os clusters de investimento do projeto, ou seja, conjuntos de projetos que atendem a objetivos diferentes, como por exemplo, projetos de diferentes áreas (estradas e edificações) ou diferentes públicos

alvo (construções para fins comerciais e residenciais) etc. Organizações que gerenciam programas podem se beneficiar mais devido à gestão integrada do escopo do programa.

3.1.1.2 Modelagem de preferências e escolha do método

Após estas etapas de levantamento de informações requeridas pelo modelo proposto, ocorre a construção dos perfis de fornecedores. Para construir estes perfis, os fornecedores serão avaliados com relação a critérios importantes referentes aos materiais essenciais do processo produtivo. Esse perfil poderia refletir, em termos globais, que certo fornecedor possui um perfil melhor que outro em termos do nível de impacto para atendimento às restrições de projeto da organização. Essa etapa é de extrema importância por lidar diretamente com uma questão que influencia fortemente a competitividade da empresa objeto de estudo.

Melhores desempenhos em alguns critérios podem ser críticos para alguns materiais, mas não são tão relevantes para outros critérios. Por exemplo, o preço pode não ser muito relevante para algum item se o custo de aquisição desse item não for muito relevante para o orçamento total do projeto padrão. O tempo de atraso pode não ser muito relevante para um item se o processo que usa esse item não estiver geralmente no caminho crítico do projeto e tiver uma grande folga de tempo. Porém, alguns itens podem exigir qualidade e confiabilidade para cumprimento de prazos, e assim por diante.

Para determinar os itens relevantes que podem causar impactos em cada critério, foi utilizada a curva ABC para cada critério, aplicada aos projetos representados pelo projeto padrão para indicar o conjunto de itens que devem ser utilizados nas avaliações dos fornecedores. Ou seja, os materiais da parte A da curva ABC devem ser considerados, e os fornecedores avaliados segundo as métricas relacionadas à relevância desses itens para cada critério. Por outro lado, itens fora dessa região não são necessariamente descartados do modelo, mas usados dependendo da precisão exigida. Especialistas e analistas de decisão irão comparar o benefício potencial da precisão do modelo e sua complexidade.

Assim, dado o objeto de estudo, a abordagem é desenvolvida para abordar três principais restrições do projeto de acordo com o PMI (2017). O custo será tratado por itens relacionados à parte A da curva ABC, sendo avaliados quantitativamente em termos monetários. A qualidade será tratada por materiais que afetem fortemente a qualidade dos resultados, considerando uma escala verbal para avaliação. A restrição de cronograma será tratada por itens que podem causar atrasos nas atividades críticas e, conseqüentemente, no prazo de encerramento do projeto,

utilizando as informações históricas da organização, e medindo numericamente em dias o atraso potencial médio.

Nesta etapa, para cada restrição de projeto, os desempenhos dos fornecedores em relação aos insumos críticos serão convertidos em uma métrica única de avaliação, definindo então, os perfis de fornecedores. Ou seja, um índice para cada restrição de projeto será calculado para se ter uma métrica única referente à cada restrição e, conseqüentemente, os perfis de fornecedores. Portanto, estes perfis refletem o nível de impacto dos fornecedores para atendimento às restrições de projeto da organização.

O procedimento de cálculo dos perfis de fornecedores com relação à restrição de custo inicia com o estabelecimento de um fornecedor hipotético em que o desempenho, ou preço médio, para cada item crítico será o menor considerando todos os fornecedores, conforme equação 8. Assim, tem-se um fornecedor hipotético ideal em termos do preço médio dos itens inerentes à restrição de custo.

$$FH_i = \min\{P_i(a_j)\} \quad (8)$$

Depois, de acordo com a equação 9, serão registrados os aumentos percentuais do preço médio de cada fornecedor em relação ao fornecedor hipotético, para cada item crítico. Ou seja, considerando cada fornecedor, a magnitude percentual de aumento do preço médio de cada item crítico em comparação com o fornecedor hipotético.

$$AP_i(a_j) = \frac{(P_i(a_j) - FH_i) \times 100}{FH_i} \quad (9)$$

Em seguida, a equação 10 calcula o aumento global sobre o orçamento do projeto ao selecionar cada fornecedor j , por meio da soma resultante da participação de cada item no orçamento do projeto e do aumento percentual do fornecedor hipotético ideal. Ou seja, a magnitude do aumento no orçamento do projeto se o fornecedor ideal fosse previamente selecionado e o decisor mudasse o fornecedor ideal para o fornecedor j . Assim, é obtida uma avaliação única para cada fornecedor que significa o impacto na restrição de custo.

$$AG(a_j) = \sum_{i=1}^n (W_i \times AP_i(a_j)) \quad (10)$$

Onde $P_i(a_j)$ é o preço médio do item crítico i do fornecedor a_j , FH_i é o desempenho do fornecedor hipotético para o item i , $AP_i(a_j)$ é o aumento percentual do preço médio do item i do fornecedor a_j em relação ao fornecedor hipotético, W_i é a participação do item i no orçamento de projeto, n é o número de insumos críticos para a restrição de custo e, por último, $AG(a_j)$ é o aumento percentual do fornecedor a_j sobre o orçamento de projeto em relação ao fornecedor hipotético. Vale destacar que esse orçamento se refere a um orçamento médio considerado pela empresa de acordo com os projetos que ela executa ou que irá executar. E este orçamento médio

não se baseia no valor médio monetário, mas sim na média da participação de cada insumo no orçamento.

Com relação à restrição de qualidade, será estabelecida uma média aritmética para cada fornecedor considerando o desempenho em qualidade de cada item. A avaliação de cada fornecedor para cada item se dará através de uma escala qualitativa de cinco pontos em que, 1=Muito ruim; 2=Ruim; 3=Regular; 4=Bom; 5=Muito bom. Posto isto, tem-se uma avaliação única para cada fornecedor que significa o padrão médio de qualidade dos itens críticos desta restrição.

Acerca da restrição de cronograma, dado o histórico de pedidos entregues em atraso de cada fornecedor em relação aos itens críticos desta restrição, o atraso médio será diretamente considerado como métrica única para qualquer fornecedor. Deste modo, uma matriz contendo os perfis de todos os fornecedores é construída para então ser utilizada na etapa seguinte de classificação por meio do FITradeoff (KANG *et al.*, 2020).

3.1.1.3 Finalização

Na fase de finalização ocorre a utilização do FITradeoff de classificação a fim de designar os perfis de fornecedores construídos na etapa anterior em categorias que seguem uma ordem de preferências, ou seja, categorias que receberão desde as alternativas mais desejáveis até as menos desejáveis. Com isso, torna-se possível analisar os perfis de fornecedores em classes, identificando assim, os perfis mais estrategicamente alinhados à organização e possibilitando a tomada de medidas mais eficazes de gerenciamento.

3.1.2 Problema de localização para instalação de filial

3.1.2.1 Fase preliminar

Inicialmente, na fase preliminar do Problema de localização para instalação de filial, as identificações de alternativas factíveis de localização para instalação e critérios de seleção serão também realizadas. As alternativas do problema de localização serão definidas como as localidades viáveis para instalação da unidade, de modo que sugestões e recomendações de especialistas serão consideradas para o levantamento destas informações. A definição dos

critérios foi realizada com o decisor estabelecendo parâmetros considerados como estratégicos para a organização, além dos perfis de fornecedores estruturados anteriormente.

Com os perfis classificados em categorias que obedecem uma ordem de preferências, ocorre a agregação ponderada dos perfis de fornecedores que fazem parte de cada alternativa de localidade. Em outras palavras, cada localidade receberá uma pontuação referente às categorias que os perfis de fornecedores que compõem esta região foram classificados. Esta pontuação é definida pela equação 11.

A equação 11 desenvolvida no presente modelo tem o objetivo de fornecer um desempenho ponderado a cada alternativa de localidade do problema de localização, levando em conta a quantidade e qualidade dos perfis de fornecedores que compõem cada local. Assim, para a pontuação da localidade i no critério “perfil de fornecedores”, dá-se importância ao nível de serviço e segurança de fornecimento, pelo fato do número de perfis de fornecedores nas melhores categorias de cada local ser considerado.

$$PL_i = 3 \times N_1 \times 2 \times N_2 + N_3, \quad i = 1, \dots, n \quad (11)$$

Onde n é o número de alternativas de localidade, N_1 é o número de perfis de fornecedores que compõem a localidade i classificados na melhor categoria, N_2 é o número de perfis de fornecedores que compõem a localidade i classificados na segunda melhor categoria e N_3 é o número de perfis de fornecedores que compõem a localidade i classificados na terceira melhor categoria. Em caso de haver perfis não classificados em uma única categoria, um desempenho intermediário será considerado.

A equação 11 considera a quantidade e qualidade dos fornecedores de cada alternativa de localidade. Pelo fato de ser possível que um local que possui poucos, mas muito bons fornecedores, ofereça um bom suporte, mas proporcione o risco de comprometimento na oferta de materiais, pois o fornecimento depende de poucas fontes. Já um local que possui muitos fornecedores, mas de baixo nível, dificilmente oferecerá um suporte muito bom, mas terá um baixo risco de parada de fornecimento, uma vez que há muitas opções.

Ainda nesta fase, o levantamento de informações acerca das localidades anteriormente definidas é também conduzido. Com isso, através de pesquisas internas e reuniões dos gestores da organização com especialistas, todos os dados necessários referentes às localidades para condução do processo de decisão de localização são estabelecidos.

3.1.2.2 Modelagem de preferências e escolha do método

A partir do perfil de fornecedor global para cada alternativa de localidade e das informações anteriormente levantadas relativamente às localidades potenciais, torna-se possível construir a matriz de consequências do Problema de Seleção de Localização. Deste modo, a matriz de consequências conterá como atributos de seleção, além dos critérios essencialmente estratégicos em termos organizacionais, o perfil de fornecedores das alternativas de localidade. Esse perfil poderia refletir, de modo geral, que certa localidade possui um perfil de fornecedores melhor que outra em termos do nível de impacto para atendimento aos requisitos impostos pela organização, o que significa que pela natureza dos negócios, cultura, economia local ou pela localização geográfica os fornecedores de uma região podem ter uma maior ou menor dificuldade satisfazer aspectos considerados importantes para a empresa que ali poderia se instalar.

3.1.2.3 Finalização

Finalmente, dada a matriz de consequências construída, o método FITradeoff de ordenação, desenvolvido por Frej *et al.* (2019), será empregado a fim de resolver o problema multicritério de Seleção de Localização proposto. Este problema compreende a problemática de escolha, de modo que o FITradeoff de escolha pode ser empregado na construção do modelo. Porém, o modelo foi construído considerando a problemática de ordenação com o objetivo de proporcionar segurança sobre a condição de inviabilidade da alternativa posicionada na primeira colocação, possibilitando opções substitutas para o decisor.

Por fim, os resultados serão analisados e um relatório de recomendações elaborado em um nível de detalhamento sobre o processo decisório. O relatório de análises e recomendações a ser mostrado ao decisor deve ser essencialmente composto pela solução encontrada, ressaltando a confiança do modelo de apoio à decisão proposto.

4 APLICAÇÃO

O presente modelo de apoio à decisão foi aplicado em uma construtora. A empresa é sediada na cidade de Santa Cruz do Capibaribe, região agreste de Pernambuco (PE), e classificada como pequena empresa, empregando um total de 50 colaboradores diretos e indiretos. Seu processo produtivo foca predominantemente na construção de edificações residenciais populares com preços acessíveis e qualidade diferenciada.

Com a empresa em processo de aperfeiçoamento do gerenciamento da cadeia de suprimentos e em processo de expansão, o modelo proposto visa auxiliar os gestores da empresa na decisão de classificação dos perfis de fornecedores de insumos críticos para o processo produtivo da empresa em categorias predefinidas e na decisão de localização de uma nova filial que será instalada no estado do Mato Grosso, considerando os locais viáveis, critérios essenciais e os perfis de fornecedores destes locais, incorporando-os aos critérios de seleção.

Para obtenção dos dados, documentos foram colhidos e entrevistas realizadas com o engenheiro-chefe da empresa e decisor do problema. Com isso, informações de entrada do modelo referentes aos insumos críticos para as restrições de projeto, dados dos fornecedores e localidades potenciais foram definidas.

4.1 PROBLEMA DE CLASSIFICAÇÃO DOS PERFIS DE FORNECEDORES

Primeiramente, o problema de classificação dos perfis de fornecedores é enfrentado através do levantamento de dados para construção do perfil de fornecedores que ocorreu por meio da avaliação dos fornecedores em relação à critérios inerentes às restrições de projeto. Os critérios considerados representam as três principais restrições usuais para projetos em geral, segundo o decisor e engenheiro-chefe da empresa, e também são descritos pelo PMI (2017). Estes critérios foram o preço médio dos insumos referentes à restrição de custo, o padrão de qualidade dos materiais relacionados à restrição de qualidade e, por fim, dado o histórico de pedidos, o tempo médio de atraso em dias para o fornecimento dos insumos relativos à restrição de cronograma.

No tocante aos insumos críticos das restrições de projeto, a organização elencou um conjunto de cinco itens para cada categoria relacionada. Os itens que mais significativamente atuam nos custos de projeto são blocos, concreto, telhas, gesso e janelas. Para as restrições de qualidade e cronograma, a empresa especificou os mesmos materiais que mais consideravelmente impactam estes fatores, são eles, blocos, areia, cimento, cal e madeiras.

As tabelas 2, 3 e 4 ilustram a avaliação dos fornecedores em relação às restrições de projeto. Com relação à quantidade de fornecedores, a organização levantou um total de 30 fornecedores a serem avaliados acerca das restrições de projeto e que englobam todas as localidades viáveis estudadas.

Tabela 2 - Desempenho dos fornecedores para restrição de custo

	Restrição de Custo				
	Bloco (un)	Concreto (m3)	Telha (un)	Gesso (kg)	Janela (un)
Fornecedor 1	R\$ 2,61	R\$ 334,96	R\$ 1,40	R\$ 0,70	R\$ 303,66
Fornecedor 2	R\$ 2,40	R\$ 366,52	R\$ 1,20	R\$ 0,70	R\$ 316,22
Fornecedor 3	R\$ 2,92	R\$ 317,30	R\$ 1,25	R\$ 0,70	R\$ 324,34
Fornecedor 4	R\$ 2,55	R\$ 331,64	R\$ 1,76	R\$ 0,70	R\$ 337,20
Fornecedor 5	R\$ 2,64	R\$ 309,90	R\$ 1,57	R\$ 0,63	R\$ 348,12
Fornecedor 6	R\$ 2,58	R\$ 312,49	R\$ 1,40	R\$ 0,65	R\$ 327,33
Fornecedor 7	R\$ 2,98	R\$ 307,79	R\$ 1,64	R\$ 0,70	R\$ 307,25
Fornecedor 8	R\$ 2,88	R\$ 328,40	R\$ 1,27	R\$ 0,58	R\$ 350,00
Fornecedor 9	R\$ 2,35	R\$ 377,90	R\$ 1,38	R\$ 0,80	R\$ 319,90
Fornecedor 10	R\$ 2,40	R\$ 379,71	R\$ 1,76	R\$ 0,59	R\$ 304,54
Fornecedor 11	R\$ 2,58	R\$ 329,40	R\$ 1,60	R\$ 0,79	R\$ 302,98
Fornecedor 12	R\$ 2,62	R\$ 363,15	R\$ 1,69	R\$ 0,80	R\$ 337,99
Fornecedor 13	R\$ 2,71	R\$ 335,96	R\$ 1,42	R\$ 0,63	R\$ 344,55
Fornecedor 14	R\$ 2,88	R\$ 352,40	R\$ 1,58	R\$ 0,88	R\$ 331,70
Fornecedor 15	R\$ 2,70	R\$ 316,78	R\$ 1,48	R\$ 0,86	R\$ 326,70
Fornecedor 16	R\$ 2,85	R\$ 309,82	R\$ 1,45	R\$ 0,92	R\$ 297,36
Fornecedor 17	R\$ 2,80	R\$ 306,47	R\$ 1,30	R\$ 0,98	R\$ 330,85
Fornecedor 18	R\$ 2,40	R\$ 314,19	R\$ 1,55	R\$ 0,60	R\$ 295,73
Fornecedor 19	R\$ 2,55	R\$ 343,55	R\$ 1,27	R\$ 0,60	R\$ 315,00
Fornecedor 20	R\$ 2,99	R\$ 324,58	R\$ 1,20	R\$ 0,60	R\$ 302,71
Fornecedor 21	R\$ 2,47	R\$ 298,99	R\$ 1,35	R\$ 0,60	R\$ 299,09
Fornecedor 22	R\$ 2,54	R\$ 351,43	R\$ 1,70	R\$ 0,73	R\$ 293,02
Fornecedor 23	R\$ 2,47	R\$ 332,26	R\$ 1,21	R\$ 0,59	R\$ 324,90
Fornecedor 24	R\$ 2,80	R\$ 319,90	R\$ 1,56	R\$ 0,50	R\$ 316,19
Fornecedor 25	R\$ 2,37	R\$ 378,87	R\$ 1,50	R\$ 0,90	R\$ 344,90
Fornecedor 26	R\$ 2,69	R\$ 369,99	R\$ 1,73	R\$ 0,60	R\$ 293,18
Fornecedor 27	R\$ 2,95	R\$ 353,36	R\$ 1,35	R\$ 0,65	R\$ 320,40
Fornecedor 28	R\$ 2,72	R\$ 315,19	R\$ 1,63	R\$ 0,55	R\$ 324,09
Fornecedor 29	R\$ 2,50	R\$ 334,49	R\$ 1,40	R\$ 0,70	R\$ 339,82
Fornecedor 30	R\$ 2,45	R\$ 310,00	R\$ 1,50	R\$ 0,73	R\$ 329,90

Fonte: O Autor (2021)

Tabela 3- Desempenho dos fornecedores para restrição de qualidade

	Restrição de Qualidade				
	Bloco	Areia	Cimento	Cal	Madeiras
Fornecedor 1	4	4	3	4	3

Fornecedor 2	3	5	2	3	3
Fornecedor 3	5	2	4	4	3
Fornecedor 4	3	3	5	2	4
Fornecedor 5	3	4	4	5	4
Fornecedor 6	3	5	2	5	4
Fornecedor 7	5	3	2	3	2
Fornecedor 8	4	4	3	4	3
Fornecedor 9	2	5	4	4	3
Fornecedor 10	4	4	2	2	4
Fornecedor 11	3	4	3	4	3
Fornecedor 12	4	3	4	4	2
Fornecedor 13	4	3	4	3	4
Fornecedor 14	4	5	5	5	3
Fornecedor 15	5	3	2	4	3
Fornecedor 16	3	3	2	2	3
Fornecedor 17	2	3	3	4	5
Fornecedor 18	4	2	3	5	4
Fornecedor 19	3	4	4	4	3
Fornecedor 20	5	1	3	5	3
Fornecedor 21	3	4	3	4	4
Fornecedor 22	2	5	2	4	3
Fornecedor 23	4	3	4	4	4
Fornecedor 24	2	3	3	3	3
Fornecedor 25	3	5	4	4	5
Fornecedor 26	4	4	3	4	4
Fornecedor 27	5	5	4	3	4
Fornecedor 28	4	4	5	3	3
Fornecedor 29	3	5	4	4	2
Fornecedor 30	4	4	4	3	5

Fonte: O Autor (2021)

Tabela 4 - Desempenho dos fornecedores para restrição de cronograma

	Tempo médio de pedidos entregues em atraso		
Fornecedor 1	1,84	Fornecedor 16	1,13
Fornecedor 2	3,84	Fornecedor 17	2,87
Fornecedor 3	2	Fornecedor 18	3,61
Fornecedor 4	2,5	Fornecedor 19	2,68
Fornecedor 5	2	Fornecedor 20	0,62
Fornecedor 6	3,3	Fornecedor 21	0
Fornecedor 7	0,3	Fornecedor 22	4,37
Fornecedor 8	1,12	Fornecedor 23	1,58
Fornecedor 9	2,1	Fornecedor 24	3,56
Fornecedor 10	3	Fornecedor 25	0,96
Fornecedor 11	2,85	Fornecedor 26	0,78
Fornecedor 12	0,4	Fornecedor 27	1,2

Fornecedor 13	3,35	Fornecedor 28	2,1
Fornecedor 14	4	Fornecedor 29	1,25
Fornecedor 15	2,32	Fornecedor 30	4,38

Fonte: O Autor (2021)

Desta maneira, a construção quantitativa dos perfis que refletem o nível de impacto dos fornecedores no atendimento às restrições de projeto da organização foi conduzida de acordo com as equações 8, 9 e 10. O resultado pode ser visualizado na tabela 5.

Segundo os resultados, o perfil do fornecedor 20, por exemplo, estabelece um aumento percentual de 4,6% sobre o orçamento médio de projeto da empresa na restrição de custo quando comparado com o fornecedor ideal hipotético, possui um padrão médio de qualidade de 3,4 dos materiais críticos da restrição de qualidade e, finalmente, realiza suas entregas atrasadas com, em média, 0,62 dia de atraso na restrição de cronograma. Com estas informações, a aplicação do FITradeoff de classificação (KANG *et al.*, 2020) é efetuada.

Tabela 5 - Matriz dos perfis dos fornecedores

Perfis de Fornecedores	Restrição de Custo	Restrição de Qualidade	Restrição de Cronograma
Fornecedor 1	5,39%	3,6	1,84
Fornecedor 2	4,67%	3,2	3,84
Fornecedor 3	5,76%	3,6	2
Fornecedor 4	7,38%	3,4	2,5
Fornecedor 5	5,64%	4	2
Fornecedor 6	4,49%	3,8	3,3
Fornecedor 7	7,36%	3	0,3
Fornecedor 8	5,19%	3,6	1,12
Fornecedor 9	6,80%	3,6	2,1
Fornecedor 10	6,47%	3,2	3
Fornecedor 11	7,07%	3,4	2,85
Fornecedor 12	9,31%	3,4	0,4
Fornecedor 13	5,90%	3,6	3,35
Fornecedor 14	10,28%	4,4	4
Fornecedor 15	7,68%	3,4	2,32
Fornecedor 16	8,13%	2,6	0
Fornecedor 17	8,27%	3,4	1,13
Fornecedor 18	3,47%	3,6	3,61
Fornecedor 19	3,88%	3,6	2,68
Fornecedor 20	4,60%	3,4	0,62
Fornecedor 21	2,35%	3,6	2,87
Fornecedor 22	7,14%	3,2	4,37
Fornecedor 23	2,99%	3,8	1,58

Fornecedor 24	4,64%	2,8	3,56
Fornecedor 25	8,99%	4,2	0,96
Fornecedor 26	7,14%	3,8	0,78
Fornecedor 27	6,85%	4,2	1,2
Fornecedor 28	5,17%	3,8	2,1
Fornecedor 29	5,54%	3,6	1,25
Fornecedor 30	5,21%	4	4,38

Fonte: O Autor (2021)

O software do FITradeoff de classificação exige, antes de carregar a matriz de consequências caracterizada pela tabela 5, a especificação do tipo de critério a ser utilizado pelo decisor. Os tipos considerados no software são: Contínuo de minimização, contínuo de maximização, discreto de minimização e discreto de maximização. No presente trabalho, os tipos de critério empregados foram de natureza contínuo de minimização para as restrições de custo e cronograma e contínuo de maximização para a restrição de qualidade.

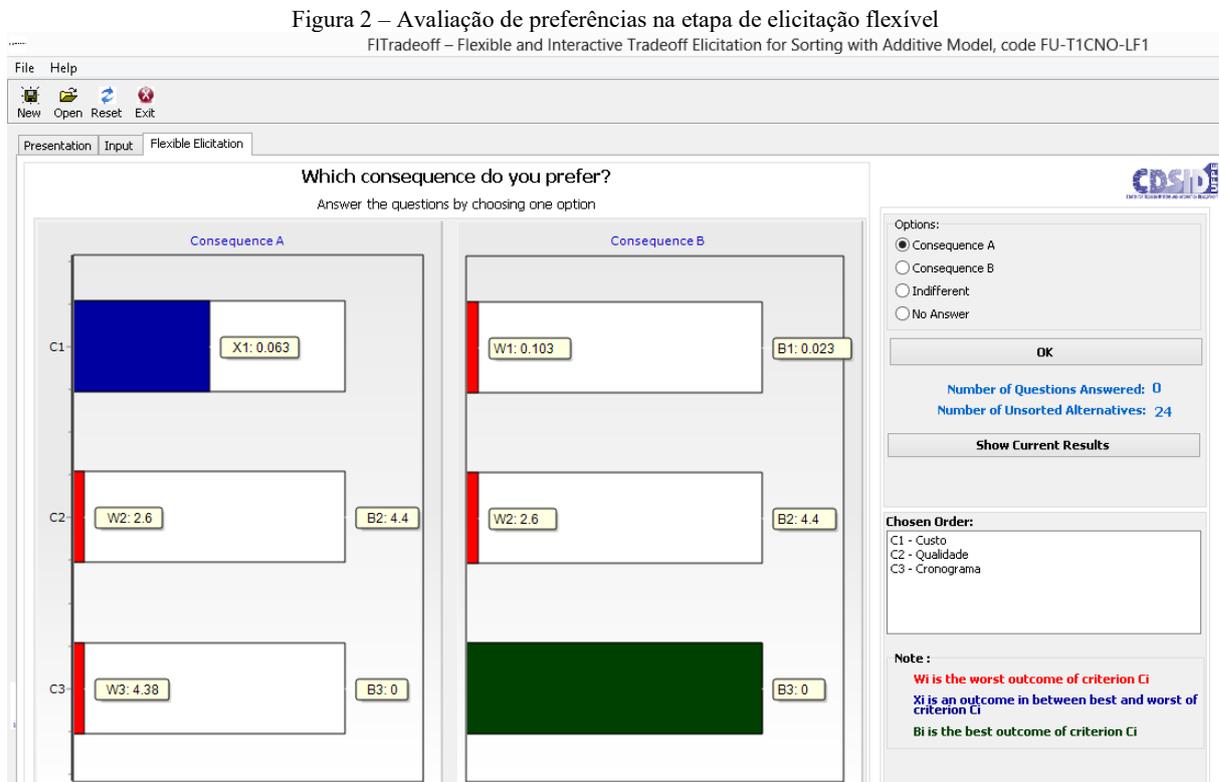
O software exige, também, que o decisor especifique os valores extremos q_r tais que seja possível definir e diferenciar as categorias nas quais as alternativas serão classificadas, como mostrado na tabela 1. Para este trabalho, cinco categorias foram consideradas, de modo que C5 representa a categoria de alternativas que melhor atendem às restrições de projeto estratégicas para a empresa e C1 descreve alternativas que pior atendem às restrições de projeto. Ademais, os valores extremos q_r foram divididos igualmente, ou seja, $q_1 = 0,2$, $q_2 = 0,4$, $q_3 = 0,6$ e $q_4 = 0,8$, onde, por definição, $q_0 = 0$ e $q_5 = 1$. É importante destacar que a definição das categorias dos perfis de fornecedores não depende apenas de como estes atendem às restrições de projeto, mas também do julgamento de valor do decisor e das características do problema, como o espaço de consequências que compõe o conjunto de alternativas.

Antes de iniciar o processo de elicitação de preferências, o software do FITradeoff de classificação interage com o decisor para ordenar os critérios referentes às restrições de projeto. Considerando uma consequência com o pior desempenho em cada critério, é perguntado ao decisor acerca da escolha de um único critério para melhorar sua performance ao máximo, podendo também ser declarada indiferença entre dois ou mais critérios. As perguntas desta etapa param quando o software consegue estabelecer uma ordenação entre os critérios, mesmo que hajam empates.

Neste estudo de caso, visto que a estratégia global da empresa consiste na construção de edificações populares financeiramente acessíveis e de boa qualidade, o decisor declarou no software a ordenação $k_1 > k_2 > k_3$. Assim, a constante de escala do critério referente à restrição de custo é maior que a relativa à restrição de qualidade, e esta é maior que a do critério

relacionado à restrição de cronograma. De posse desta informação, a etapa de elicitación flexível e interativa é executada a fim de verificar se, para o atual espaço de pesos, uma alternativa pode ser classificada em uma única categoria predefinida pelos valores extremos q_r .

O decisor adotou a estratégia de encerrar o procedimento de elicitación a depender do grau de definição das categorias 4 e 5. Isto foi considerado de modo a reduzir o tempo e esforço cognitivo empregado na elicitación flexível, dando importância apenas para a classificação de perfis de fornecedores relevantes em termos estratégicos e gerenciais. Neste sentido, um total de 6 questionamentos foram feitos pelo software quando o decisor opta por finalizar a etapa de elicitación flexível. A figura 2 ilustra uma destas perguntas que visa extrair informações parciais do decisor para, então, calcular os valores globais para cada alternativa no espaço de pesos atual.



Um cenário de maximização e um de minimização do valor global de cada alternativa são considerados, para o atual espaço de pesos, de modo que ela é classificada no caso destes valores globais atenderem às definições de determinada categoria conforme tabela 1. Deve-se destacar que se os valores globais de ambos os cenários de uma alternativa a_j não estiverem limitados de acordo com a definição de uma única categoria não será possível classificar a alternativa com o atual nível de informação, sendo apresentadas as categorias viáveis para a_j .

Os critérios comparados em cada pergunta, as respostas do decisor e o número de alternativas classificadas nas categorias 4 e 5 podem ser conferidos na tabela 6.

Tabela 6 - Respostas do decisor para o problema de classificação

Consequência A	Consequência B	Escolha do Decisor	Nº de alternativas classificadas na categoria 4	Nº de alternativas classificadas na categoria 5
Custo (6,3%)	Cronograma (0)	Consequência A	1	0
Custo (6,3%)	Qualidade (4,4)	Consequência B	4	0
Qualidade (3,5)	Cronograma (0)	Consequência B	8	1
Custo (4,33%)	Qualidade (4,4)	Consequência A	8	1
Qualidade (3,95)	Cronograma (0)	Consequência A	8	1
Custo (5,32%)	Qualidade (4,4)	Consequência B	9	1

Fonte: O Autor (2021)

Como pode ser visto, ao fim da sexta resposta, 10 perfis haviam sido classificados nas categorias 4 e 5, sendo 9 na categoria de perfis que atendem bem às restrições estratégicas de projeto, dado o espaço de consequências, e 1 na categoria que melhor atendem estas restrições, de acordo com tal espaço. Pode-se perceber também que, após a terceira resposta do decisor, praticamente todas as classificações destacadas já haviam sido realizadas, com exceção de uma alternativa alocada na categoria 4 e que será melhor discutida a posteriori.

Com a finalização imposta pelo decisor da etapa de elicitación flexível, foi possível obter a classificação de 26 das 30 alternativas em uma única categoria. Os resultados parciais fornecidos pelo software podem ser visualizados na tabela 7 e gráfico 1. No FITradeoff de classificação, os valores exatos das constantes de escala dos critérios não são conhecidos, e, portanto, não é possível calcular o valor global exato de cada alternativa pelo modelo aditivo. Assim, qualquer combinação de valores dentro do subespaço de pesos mostrado no gráfico 1 reflete nas classificações representadas na tabela 7. Numericamente, as constantes de escala referentes às restrições de custo, qualidade e cronograma variam, respectivamente, entre [0,432; 0,516], [0,298; 0,352], [0,161; 0,243].

Tabela 7 - Resultado da classificação dos perfis de fornecedores

Alternative	Category	Min Global Value	Max Global Value	Alternative	Category	Min Global Value	Max Global Value
A1	3	0,5883	0,5912	A16	2	0,2584	0,2963
A2	3	0,4528	0,4924	A17	2	0,3296	0,3373
A3	3	0,5590	0,5608	A18	4	0,6060	0,6509

A4	3	0,4009	0,4057	A19	4	0,6299	0,6582
A5	4	0,6333	0,6458	A20	4	0,6454	0,6670
A6	3, 4	0,5992	0,6319	A21	5	0,8431	0,8673
A7	3	0,4119	0,4532	A22	2	0,2854	0,3118
A8	4	0,6291	0,6387	A23	4	0,7727	0,7925
A9	3	0,4898	0,4960	A24	2, 3	0,3947	0,4331
A10	2, 3	0,3945	0,4061	A25	3	0,4961	0,5417
A11	3	0,4040	0,4088	A26	3	0,5518	0,5807
A12	2, 3	0,3529	0,4043	A27	4	0,6272	0,6500
A13	3	0,4799	0,5020	A28	4	0,6226	0,6316
A14	2	0,3179	0,3683	A29	4	0,6031	0,6119
A15	2	0,3882	0,3981	A30	3	0,5344	0,5810

Fonte: SAD FITRADEOFF de classificação (2021)

Gráfico 1 - Constantes de escala para cada critério



Fonte: SAD FITradeoff de classificação (2021)

4.2 PROBLEMA DE SELEÇÃO DE LOCALIZAÇÃO

Com a resolução do problema multicritério de classificação dos perfis de fornecedores da empresa objeto de estudo, inicia-se o levantamento de informações para lidar com o problema de seleção de localização para a nova filial da organização em questão.

A definição dos critérios ocorreu com o decisor estabelecendo parâmetros considerados como estratégicos para a organização no problema de decisão de localização. Os critérios utilizados foram: Demanda (C1), Perfil de Fornecedores (C2), Déficit Habitacional (C3), Potencial de Desenvolvimento/Crescimento (C4), Qualidade de Mão de Obra (C5), Nível de Empregabilidade Formalizada (C6) e, Possibilidade de Parcerias (C7). A definição, forma de avaliação e objetivo dos critérios estão descritas conforme tabela 8 e a ordenação destes será realizada pela obtenção das preferências do decisor acerca de consequências fictícias baseadas em desempenhos reais das alternativas, através do software do método FITradeoff de ordenação.

Tabela 8 – Definição, forma de avaliação e objetivo dos critérios utilizados

Critério	Definição	Avaliação	Objetivo
Demanda (C1)	Nível de procura dos consumidores pelo produto	1-Muito ruim; 2-Ruim; 3-Regular; 4-Bom; 5-Muito bom	Max
Perfil de Fornecedores (C2)	Nível de alinhamento estratégico para atendimento às restrições dos projetos	Escala numérica contínua	Max
Déficit Habitacional (C3)	Grau que reflete a necessidade de novas habitações em determinada localidade	1-Muito baixo; 2-Baixo; 3-Regular; 4-Alto; 5-Muito alto	Max
Potencial de Desenvolvimento/ Crescimento (C4)	Capacidade de desenvolvimento/crescimento em termos gerais de certa localidade	1-Muito ruim; 2-Ruim; 3-Regular; 4-Bom; 5-Muito bom	Max
Qualidade de Mão de Obra (C5)	Grau de qualidade da mão de obra a ser contratada	1-Muito ruim; 2-Ruim; 3-Regular; 4-Bom; 5-Muito bom	Max
Nível de Empregabilidade Formalizada (C6)	Proporção de formalização de empregos em determinada localidade	Escala percentual tal que zero reflete nenhuma formalização e 100 total formalização	Max
Possibilidade de Parcerias (C7)	Nível que reflete a perspectiva de realização de parcerias ganha-ganha com outras empresas	1-Muito ruim; 2-Ruim; 3-Regular; 4-Bom; 5-Muito bom	Max

Fonte: O Autor (2021)

Ao todo, 6 alternativas de localização da nova instalação foram levantadas pela organização, por meio de recomendações e sugestões de especialistas. Antes da matriz de consequências ser estabelecida, o desempenho de cada alternativa de localização acerca do critério “Perfil de Fornecedor” deve ser calculado conforme equação 11 e classificações da tabela 7. A tabela 9 ilustra a composição de cada localidade em relação aos perfis de fornecedores estudados anteriormente e fornece os desempenhos das alternativas para tal critério de acordo com a equação 11.

Tabela 9 – Composição das alternativas de localidade e seus desempenhos no critério “Perfil de Fornecedores”

	Localidade 1	Localidade 2	Localidade 3	Localidade 4	Localidade 5	Localidade 6
Perfil de Fornecedor	PF1, PF2, PF3, PF4, PF5, PF6	PF7, PF8, PF9, PF10, PF11, PF12	PF13, PF14, PF15, PF16, PF17, PF18, PF19	PF20, PF21, PF22	PF23, PF24, PF25, PF26, PF27	PF28, PF29, PF30
Performance no critério	7,5	6	5	5	6,5	5

Fonte: O Autor (2021)

Dada estas informações, a tabela 10 estabelece a matriz de consequências desenvolvida em concordância com a organização do setor de construção civil, sendo determinado o valor de desempenho de cada alternativa de localização em relação a cada critério e seguindo as escalas de avaliação descritas anteriormente na tabela 8. Assim, a aplicação do FITradeoff de ordenação é efetuada.

Tabela 10 - Matriz de consequências do problema de localização

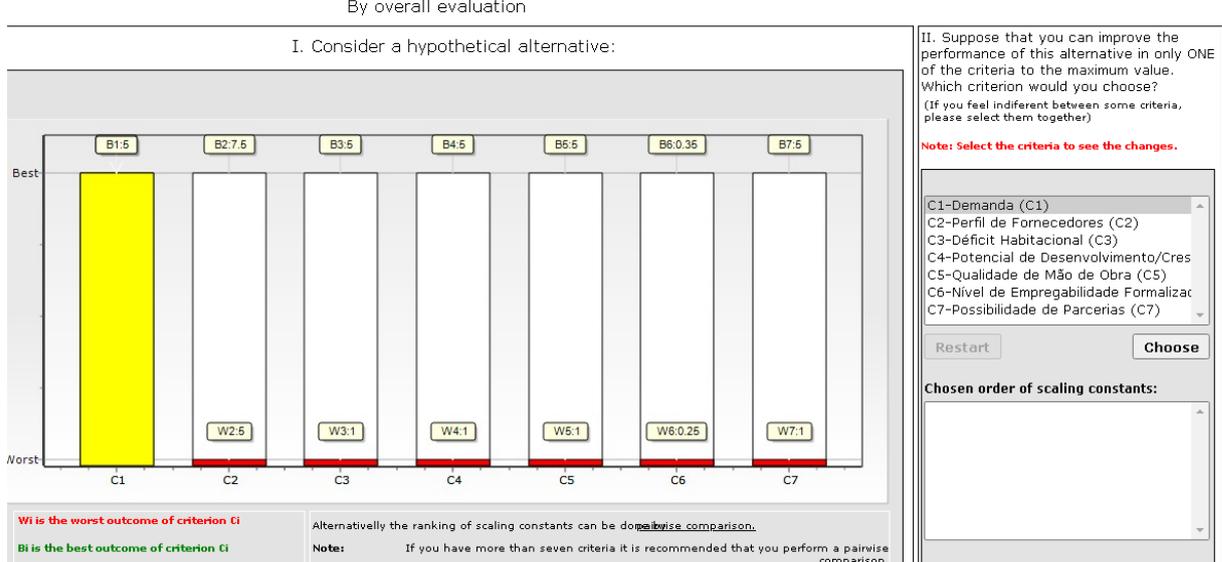
Alternativas	Critérios						
	(C1)	(C2)	(C3)	(C4)	(C5)	(C6)	(C7)
Localidade 1	4	7,5	4	4	3	31%	5
Localidade 2	5	6	3	3	4	25%	5
Localidade 3	5	5	3	2	5	35%	3
Localidade 4	3	5	5	4	2	28%	4
Localidade 5	3	6,5	5	5	3	30%	3
Localidade 6	3	5	2	4	4	33%	4

Fonte: O Autor (2021)

O software do FITradeoff para problemática de ordenação exige, antes de carregar a matriz de consequências estabelecida na tabela 10, a especificação do tipo de critério a ser utilizado pelo o decisor. Os tipos considerados no software são: Contínuo de minimização, contínuo de maximização, discreto de minimização e discreto de maximização. No presente trabalho, apenas o critério C2 (Perfil de Fornecedores) e o C6 (Nível de Empregabilidade Formalizada) foram especificados como do tipo contínuo de maximização, enquanto que os restantes foram de natureza discreto de maximização. Além disso, o software exige a determinação do nível de escala para critérios discretos, assim, conforme tabela 8, o nível de escala assumido para estes critérios discretos foi 5.

Em seguida, o decisor interage com o software para ordenar os critérios em questão. Considerando uma consequência com o pior desempenho em cada critério, é perguntado ao decisor acerca da escolha de um único critério para melhorar sua performance ao máximo, podendo também ser declarada indiferença entre dois ou mais critérios. As perguntas desta etapa param quando o decisor consegue estabelecer uma ordenação entre os critérios, mesmo que haja empates. A figura 3 ilustra uma destas perguntas. Ao fim desta etapa, o decisor declarou no software a ordenação $k_1 > k_2 > k_3 > k_4 > k_5 > k_6 > k_7$. De posse desta informação, a etapa de elicitação flexível e interativa é executada a fim de verificar se, para o atual espaço de pesos, o número de níveis formados é igual ao número de alternativas.

Figura 3 - Etapa de ordenação das constantes de escala no FITradeoff de ordenação
Ranking of criteria scaling constants



Fonte: SAD FITradeoff de ordenação (2021)

Um total de 5 questionamentos foram feitos pelo software até a obtenção de um resultado considerado pelo decisor como aceitável para o problema. O decisor optou por interromper a elicitação por julgar que os resultados parciais obtidos eram suficientes para a tomada de decisão. A figura 4 ilustra uma destas perguntas que visa extrair informações parciais do decisor para, então, calcular o valor global para cada alternativa no espaço de pesos atual. Os critérios comparados em cada pergunta, as respostas do decisor e a ordenação parcial após cada resposta podem ser conferidos na tabela 11.

Como pode ser visto, apenas com a informação da ordenação dos critérios, ou seja, antes da primeira resposta da etapa de elicitação flexível, um único nível havia sido estabelecido. Após duas respostas por parte do decisor, o primeiro nível, que representa a primeira colocação da ordenação, foi definido pela alternativa A1, enquanto que o segundo nível continha as demais alternativas. Com a terceira declaração de preferência estrita do decisor, outro nível foi estabelecido, de modo que o segundo nível passou a ser definido por A2, A3, A5 e o terceiro por A4, A6. Por fim, depois da quinta resposta do decisor, o quarto nível foi definido e a ordenação parcial (A1, [A2, A3, A5], A4, A6) foi então especificada.

Figura 4 - Etapa de elicitación flexível no FITradeoff de ordenação

Which consequence do you prefer?

Answer the questions by choosing one option

The screenshot displays the FITradeoff elicitation interface. It is divided into three main sections:

- Consequence A:** A vertical list of seven criteria (C1 to C7). Each criterion has a horizontal bar representing its value. C1 has a blue bar with a value of X1:3. C2 to C7 have red bars with values W2:5, W3:1, W4:1, W5:1, W6:0.25, and W7:1 respectively.
- Consequence B:** A vertical list of seven criteria (C1 to C7). Each criterion has a horizontal bar representing its value. C1 to C6 have red bars with values W1:1, W2:5, W3:1, W4:1, W5:1, and W6:0.25 respectively. C7 has a green bar with a value of B7:5.
- Control Panel:** Located on the right, it includes:
 - Options: Radio buttons for Consequence A, Consequence B, Indifferent, and No Answer.
 - Buttons: OK, Show Current Results, and Stop Elicitation.
 - Statistics: Number of Questions Answered: 0, Number of Levels: 1.
 - Chosen Order: A list of criteria: C1 - Demanda (C1), C2 - Perfil de Fornecedores (C2), C3 - Déficit Habitacional (C3), C4 - Potencial de Desenvolvimento/Cr, C5 - Qualidade de Mão de Obra (C5), C6 - Nível de Empregabilidade Formali, C7 - Possibilidade de Parcerias (C7).

Note: **W** is the worst outcome of criterion **C_i**
X is a outcome in between best and worst o criterion **C_i**
B is the best outcome of criterion **C_i**

Fonte: SAD FITradeoff de ordenação (2021)

Tabela 11 - Respostas do decisor para o problema de localização

Consequência A	Consequência B	Escolha do Decisor	Ordenação Parcial
C1 (3)	C7 (5)	Consequência A	[A1, A2, A3, A5, A4, A6]
C1 (3)	C2 (7,5)	Consequência B	A1, [A2, A3, A5, A4, A6]
C2 (6,25)	C3 (5)	Consequência A	A1, [A2, A3, A5], [A4, A6]
C3 (3)	C4 (5)	Consequência B	A1, [A2, A3, A5], [A4, A6]
C4 (3)	C5 (5)	Consequência A	A1, [A2, A3, A5], A4, A6

Fonte: O Autor (2021)

Finalizada a aplicação do modelo proposto para os problemas de decisão multicritério estudados, a subseção seguinte explora os resultados gerados, discutindo os detalhes e especificidades dos números a fim de fornecer ao decisor uma recomendação detalhada e robusta acerca dos problemas.

4.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Com relação às classificações resultantes do problema de classificação dos perfis de fornecedores da empresa estudada, 9 perfis foram classificados para a categoria 4, como descrito anteriormente. Destes, o perfil de fornecedor 23 foi o que melhor desempenhou ficando com um valor global minimizado de 0,7727 (inferior em 3,41% com relação a $q_4 = 0,8$) e maximizado de 0,7925. Esta alternativa é justamente a última a ser classificada nesta categoria

após o sexto ciclo de elicitação, ficando anteriormente com possibilidade de classificação nas categorias 4 ou 5. A definição da categoria de A23 fez com que o decisor se desse por satisfeito com os resultados parciais obtidos e finalizasse a elicitação. Logo, foi preciso a execução de três ciclos após a terceira pergunta (quando as duas categorias mais relevantes estavam praticamente concluídas) para a obtenção da classificação de A23. Além do mais, a alternativa A6 tinha a possibilidade de alocação nesta categoria nos ciclos seguintes, mas devido seu valor global máximo ser 0,6319, o decisor não demonstrou interesse em prosseguir com o processo elicitação.

Acerca da categoria 5, constatou-se que apenas o perfil de fornecedor 21 foi designado para esta, significando ser o único perfil que melhor atende às restrições estratégicas de projeto da empresa em estudo, dado o espaço de consequências. Tal perfil obteve valor global minimizado de 0,8431 e maximizado de 0,8673, ou seja, dentro dos limiares da categoria mais importante na ordenação do decisor. Esta designação se deu essencialmente pelo fato de A21 possuir, coincidentemente, o melhor desempenho no primeiro critério da ordenação dentre todas as alternativas, que é o critério referente à restrição de custo.

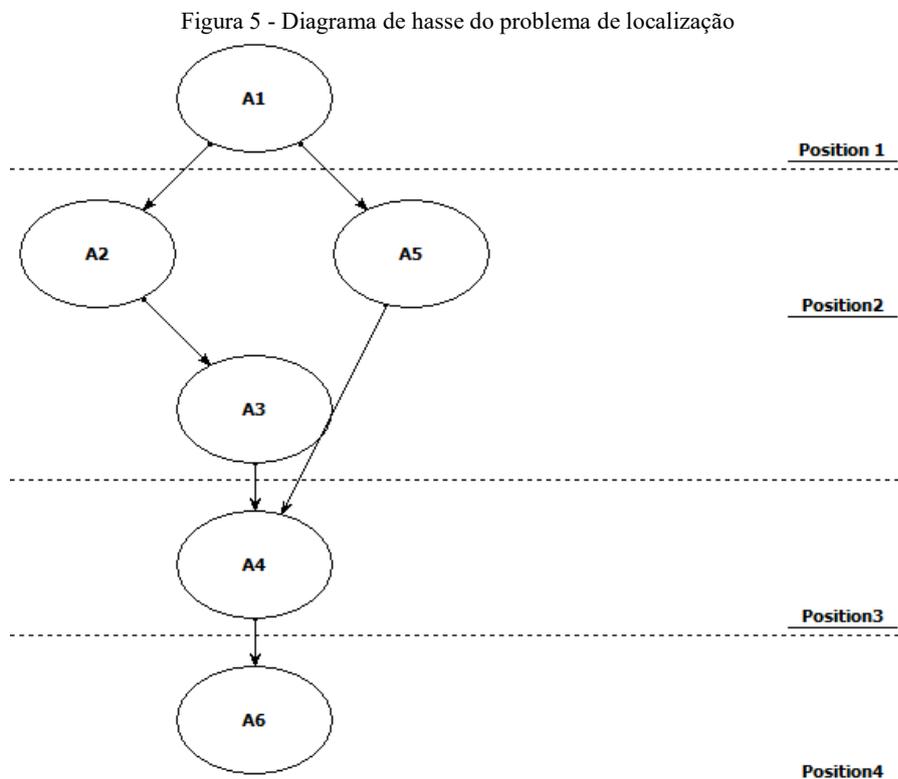
Não se levou em conta a possível classificação da alternativa A6 na categoria 4, pois o esforço cognitivo de fornecer informações preferenciais suficientes para definir a categoria deste perfil de fornecedor não é compensado por esta informação, pois mesmo que esta alternativa fosse classificada na categoria 4, seria muito próximo ao limite da categoria 3, então o decisor preferiu não dar continuidade ao processo e descartar o Perfil de Fornecedor 6.

A categoria 4 é praticamente concluída após a terceira pergunta, sendo totalmente concluída após a sexta pergunta com a classificação do Fornecedor 23, que tal atribuição estava previamente indefinida entre as categorias 4 e 5. E, finalmente, a categoria 5 é totalmente finalizada também após a 6ª pergunta (com a definição de A23 na categoria 4), sendo composta apenas pela alternativa A21, representando assim, o único perfil de fornecedor com melhor impacto no atendimento às restrições de projeto da organização, considerando o espaço de consequências.

Em referência ao problema de seleção de localização para a nova filial da empresa em questão, ao final da etapa de elicitação flexível, o software forneceu uma única alternativa de localidade na primeira colocação para o problema. Assim, dado as informações parciais extraídas na etapa de estabelecimento das preferências, a alternativa de localidade 1 elegeu-se a melhor. Portanto, qualquer que seja o vetor de pesos em todo o espaço de pesos gerado a partir das restrições estabelecidas por meio das declarações do decisor na elicitação flexível, a localidade 1 é a única alternativa cujo valor global é maior que o valor de qualquer outra

alternativa j de todo o conjunto de alternativas. Isso ocorreu principalmente pelo fato da localidade 1 possuir bom desempenho no primeiro critério da ordenação (Demanda) e a melhor performance dentre todas as alternativas no segundo critério (Perfil de Fornecedores).

Apesar do modelo proposto recomendar A1, sabe-se que a decisão final é do decisor. Por motivos próprios, o decisor pode não se sentir confiante em relação à alternativa da primeira colocação, buscando informações sobre o segundo nível da ordenação. Além de que entre a modelagem e a implementação da ação escolhida pelo decisor, novas informações, fatores políticos por exemplo, podem surgir e, possivelmente, inviabilizar a escolha da alternativa recomendada pelo modelo. Por isto, a fim de mais detalhadamente analisar os resultados e fornecer uma recomendação mais completa ao decisor, as diferenças máximas de alternativas posicionadas no segundo nível e o diagrama de Hasse fornecido pelo software foram estudadas. Tal diagrama representado pela figura 5 tem como objetivo facilitar a compreensão e visualização de uma ordem parcial.

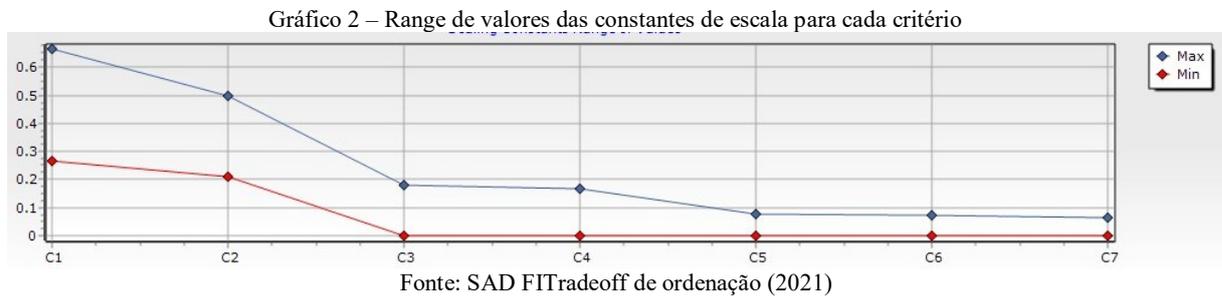


Fonte: SAD FITradeoff de ordenação (2021)

Como demonstra a figura 5, há uma relação de preferência estabelecida de A2 sobre A3. No entanto, não houve o estabelecimento de preferência entre as alternativas A2 e A5. Ou seja, a informação do atual espaço de pesos é suficiente para definir que A2 é preferível a A3. Por outro lado, não se pode garantir a posição exata de nenhuma delas por causa de A5. Assim, com

relação ao segundo nível, as diferenças máximas fornecidas pelo software entre A2-A5 foi 0,2222 e entre A5-A2 0,1131. Ou seja, a alternativa A2 supera A5 em uma magnitude máxima de 0,2222, enquanto que a alternativa A5 supera A2 em uma magnitude máxima de 0,1131.

O espaço de pesos que expressa esse resultado pode ser visualizado no gráfico 2. Logo, é possível verificar visualmente a faixa de variação de valor das constantes de escala para cada critério de acordo com as restrições estabelecidas pelos julgamentos de preferência do decisor. Desta forma, qualquer combinação de valores dentro deste subespaço de pesos reflete na ordenação representada pelo gráfico 2, justificando a robustez da solução devido ao amplo *range* de valores para cada constante de escala dos critérios. Numericamente, as constantes de escala referentes aos critérios variam, respectivamente, entre [0,67; 0,27], [0,5; 0,21], [0,18; 0], [0,17; 0], [0,08; 0], [0,07; 0] e [0,07; 0].



É possível perceber, através do gráfico 2, que há uma faixa de pesos ampla para cada critério, mostrando que perguntas difíceis foram evitadas, o que indica que o decisor provavelmente teve muita confiança nas suas declarações, o que aumenta a confiança na robustez da solução, diante da certeza do decisor. Isso pode ser constatado ao verificar que diante do intervalo considerado para cada critério e os valores que poderiam ser assumidos, há uma distância grande entre os extremos, o que mostra que provavelmente o tomador de decisão não precisou estabelecer relações de preferências cognitivamente difíceis, principalmente quando se considera que ele teve a opção de não responder para explorar outras partes do espaço de pesos e não precisou desse recurso. Também não foi declarada nenhuma relação de indiferença, que são as mais difíceis de serem identificadas.

As constantes de escala dos critérios representam as informações preferenciais obtidas no processo de elicitacão. Geralmente são informaçoes imprecisas devido a sua natureza subjetiva, por isso geralmente  recomendável realizar uma análise de sensibilidade para verificar possíveis mudanças na soluço devido a essa imprecisão. Porém, as soluçoes fornecidas pelo método FITradeoff tem a vantagem de ser mais robusta, uma vez que a

informação é obtida por meio de questões mais diretas que não requerem o enunciado de relações de indiferença, mas principalmente de preferência estrita que requer menos esforço cognitivo.

5 CONCLUSÃO

Neste trabalho, um modelo multicritério de apoio à decisão foi aplicado no problema de classificação de fornecedores e na decisão de seleção de localização para instalação de uma nova filial de uma organização da indústria da construção civil. Neste caso, foram considerados critérios de seleção de localização julgados como essenciais pela organização para o problema em questão, além do perfil de fornecedores relacionado à cada localidade avaliada.

Para construir os perfis de fornecedores, três fortes restrições para projetos foram consideradas para definir os critérios considerados de forma que a avaliação dos perfis de fornecedores representou o impacto de selecioná-los para as restrições custo, qualidade e cronograma do projeto.

O modelo desenvolveu métricas exclusivas para cada restrição do projeto, levando em conta os insumos críticos dos processos do projeto. Consequentemente, essas informações foram agregadas para compor os perfis dos fornecedores. A classificação desses perfis em categorias ordenadamente preferíveis para o decisor foi realizada por meio do método de classificação FITradeoff (KANG *et al.*, 2020), que usa informações parciais para lidar com o problema, usando um protocolo bem definido de elicitação.

O modelo foi aplicado em uma organização do setor de construção civil voltada principalmente para a construção de residências populares com preços acessíveis e qualidade diferenciada. Como resultado, por meio de seis ciclos executados via software, apenas um perfil de fornecedor foi classificado na categoria 5, mais preferível para o decisor. Em contrapartida, nove perfis compuseram a categoria 4, representando alternativas que atendem bem às restrições do projeto, para o espaço de consequências estudado.

A abordagem proposta permitiu ao decisor obter um conjunto de fornecedores que atendem bem às necessidades dos projetos em que a organização opera. Assim, a escolha dos fornecedores e a aquisição dos insumos necessários à operação dos projetos podem se tornar muito mais simplificadas devido ao tratamento prévio das informações. A utilização de restrições críticas para projetos e a consideração dos insumos que mais afetam cada restrição considerando o perfil dos projetos que a empresa desenvolve ou irá desenvolver, permite que o modelo represente mais fielmente os impactos que os fornecedores causarão no andamento de cada projeto, ajudando a aumentar sua chance de sucesso.

Em seguida, a partir dos perfis de fornecedores e critérios de seleção de localização avaliados como cruciais pela empresa, o modelo lidou com o problema de seleção de

localização para instalação através do método FITradeoff de ordenação (FREJ *et al.*, 2019). Como resultado, por meio de cinco ciclos executados via interação decisor-software, a alternativa de localidade 1 foi estabelecida na primeira colocação principalmente em decorrência de seu bom desempenho nos critérios mais importantes de acordo com a ordenação efetuada pelo decisor.

Os resultados obtidos demonstraram que a abordagem utilizada pode representar bem os problemas. Estes resultados estão intrinsecamente relacionados aos métodos FITradeoff utilizados, que se baseiam em questões sobre as preferências estritas dos decisores. Estas questões têm um grau cognitivo menos complicado do que exigir a definição de valores exatos de indiferença para encontrar uma solução. Além do mais, quando comparado com métodos que lidam com informação completa, como o SMARTS e o procedimento de Tradeoff, após a ordenação dos pesos, seriam necessárias muito mais declarações do decisor, sendo todas de indiferença, para obter o valor das constantes de escala para os problemas apresentados.

Ainda, se o tomador de decisão não tiver confiança ou não quiser responder a uma pergunta, o SAD pula essa resposta e apresenta uma pergunta diferente. A confiança das declarações significa que as informações do método FITradeoff podem estar incompletas, mas são muito menos vulneráveis a imprecisões devido a declarações erradas.

Outra característica importante do FITradeoff é que mesmo que as informações coletadas através do processo de elicitação sejam incompletas, as informações fornecidas pela solução recomendada podem não ser, e mesmo quando a solução não possui uma informação completa, o decisor pode interromper o processo se a solução parcial é satisfatória. Isso fica evidente nos resultados apresentados na Aplicação Numérica.

As implicações gerenciais dos resultados incluem o suporte a futuros processos de avaliação de fornecedores e seleção de localidade para instalação de uma nova instalação da empresa de construção civil estudada. Um dos desafios na estruturação de um problema de decisão é buscar as melhores soluções compatíveis com o custo de obtenção das informações necessárias e o tempo demandado para esta tarefa. Coletar dados de fornecedores e localidades pode ser difícil e demorado. A limitação de tempo e recursos pode levar a organização a não considerar algumas localidades ou fornecedores potenciais nos processos de decisão. Se não houver informações de qualidade, algumas boas alternativas podem não ser consideradas nos processos decisórios. Se a organização já possui um conjunto dos melhores fornecedores e alternativas de localidade para as necessidades de seus projetos, não é necessário realizar a busca de informações relacionadas às localidades mal posicionadas na ordenação e aos fornecedores das categorias mais baixas, uma vez que dificilmente seriam soluções melhores.

Por fim, com um modelo baseado no FITradeoff, que preza por uma execução eficiente do procedimento de elicitação de preferências e avaliação de alternativas considerando critérios estratégicos do contexto organizacional, foi possível auxiliar os gestores por meio do fornecimento de uma recomendação formal e estruturada baseada em conceitos e métodos de tomada de decisão multicritério. Desta forma, a organização pode evitar a informalização de uma decisão de extremo impacto estratégico de médio e longo prazo, reduzindo os riscos de ameaças graves no caso da tomada de uma decisão errônea para o problema estudado. A importância do modelo proposto torna-se ainda maior quando se considera a forte participação da indústria da construção civil no PIB global.

Cabe destacar que um modelo baseado em dados probabilísticos em contexto de risco poderia ter sido considerado, em que métodos que incorporem a teoria da utilidade, como o MAUT, seriam mais adequados. No entanto, nesses problemas, cabe ao analista junto com o decisor julgar se o problema deve ser simplificado, tratando os dados como determinísticos e ponderando a simplificação do modelo com a perda de precisão.

5.1 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Neste estudo, foi assumido que por questões estratégicas, processo de aprendizagem, consolidação de tecnologia e desenvolvimento de capital humano, as empresas tendem a se concentrar em projetos que apresentam algumas semelhanças. Apesar de serem observações compreensivas, sugere-se para pesquisas futuras o estudo da influência desses fatores na convergência do escopo dos projetos desenvolvidos em um portfólio organizacional, o que pode aumentar o uso de modelos para construir informações adequadas aos modelos de decisão. Por exemplo, não só para a seleção de fornecedores, mas também para investimentos em tecnologia e desenvolvimento de equipes.

Sugere-se também expandir o modelo para considerar aspectos estratégicos da organização nos critérios de decisão e explorar o modelo no contexto de outros setores econômicos, onde diferentes elementos podem levar à necessidade de levantamento e estruturação de novos critérios.

REFERÊNCIAS

- ABECIP. 2020. Com juros baixos e alta nas vendas, construtoras retomam lançamentos. Disponível em: <<https://www.abecip.org.br/imprensa/noticias/com-juros-baixos-e-alta-nas-vendas-construtoras-retomam-lancamentos>>. Acesso em: 28/07/2021.
- ABSANTO, G., NNKO, E. Analysis of business growth strategies and their contribution to business growth: a Tanzania case study. *International Journal of Economics, Commerce and Management*. Vol. I, Issue 1, 2013.
- AGÊNCIA CBIC – CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. (2020). “Posicionamento - Construção civil é a locomotiva do crescimento, com emprego e renda”. Disponível em: <<https://cbic.org.br/posicionamento-cbic-construcao-civil-e-a-locomotiva-do-crescimento-com-emprego-e-renda/>>. Acesso em 12 de julho de 2021.
- AGÊNCIA CBIC – CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. (2021). “Déficit habitacional é de 5,877 milhões de moradias no País”. Disponível em: <<https://cbic.org.br/deficit-habitacional-e-de-5877-milhoes-de-moradias-no-pais/>>. Acesso em 14 de julho de 2021.
- AL GARNI, H. Z., AWASTHI, A. Solar PV power plant site selection using a GIS-AHP based approach with application in Saudi Arabia, *Applied Energy*, Volume 206, 2017, Pages 1225-1240.
- AL GARNI, H., KASSEM, A., AWASTHI, A., KOMLJENOVIC, D., AL-HADDAD, K. A multicriteria decision making approach for evaluating renewable power generation sources in Saudi Arabia, *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, Volume 16, 2016, Pages 137-150.
- ALIKHANI, R., TORABI, S.A., ALTAY, N. Strategic supplier selection under sustainability and risk criteria, *International Journal of Production Economics*, Volume 208, 2019, Pages 69-82.
- ALMEIDA, A. T. O conhecimento e o uso de métodos multicritério de apoio a decisão. Recife: Editora Universitária, 2010.
- ALMEIDA, A. T., ALMEIDA, J. A., COSTA, A. P. C. S. E ALMEIDA-FILHO, A. T. (2016). A New Method for Elicitation of Criteria Weights in Additive Models: Flexible And Interactive Tradeoff. *European Journal of Operational Research*, 250(1): 179-191.
- ALMEIDA, A.T. Processo de Decisão nas Organizações: Construindo Modelos de Decisão Multicritério, 1a Edição. São Paulo: Editora Atlas, 2013.
- ALVES, J. R. X., ALVES, J. M. (2015), Definição de localidade para instalação industrial com o apoio do método de análise hierárquica (AHP). *Production*, 25(1): pp. 13-26.
- ANGELIS, A., KANAVOS, P. Multiple Criteria Decision Analysis (MCDA) for evaluating new medicines in Health Technology Assessment and beyond: The Advance Value Framework. *Soc Sci Med*. 2017 Sep; 188:137-156.

ARAZ, C., OZKARAHAN, I. 2007. Supplier evaluation and management system for strategic sourcing based on a new multicriteria sorting procedure. *International Journal of Production Economics*. 106(2), pp. 585-606.

ARAÚJO, M. C. B., ALENCAR, L. H., MOTA, C. M. M. Contractor selection in construction industry: A multicriteria model. 2015 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), 2015, pp. 519-523.

BAGHERI, R., BOROUJI, Z., RAZAVIAN, S. B., KESHVARI, M. M., SHARIFI, F., SHARIFI, S. Implementation of MCDM-Based Integrated Approach to Identifying the Uncertainty Factors on the Constructional Project. *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2021, Article ID 1473917.

BAHADORI, M., HOSSEINI, S. M., TEYMOURZADEH, E., RAVANGARD, R., RAADABADI, M., ALIMOHAMMADZADEH, K. (2020) A supplier selection model for hospitals using a combination of artificial neural network and fuzzy VIKOR, *International Journal of Healthcare Management*, 13:4, 286-294.

BARKER, T. J., ZABINSKY, Z. B. A multicriteria decision making model for reverse logistics using analytical hierarchy process, *Omega*, Volume 39, Issue 5, 2011, Pages 558-573.

BELTON, V., STEWART, T. J. Multiple criteria decision analysis: an integrated approach. Norwell: Kluwer Academic Publishers, 2002.

BERGMAN, M. A.; LUNDBERG, S. (2013) 'Tender evaluation and supplier selection methods in public procurement', *Journal of Purchasing and Supply Management*, Vol. 19, No. 2, pp.73–83.

BOER, L., LABRO, E. E MORLACCHI, P. (2001). A review of methods supporting supplier selection. *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 7(2): 75-89.

BORAN, F. E., GENÇ, S., KURT, M., AKAY, D. A multi-criteria intuitionistic fuzzy group decision making for supplier selection with TOPSIS method, *Expert Systems with Applications*, Volume 36, Issue 8, 2009, Pages 11363-11368.

BORAN, F.E., GENÇ, S., AKAY, D. (2011). Personnel selection based on intuitionistic fuzzy sets. *Hum. Factors Man.*, 21: 493-503.

BOUYSSOU, D., MARCHANT, T., PIRLOT, M., PERNY, P., TSOUKIÀS, A., VINCKE, P. Evaluation and decision models: a critical perspective. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2000.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. *Logística Empresarial. O Processo de integração da cadeia de suprimento*. São Paulo: Atlas, 2006.

BRIOZO, R.A., MUSETTI, M.A. (2015), Método multicritério de tomada de decisão: aplicação ao caso da localização espacial de uma Unidade de Pronto Atendimento - UPA 24 h. *Gestão Produção*, 22: pp. 805–819.

BUTTHA, K. S., HUQ, F. Supplier selection problem: a comparison of total cost of ownership and analytic hierarchy process approaches. *Supply Chain Management: An International Journal*, v. 7, n. 3, p. 126-135, 2002.

BÜYÜKÖZKAN, G., ÇİFÇİ, G. A novel fuzzy multi-criteria decision framework for sustainable supplier selection with incomplete information, *Computers in Industry*, Volume 62, Issue 2, 2011, Pages 164-174.

CARNES, C., CHIRICO, F., HITT, M., HUH, D., PISANO, V. (2017). Resource orchestration for innovation: Structuring and bundling resources in growth-and maturity-stage firms. *Long Range Planning*, 50(4), 472–486.

CHAI, J., LIU, J. N. K., NGAI, E. W. T. Application of decision-making techniques in supplier selection: A systematic review of literature. *Expert Systems with Applications*. Volume 40, Issue 10, August 2013, Pages 3872-3885.

CHAKRABORTY, R., RAY, A., DAN, P.K. (2013), Multi criteria decision making methods for location selection of distribution centers. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 4: pp. 491–504.

CHANG, K.H.; CHAIN, K.; WEN, T.C.; YANG, G.K. A Novel General Approach for Solving a Supplier Selection Problem. *Journal of Testing and Evaluation*, v. 44, n. 5, p. 1911-1924, 2016.

CHATTERJEE, D.; MUKHERJEE, B. (2013). Potential hospital location selection using fuzzy-AHP: an empirical study in Rural India. *International Journal of Innovative Technology and Research*, 1(4), 304-314.

CHEN, C. T., LIN, C. T. E HUANG, S. F. (2006). A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. *International Journal of Production Economics*, 102(2): 289-301.

CHEN, V. Y. C., LIEN, H., LIU, C., LIOU, J. J. H., TZENG, G., YANG, L. Fuzzy MCDM approach for selecting the best environment-watershed plan, *Applied Soft Computing*, Volume 11, Issue 1, 2011, Pages 265-275.

CHIA, F. C., SKITMORE, M., RUNESON, G. E BRIDGE, A. (2014). Economic development and construction productivity in Malaysia. *Construction Management and Economics*, 32(9): 874-887.

CHOU, S.Y., CHANG, Y.H., SHEN, C.Y. A fuzzy simple additive weighting system under group decision-making for facility location selection with objective/subjective attributes. *Eur. J. Oper. Res.* 189, 132–145 (2008).

CILALI, B., BARKER, K., GONZÁLEZ, A. D. A Location Optimization Approach to Refugee Resettlement Decision-Making, *Sustainable Cities and Society*, Volume 74, 2021, 103153.

CO, N.T. 2017. Plant location evaluation from the aspects of financial and non-financial criteria. *Asian J. Sci. Res.*, 10: 252-258.

DADELO, S., TURSKIS, Z., ZAVADSKAS, E. K., DADELIENE, R. Multi-criteria assessment and ranking system of sport team formation based on objective-measured values of criteria set, *Expert Systems with Applications*, Volume 41, Issue 14, 2014, Pages 6106-6113.

DAVIES, A.L., BRYCE, R., REDPATH, S.M. Use of multicriteria decision analysis to address conservation conflicts. *Conserv Biol.* 2013 Oct; 27(5):936-944.

CORREIA, L.M.A.M, DA SILVA, J.M.N., DOS SANTOS LEITE, W. K. A multicriteria decision model to rank workstations in a footwear industry based on a FITradeoff-ranking method for ergonomics interventions. *Oper Res Int J* (2021).

DIEESE. (2020). “A Construção Civil e os Trabalhadores: panorama dos anos recentes”. Disponível em: <https://www.dieese.org.br/estudosepesquisas/2020/estPesq95trabconstrucaocivil.pdf>. Acesso em 12 de julho de 2021.

DOUMPOS, M. E ZOPOUNIDIS, C. (2004). A multicriteria classification approach based on pairwise comparisons. *European Journal of Operational Research*, 158: 378–389.

DOUMPOS, M., ZOPOUNIDIS, C. A multicriteria decision support system for bank rating, *Decision Support Systems*, Volume 50, Issue 1, 2010, Pages 55-63.

DOUMPOS, M., ZOPOUNIDIS, C. *Multicriteria decision aid classification methods*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002.

DREZNER, T.; DREZNER, Z. The gravity multiple server location problem. *Computers & Operations Research*. 38 (2011) 694-701.

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, 2003.

DURMAZ, Y., ILHAN, A. Growth Strategies in Businesses and A Theoretical Approach. *International Journal of Business and Management*; Vol. 10, No. 4; 2015.

EBRAHIMNEJAD, S., MOUSAVI, S. M., TAVAKKOLI-MOGHADDAM, R., HASHEMI, H., VAHDANI, B. A novel two-phase group decision-making approach for construction project selection in a fuzzy environment, *Applied Mathematical Modelling*, Volume 36, Issue 9, 2012, Pages 4197-4217.

EDWARDS, W., BARRON, F. H. SMARTS and SMARTER: Improved simple methods for multiattribute utility measurement. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 60: 306-325, 1994.

EUM, Y.S.; PARK, K.S.; KIM, S.H. Establishing dominance and potential optimality in multi-criteria analysis with imprecise weight and value. *Computers & Operations Research*, 28: 397–409, 2001.

FARHANG, M. B., SEYEDHOSSEINI, S. M. (2010). A particle swarm approach to solve vehicle routing problem with uncertain demand: A drug distribution case study. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 1(1): pp. 55-64.

FARIA, P. O.; VANALLE, R. M. Critérios para a seleção de fornecedores: uma análise das práticas de grandes empresas industriais do estado do Espírito Santo. Anais do XXVI Enegep – XXVI ENEGEP, Fortaleza, 2006.

FELDMAN, M.P., KUTAY, A.S. (1997) Innovation and Strategy in Space: Towards a New Location Theory of the Firm. In: Bertuglia C.S., Lombardo S., Nijkamp P. (eds) Innovative Behaviour in Space and Time. Advances in Spatial Science. Springer, Berlin, Heidelberg.

FERRARI, P. A method for choosing from among alternative transportation projects, European Journal of Operational Research, Volume 150, Issue 1, 2003, Pages 194-203.

FREJ, E. A., ALMEIDA, A. T., COSTA, A. P. C. S. Using data visualization for ranking alternatives with partial information and interactive tradeoff elicitation. Operational Research (2019) 19:909–931.

FREJ, E. A., ROSELLI, L. R. P., ALMEIDA, J. A., ALMEIDA, A. T. "A Multicriteria Decision Model for Supplier Selection in a Food Industry Based on FITradeoff Method", Mathematical Problems in Engineering, vol. 2017, Article ID 4541914, 9 pages, 2017.

GAO, D.-D., LV, P. A sorting-based management model to support early supplier involvement in new product development. 2009 International Conference on Management Science and Engineering - 16th Annual Conference Proceedings, ICMSE 2009. 5317393, pp. 496-501.

GERBERT, P., CASTAGNINO, S., ROTHBALLER, C. E RENZ, A. (2016). Shaping the future of construction a breakthrough in mindset and technology. In World Economic Forum, p. 1–64, Cologny, Switzerland.

GOMES, L. F. A. M. Teoria da decisão. São Paulo: Thomson, 2007.

GOMES, L. F. A. M., GOMES, C. F. S., ALMEIDA, A. T. D. Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério. São Paulo: Atlas, 2002.

HANDFIELD, R.; WALTON, S. V.; SROUFE, R.; MELNYK S. A. Applying environmental criteria to supplier assessment: A study in the application of the Analytical Hierarchy Process. European journal of operational research, v. 141, n. 1, p. 70-87, 2002.

HANDFIELD, R.B., MONCZKA, R. M., GIUNIPERO, L. C., PATTERSON, J. L. Sourcing and supply chain management. 2009. 4th edition

HO, C., NGUYEN, P., SHU, M. (2007). Supplier Evaluation and Selection Criteria in the Construction Industry of Taiwan and Vietnam. International journal of information and management sciences, 18, 403-426.

HO, J. Y., OOI, J., WAN, Y. K., ANDIAPPAN, V. Synthesis of wastewater treatment process (WWTP) and supplier selection via Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP), Journal of Cleaner Production, Volume 314, 2021, 128104.

- HO, W., XU, X. E DEY, P. K. (2010). Multi-criteria decision-making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review. *European Journal of operational research*, 202(1), 16-24.
- HONG, L., XIAOHUA, Z. Study on location selection of multi-objective emergency logistics center based on AHP, *Procedia Engineering*, Volume 15, 2011, Pages 2128-2132.
- HWANG, C. L., YOON, K. Multiple attributes decision-making methods and applications Berlin: Springer-Verlag, 1981.
- IBGE. (2019). Pesquisa Anual da Indústria da Construção. Available in https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/54/paic_2019_v28_informativo.pdf
- JUNIOR, F.R.L., OSIRO, L., CARPINETTI, L.C.R. 2013. A fuzzy inference and categorization approach for supplier selection using compensatory and non-compensatory decision rules. *Applied Soft Computing Journal*. 13(10), pp. 4133-4147.
- KAHRAMAN, C., CEBECI, U. E ULUKAN, Z. (2003). Multi-criteria supplier selection using fuzzy AHP. *Logistics Information Management*, 16(6): 382-394.
- KANG, T. H. A. PROBLEMÁTICA DE CLASSIFICAÇÃO COM O FITRADEOFF E ALOCAÇÃO DE RECURSOS EM SISTEMAS DE ENERGIA ELÉTRICA. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, p. 86. 2018.
- KANG, T. H. A., ALMEIDA, A. T. (2017). Método FITradeoff para problemática de classificação. In *XLIX Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, Blumenau.
- KANG, T. H. A., FREJ, E. A., ALMEIDA, A. T. (2020). Flexible and Interactive Tradeoff Elicitation for Multicriteria Sorting Problems. *Asia Pacific Journal of Operational Research*. p. 1-27.
- KANG, T. H. A., JÚNIOR, A. M. C. S., ALMEIDA, A. T. Evaluating electric power generation technologies: A multicriteria analysis based on the FITradeoff method, *Energy*, Volume 165, Part B, 2018, Pages 10-20.
- KAR, A. K. A hybrid group decision support system for supplier selection using analytic hierarchy process, fuzzy set theory and neural network, *Journal of Computational Science*, Volume 6, 2015, Pages 23-33.
- KEENEY, R. L., RAIFFA, H. Decision with multiple objectives: preferences and value tradeoffs. New York: John Wiley, 1976.
- KEENEY, R.; VON WINTERFELDT, D. Practical Value Models. In: EDWARDS, W.; MILES, R.F.; von WINTERFELDT, D. (ed.) *Advances in Decision Analysis: From Foundations to Applications*. Cambridge, Cambridge University Press, 2007.
- KEENEY, R.L.; RAIFFA, H. Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs. Cambridge & New York, Cambridge University Press, 1993.

KHODADADZADEH, T., SADJADI, S. J. A state-of-art review on supplier selection problem. *Decision Science Letters* 2 (2013) 59–70.

KILIC, H. S., YALCIN, A. S. Modified two-phase fuzzy goal programming integrated with IF-TOPSIS for green supplier selection, *Applied Soft Computing*, Volume 93, 2020, 106371.

KIM, J.H., AHN, B.S. The Hierarchical VIKOR Method with Incomplete Information: Supplier Selection Problem. *Sustainability* 2020, 12, 9602.

LUAN, J., YAO, Z., ZHAO, F., SONG, X. A novel method to solve supplier selection problem: Hybrid algorithm of genetic algorithm and ant colony optimization. *Mathematics and Computers in Simulation*. Volume 156, February 2019, Pages 294-309.

MALCZEWSKI, J., JACKSON, M. Multicriteria spatial allocation of educational resources: an overview, *Socio-Economic Planning Sciences*, Volume 34, Issue 3, 2000, Pages 219-235.

MOUSAVI, S. M., TAVAKKOLI-MOGHADDAM, R., HEYDAR, M., EBRAHIMNEJAD, S. (2013). Multi-criteria decision making for plant location selection: an integrated delphi-AHP-PROMETHEE methodology. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 38(5), 1255-1268.

OLIVEIRA E SILVA, A.L., CAVALCANTE, C.A.V., DE VASCONCELOS, N.V.C. 2016. A multicriteria decision model to support the selection of suppliers of motor repair services. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 84 (1-4), pp. 523-532.

ONUT, S., TOSUN, S. An integrated methodology for supplier selection under the presence of vagueness: A case in banking sector, Turkey, *Journal of Applied Mathematics* (2014) Article ID 283760.

OWEN, S. H, DASKIN, M. S. (1998). Strategic facility location: A review. *European Journal of Operational Research*, 111, 423-447.

OXFORD ECONOMICS. (2018). The economic significance of the meetings and events industry to the U.S. economy. In *Oxford Economics*, pp. 1–52. Oxford, UK.

OZDAGOGLU, A. (2012). A multi-criteria decision-making methodology on the selection of facility location: fuzzy ANP. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 59(5-8), 787-803.

PARTHIBAN, P.; ZUBAR, H.A.; KATAKAR, P. Vendor selection problem: a multi-criteria approach based on strategic decisions. *International Journal of Production Research*, 51(5): 1535-1548, 2013.

PMI. (2017). *A Guide Project Management Body of Knowledge*. 6 ed, Project Management Institute.

POLETO, T., CLEMENTE, T.R.N., DE GUSMÃO, A.P.H., SILVA, M.M., COSTA, A.P.C.S. (2020), "Integrating value-focused thinking and FITradeoff to support information technology outsourcing decisions", *Management Decision*, Vol. 58 No. 11, pp. 2279-2304.

- POPOVIC, G., STANUJKIC, D., BRZAKOVIC, M., KARABASEVIC, D. A multiple-criteria decision-making model for the selection of a hotel location, *Land Use Policy*, Volume 84, 2019, Pages 49-58.
- QUAN, J., ZENG, B., LIU, D. Green Supplier Selection for Process Industries Using Weighted Grey Incidence Decision Model. *Complexity*, vol. 2018, Article ID 4631670, 12 pages, 2018.
- RAO, C., GOH, M., ZHAO, Y., ZHENG, J. Location selection of city logistics centers under sustainability, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Volume 36, 2015, Pages 29-44.
- RAO, R. V., PATEL, B. K. (2010). Decision making in the manufacturing environment using an improved PROMETHEE method, *International Journal of Production Research*, 48:16, 4665-4682.
- REZAEI, J.; NISPELING, T.; SARKIS J.; TAVASSZY, L. A supplier selection life cycle approach integrating traditional and environmental criteria using the best worst method. *Journal of Cleaner Production*, v. 135, p. 577 –588, 2016.
- RIABACKE, M., DANIELSON, M., EKENBERG, L. State-of-the-Art Prescriptive Criteria Weight Elicitation, *Advances in Decision Sciences*, vol. 2012, Article ID 276584.
- ROY, B. *Multicriteria Methodology for Decision Aiding*. Kluwer Academic Publishers, 1996.
- SAATY, T. L. *The analytic hierarchy process*. New York: McGraw- Hill, 1980.
- SANTOS, I. M., ROSELLI, L. R. P., SILVA, A. L. G., ALENCAR, L. H. A Supplier Selection Model for a Wholesaler and Retailer Company Based on FITradeoff Multicriteria Method, *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2020, Article ID 8796282, 14 pages, 2020.
- SCAPARRA, M. P., SCUTELLÀ, M. G. *Facilities, Locations, Customers: Building Blocks of Locations Blocs. A Survey*, Technical Report TR-01-18, 2001.
- SCHRAMM, F., MORAIS, D. C. (2012). Decision support model for selecting and evaluating suppliers in the construction industry. *Pesquisa Operacional* 32(3):643-662.
- SEGURA, M., MAROTO, C., SEGURA, B., CASAS-ROSAL, J.C. Improving Food Supply Chain Management by a Sustainable Approach to Supplier Evaluation. *Mathematics* 2020, 8, 1952.
- SENVAR, O., TUZKAYA, G., KAHRAMAN, C. (2014) Multi Criteria Supplier Selection Using Fuzzy PROMETHEE Method. In: Kahraman C., Öztayşi B. (eds) *Supply Chain Management Under Fuzziness. Studies in Fuzziness and Soft Computing*, vol 313. Springer, Berlin, Heidelberg.
- SEPULVEDA, J.M., DERPICH, I.S. 2015. Multicriteria supplier classification for DSS: Comparative analysis of two methods. *International Journal of Computers, Communications and Control* 10(2), pp. 238-247.

- SEPÚLVEDA, J.M. 2013. A model for evaluating logistics services providers: Case study in a Chilean chemical company. *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)* 6(PART 1), pp. 511-516.
- SEPÚLVEDA, J.M., DERPICH, I.S. 2014. Automated reasoning for supplier performance appraisal in supply chains. *Procedia Computer Science*, 31, pp. 966-975.
- SEVKLI, M. (2010). An application of the fuzzy ELECTRE method for supplier selection, *International Journal of Production Research*, 48:12, 3393-3405.
- SILVA, A.C.C.L.M., ALENCAR, L.H. Model for sorting partners in construction: A case study in a highway project. *Conference Proceedings - IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*. 2019-October, 8914004, pp. 1518-1523.
- SILVA, L.C.E., DE FRANCA DANTAS DAHER, S., SANTIAGO, K.T.M., COSTA, A.P.C.S. Selection of an Integrated Security Area for locating a State Military Police Station based on MCDM/A method. 2019 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (SMC), 2019, pp. 1530-1534.
- SOLLISH, F., SEMANIK, J. *The Purchasing and Supply Manager's Guide to the C.P.M. Exam* Hoboken: Wiley, 2006.
- SPLIET, R., TERVONEN, T. (2014). Preference inference with general additive value models and holistic pair-wise statements. *European Journal of Operational Research*, 232, 607-612
- TAHERDOOST, H., BRARD, A. Analyzing the Process of Supplier Selection Criteria and Methods, *Procedia Manufacturing*, Volume 32, 2019, Pages 1024-1034.
- VAHIDNIA, M. H., ALESHEIKH, A. A., ALIMOHAMMADI, A. Hospital site selection using fuzzy AHP and its derivatives, *Journal of Environmental Management*, Volume 90, Issue 10, 2009, Pages 3048-3056.
- VINCKE, P. *Multicriteria decision-aid*. New York: John Wiley, 1992.
- VON THÜNEN, J. H. (1966). "Der Isolierte Staat." 1842. In Hall, P. (eds) *von Thünen's Isolated State*, Parts I and II. Oxford: Pergamon Press.
- WEBER, A.; FRIEDRICH, C.J. *Alfred Weber's Theory of the Location of Industries*; University of Chicago Press: Chicago, IL, USA, 1929.
- WEBER, C. A., CURRENT J. R. (1993) 'A multi objective approach to vendor selection', *European Journal of Operational Research*, 68, 173-184.
- WEELE, A.J., VAN, J. *Purchasing and supply chain management: analysis, strategy, planning and practice*. Andover: Cengage Learning, 2014.
- WETZSTEIN, A.; HARTMANN, E.; BENTON JR, W.C.; HOHENSTEIN, N. A systematic assessment of supplier selection literature – State-of-the-art and future scope. *International Journal of Production Economics*, v. 182, p. 304–323, 2016.

WHEELEN, T. L., HUNGER, J. D. (2012). *Strategic Management and Business Policy* (13th ed.). Prentice Hall, USA.

WU, T., BLACKHURST, J. (2009) Supplier evaluation and selection: an augmented DEA approach, *International Journal of Production Research*, 47:16, 4593-4608.

XUE, H. E ZHANG, S. J. (2018). Relationships between engineering construction standards and economic growth in the construction industry: The case of China's construction industry. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 22(5): 1606–1613.

YANG, J., LEE, H. (1997), "An AHP decision model for facility location selection", *Facilities*, Vol. 15 No. 9/10, pp. 241-254.

YONG, D. Plant location selection based on fuzzy TOPSIS. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 28, 839–844 (2006).

YOON, K., HWANG, C.-L. *Multiple attribute decision making an introduction*. Thousand Oaks: Sage Publications, 1995.

YU, J., LIU, Y., CHANG, G-L., MA, W., YANG, X. Locating Urban Transit Hubs: Multicriteria Model and Case Study in China. *J. Transp. Eng.*, 2011, 137(12): 944-952.