



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

YARA PATRÍCIA GINANE DE ARAÚJO

**INCORCOPORAÇÃO DE MELHORIAS NA AVALIAÇÃO INTRACRITÉRIO DO
MÉTODO FITRADEOFF E APLICAÇÃO PARA SELEÇÃO DE FORNECEDORES
EM PROCESSO LICITATÓRIO NA MODALIDADE DO PREGÃO**

Recife

2023

YARA PATRÍCIA GINANE DE ARAÚJO

**INCORCOPORAÇÃO DE MELHORIAS NA AVALIAÇÃO INTRACRITÉRIO DO
MÉTODO FITRADEOFF E APLICAÇÃO PARA SELEÇÃO DE FORNECEDORES
EM PROCESSO LICITATÓRIO NA MODALIDADE DO PREGÃO**

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: Pesquisa Operacional.

Orientadora: Prof. Dra. Lucia Reis Peixoto Roselli.

Coorientadora: Prof. Dra. Eduarda Asfora Frej.

Recife

2023

Catálogo na fonte
Bibliotecário Gabriel Luz, CRB-4 / 2222

- A663i Araújo, Yara Patrícia Ginane de.
Incorporação de melhorias na avaliação intracritério do método fitradeoff e aplicação para seleção de fornecedores em processo licitatório na modalidade do pregão / Yara Patrícia Ginane de Araújo. 2023.
81 f.: il.
- Orientadora: Profa. Dra. Lucia Reis Peixoto Roselli.
Coorientadora: Profa. Dra. Eduarda Asfora Frej.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Recife, 2023.
Inclui referências.
1. Engenharia de produção. 2. Avaliação intracritério. 3. Informação parcial. 4. Método da bisseção. 5. Método FITtradeoff. 6. Análise de sensibilidade. I. Roselli, Lucia Reis Peixoto (Orientadora). II. Frej, Eduarda Asfora (Coorientadora). III. Título.
- UFPE
- 658.5 CDD (22. ed.) BCTG / 2023 - 106

YARA PATRÍCIA GINANE DE ARAÚJO

**INCORCOPORAÇÃO DE MELHORIAS NA AVALIAÇÃO INTRACRITÉRIO DO
MÉTODO FITRADEOFF E APLICAÇÃO PARA SELEÇÃO DE FORNECEDORES
EM PROCESSO LICITATÓRIO NA MODALIDADE DO PREGÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito para obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção.

Aprovado em: 16 / 02 / 2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Lúcia Reis Peixoto Roselli (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dra. Eduarda Asfora Frej (Coorientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dra. Danielle Costa Moraes (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dra. Mischel Carmen Neyra Belderrain (Examinadora Externa)
Instituto Tecnológico de Aeronáutica

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida.

Agradeço imensamente aos meus pais, José e Regina por todo apoio e incentivo, dedico todas as minhas conquistas a vocês. A minha irmã Sara por todas as palavras de apoio.

Agradeço aos meus amigos.

Manoel Ribeiro por todo apoio, liderança, paciência e companheirismo você foi fundamental nessa caminhada.

À Larissa por todo suporte e palavras positivas.

À Rayane minha companheira acadêmica desde a graduação, meu oposto complementar, agradeço por tudo.

À Marcos Antônio pelo apoio e por todas as palavras de conforto.

À Leandro Miller por sempre está ao meu lado e por todo cuidado e atenção.

Ao meu grupo do mestrado, Gilvando e Felipe, por toda a força.

Vocês foram essenciais nessa jornada e deixo expressa minha gratidão.

Agradeço as professoras Eduarda Asfora e Lúcia Roselli por toda orientação e ensinamentos adquiridos ao longo do desenvolvimento desta pesquisa.

Agradeço aos meus colegas de laboratório, por todos os momentos compartilhados.

Agradeço a CAPES pelo suporte financeiro.

RESUMO

Nos Métodos de Apoio à Decisão Multicritério MCDM/A de agregação de critério único de síntese, a avaliação intracritério é responsável por definir a função valor que representa os interesses do decisor ao avaliar uma alternativa em relação a cada critério do problema. No entanto, vários métodos simplificam a elicitación de preferências dessa avaliação assumindo a linearidade da função para todos os critérios do problema, por meio de um processo de normalização simples. Inserido no contexto de métodos de agregação de critério único de síntese encontra-se o método FITradeoff no escopo da Teoria do Valor Multiatributo (MAVT), este método baseia-se no procedimento de elicitación tradicional Tradeoff e permite realizar a elicitación das preferências do decisor de maneira flexível, utilizando de informação parcial, exigindo assim menos esforço cognitivo do decisor no processo de elicitación, permitindo funções valor lineares e não lineares em sua estrutura. Mas, não apresenta um procedimento para elicitación de preferências na etapa de avaliação destas funções. Desta forma, o presente trabalho desenvolveu um procedimento de elicitación de preferências para a etapa de avaliação intracritério do método FITradeoff baseado no método da bisseção fazendo uso de informações parciais, para critérios discretos e contínuos, assim como o desenvolvimento de uma análise de sensibilidade para avaliação intracritério como forma de testar a robustez das funções valor elicitadas. O procedimento é apresentado e aplicado no problema de seleção de fornecedores no processo licitatório na modalidade pregão de um órgão público. A nova proposta para elicitación funções valor de critérios, na etapa de avaliação intracritério, apresentou bom desempenho, permitindo que seus comportamentos fossem extraídos e proporcionando mais um recurso ao método FITradeoff.

Palavras-chave: avaliação intracritério; informação parcial; método da bisseção; método *FITradeoff*; análise de sensibilidade.

ABSTRACT

In Multicriteria Decision Support Methods MCDM/A single-criterion aggregation synthesis methods, the intracriteria evaluation is responsible for defining the value function that represents the decision maker's interests when evaluating an alternative against each criterion of the problem. However, several methods simplify the preference elicitation of this evaluation by assuming linearity of the function for all criteria in the problem through a simple normalization process. Inserted in the context of single criterion synthesis aggregation methods is the FITradeoff method in the scope of Multi-attribute Value Theory (MAVT), this method is based on the traditional Tradeoff elicitation procedure and allows for the elicitation of the decision maker's preferences in a flexible manner, using partial information, thus requiring less cognitive effort from the decision maker in the elicitation process, allowing for linear and non-linear value functions in its structure. But, it does not present a procedure for preference elicitation in the evaluation stage of these functions. Thus, the present work developed a preference elicitation procedure for the intracriteria evaluation step of the FITradeoff method based on the bisection method making use of partial information, for discrete and continuous criteria, as well as the development of a sensitivity analysis for intracriteria evaluation as a way to test the robustness of the elicited value functions. The procedure is presented and applied to the supplier selection problem in a public bidding process. The new proposal to elicit criteria value functions, in the intracriteria evaluation step, presented good performance, allowing their behaviors to be extracted and providing one more resource to the FITradeoff method.

Keywords: intracriteria evaluation; partial information; bisection method; FITtradeoff method; sensitivity analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Procedimento para resolução de um problema de decisão	18
Figura 2 - Função valor monotonicamente crescente do critério "Disponibilidade de Pessoal"	24
Figura 3 - Tela de entrada manual dos dados	33
Figura 4 - Intervalos para elicitación intracritério	37
Figura 5 - Critério de parada com 15%, 10% e 5%.....	38
Figura 6 - Verificação da faixa remanescente	39
Figura 7 - Fluxograma do processo de avaliação para o procedimento de elicitación intracritério	41
Figura 8 - Exemplo do gráfico final com o comportamento para o critério C_i	42
Figura 9 - Fluxograma da análise de sensibilidade referente a avaliação intracritério para critérios contínuos.....	45
Figura 10 - Intervalos para elicitación intracritério	46
Figura 11 - Fluxograma do processo de avaliação para o procedimento de elicitación intracritério	48
Figura 12 - Exemplo do gráfico final com o comportamento para o critério C_i	49
Figura 13 - Fluxograma da análise de sensibilidade referente a avaliação intracritério para critérios discretos	50
Figura 14 - Hierarquia de objetivos fundamentais	57
Figura 15 - Interface da região de seleção do critério a ser elicitado	62
Figura 16 - Interface da primeira pergunta do ponto $x_{0,5}$ para critério "Preço"	63
Figura 17 - Interface da terceira pergunta do ponto $x_{0,5}$ para critério "Preço"	64
Figura 18 - Forma final da função valor para o critério "Preço"	65
Figura 19 - Forma final da função valor para o critério "Lead Time"	65
Figura 20 - Interface da primeira pergunta para critério "Qualidade"	66
Figura 21 - Forma final da função valor para o critério "Qualidade"	67
Figura 22 - Forma final da função valor para o critério "Confiabilidade"	67
Figura 23 - Ordenação das constantes de escala dos critérios.....	68
Figura 24 - 1º e 2º perguntas da elicitación por decomposição	69
Figura 25 - Diagrama de Hasse após 4 informações de preferência	70
Figura 26 - Avaliação Holística.....	71
Figura 27 - Solução final fornecida pelo SAD FITradeoff.....	71

Figura 28 - Resultado final da Análise de Sensibilidade - Módulo ordenação 72

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Procedimentos de normalização.....	22
Quadro 2 - Funções analíticas utilizadas no SAD <i>FI</i> Tradeoff	32
Quadro 3 - Variáveis do procedimento proposto.....	36
Quadro 4 - Número de níveis para critérios discretos	46
Quadro 5 - Dispositivos para identificação de objetivos.....	55
Quadro 6 - Descrição dos critérios	58
Quadro 7 - Matriz de consequências do problema	59

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA.....	14
1.2	OBJETIVOS DO TRABALHO.....	15
1.2.1	<i>Objetivo Geral</i>	15
1.2.2	<i>Objetivos Específicos</i>	15
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO DA LITERATURA.....	17
2.1	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1.1	<i>Decisão Multicritério</i>	17
2.1.2	<i>Método FITradeoff</i>	19
2.1.3	<i>Avaliação intracritério em modelos aditivos</i>	20
2.2	REVISÃO DA LITERATURA.....	24
2.2.1	<i>Avaliação intracritério com informação parcial</i>	24
2.2.2	<i>Desenvolvimentos metodológicos no método FITradeoff e aplicações práticas</i>	25
2.3	SÍNTESE DO ESTADO DA ARTE E POSICIONAMENTO DESTES TRABALHO.....	30
3	PROPOSTAS DE MELHORIAS NO PROCEDIMENTO PARA ELICITAÇÃO DE PREFERÊNCIAS PARA AVALIAÇÃO INTRACRITÉRIO NO MÉTODO FITRADEOFF	32
3.1	AVALIAÇÃO INTRACRITÉRIO NO MÉTODO FITRADEOFF.....	32
3.2	NOVO PROCEDIMENTO PARA AVALIAÇÃO INTRACRITÉRIO	34
3.2.1	<i>Elicitação intracritério para critérios contínuos</i>	36
3.2.2	<i>Elicitação intracritério para discretos</i>	45
4	SELEÇÃO DE FORNECEDORES EM PROCESSO LICITATÓRIO NA MODALIDADE PREGÃO COM FITRADEOFF	52
4.1	ESTRUTURAÇÃO DO PROBLEMA	52
4.1.1	<i>Descrição do problema e decisores</i>	52
4.1.2	<i>Objetivos</i>	54
4.1.3	<i>Critérios</i>	56
4.1.4	<i>Alternativas e problemática</i>	59
4.1.5	<i>Fatores não controlados</i>	59
4.1.6	<i>Modelagem de preferências</i>	59

4.1.7	<i>Avaliação intracritério</i>	60
4.1.8	<i>Avaliação intercritério</i>	61
4.1.9	<i>Análise de sensibilidade</i>	61
4.1.10	<i>Análise dos resultados e recomendações</i>	61
4.1.11	<i>Implementar decisão</i>	61
4.2	ELICITAÇÃO DE PREFERÊNCIAS PARA AVALIAÇÃO INTRACRITÉRIO COM FUNÇÃO VALOR NÃO LINEAR	62
4.3	AVALIAÇÃO INTERCRITÉRIO, ANÁLISE DE SENSIBILIDADE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	68
5	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	73
5.1	CONCLUSÕES	73
5.2	SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS	74
	REFERÊNCIAS	75

1 INTRODUÇÃO

Os problemas de decisão multicritério caracterizam-se por apresentarem pelo menos duas alternativas conflitantes entre si que buscam atender de forma simultânea múltiplos objetivos. Estes objetivos são representados por variáveis, denominadas de critérios ou atributos, em que apresentam, em sua maioria, medidas diferentes (KEENEY; RAIFFA, 1976; BELTON; STEWART, 2002; FIGUEIRA *et al.*, 2005, DE ALMEIDA *et al.*, 2015).

A presença de objetivos conflitantes acarreta em uma complexidade para a tomada de decisão, sendo assim, surge a preocupação na estruturação e resolução destes problemas com o objetivo de obter a melhor solução. Dessa forma, os métodos de apoio à decisão multicritério MCDM/A podem ser aplicados para solucionar estes problemas. Diversos métodos MCDM/A estão disponíveis na literatura, com isso a escolha de qual método aplicar ocorre a partir de um modelo de decisão multicritério construído com base nas características do problema de decisão (DE ALMEIDA, 2013).

De acordo com Roy (1996) os métodos MCDM/A são classificados em três grupos principais: Métodos de Critério Único de Síntese; Métodos de Sobreclassificação; e Métodos Iterativos. Considerando a modelagem de preferências uma maneira de classificar é com base na racionalidade do decisor: métodos com racionalidade compensatória e não compensatória (DE ALMEIDA *et al.*, 2015).

Os métodos de critério único de síntese são apropriados para problemas em que o decisor apresenta uma racionalidade compensatória, isto é, existe a compensação entre o desempenho negativo de uma alternativa em um dado critério por um desempenho positivo em outro critério. Estes métodos são compostos por duas etapas, intracritério e intercritério. A primeira etapa corresponde a obtenção de uma função valor que representem os interesses do decisor ao avaliar uma alternativa em relação a cada critério do problema, obtida através de uma elicitación de preferências. Em seguida, a etapa intercritério para obtenção das constantes de escala e a função valor global (KEENEY; RAIFFA, 1976; BELTON; STEWART, 2002; DE ALMEIDA *et al.*, 2015).

A elicitación das funções valor na avaliação intracritério podem ser realizadas de diferentes formas considerando as preferências do decisor. Tais como, a construção de uma escala qualitativa de valor, avaliação direta das alternativas e definição de uma função valor marginal, quanto ao último pode ser avaliada diretamente ou por avaliação indireta. Inserido nesse contexto de avaliação indireta têm-se os métodos da bisseção e das diferenças, que são bastante utilizados nesse tipo de avaliação. Ambos os métodos assumem que a função valor

aumenta ou diminui de forma monotônica ao longo da faixa considerada para medir o critério (BELTON; STEWART, 2002). Destaca-se que, o método da bisseção (KEENEY; RAIFFA, 1976; BELTON; STEWART, 2002) pode ser aplicado em contextos que permitem funções lineares e não-lineares.

No entanto, vários métodos simplificam a elicitação de preferências da avaliação intracritério assumindo a linearidade da função para todos os critérios do problema, por meio de um processo de normalização simples. Essa simplificação pode não expressar de fato as preferências reais do decisor introduzindo os chamados "erros de modelagem", mas reduz os "erros de elicitação" (EDWARDS; BARRON, 1994). O "erro de elicitação" está relacionado com a dificuldade das perguntas que o decisor precisa fornecer durante o processo de elicitação.

No que se refere a avaliação intercritério, a elicitação dos valores das constantes de escala dos critérios apresenta-se como a principal dificuldade da Teoria da Utilidade Multiatributo (MAUT) e Teoria do Valor Multiatributo (MAVT), ambos inseridos no grupo dos métodos de agregação a critério único de síntese (KEENEY; RAIFFA, 1976). Essa dificuldade está vinculado ao erro na determinação desses parâmetros ao considerar apenas o grau de importância dos critérios, pois, o range de valores das consequências das alternativas também deve ser considerado.

Inserido no contexto de métodos de agregação a critério único de síntese encontra-se o método *FITradeoff* (DE ALMEIDA *et al.* 2016; DE ALMEIDA *et al.* 2021) o qual utiliza o modelo aditivo contextualizado no MAVT, este método baseia-se no procedimento de elicitação tradicional *Tradeoff* (KEENEY; RAIFFA, 1976) e permite realizar a elicitação das preferências do decisor de maneira flexível, utilizando de informação parcial, exigindo assim menos esforço cognitivo do decisor no processo de elicitação. Esse método permite funções valor não lineares. Mas, não apresenta um procedimento para elicitação de preferências na etapa de avaliação destas funções.

Diante o exposto, o presente trabalho busca desenvolver um procedimento de elicitação de preferências para a etapa de avaliação intracritério do método *FITradeoff* baseado no método da bisseção (KEENEY; RAIFFA, 1976; BELTON; STEWART, 2002), fazendo uso de informações parciais, mantendo assim a premissa básica do *FITradeoff* de economia de tempo e menor esforço cognitivo, visto que no método tradicional da bisseção utiliza-se de informação completa e pontos de indiferença, exigindo um maior esforço cognitivo do decisor.

Por fim, a fim de exemplificar a metodologia proposta, será apresentada uma aplicação para o processo de licitação de um órgão público na modalidade pregão através da construção de um modelo (DE ARAUJO *et al.*, 2022), desenvolvido a partir do *framework* de 12 etapas

proposto por De Almeida (2013) utilizando a abordagem *Value-Focused Thinking* (VFT) proposto por Keeney (1992), para auxiliar na estruturação do problema, no estabelecimento dos objetivos e definição dos critérios com base nos valores do decisor. As alternativas do problema serão os fornecedores cadastrados para o processo licitatório. Após a estruturação do problema, as alternativas serão avaliadas pelo método *FITradeoff* junto ao procedimento metodológico proposto com intermédio do Sistema de Apoio à Decisão (SAD) do *FITradeoff*.

1.1 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

Como anteriormente citado, vários métodos de critério único de síntese simplificam a elicitação de preferências da avaliação intracritério assumindo a linearidade da função para todos os critérios do problema, com objetivo de reduzir o nível de dificuldade das perguntas realizadas ao decisor quando é solicitado informação completa de suas preferências, mas tal simplificação pode não expressar de fato as preferências reais do decisor.

Neste contexto, destaca-se a importância do uso de informações parciais em procedimentos de elicitação de preferências na avaliação intracritério resultando em soluções mais assertivas exigindo assim um menor esforço cognitivo do decisor. Dentre os métodos MCDM/A com informações parciais destaca-se o método *FITradeoff* (DE ALMEIDA *et al.*, 2016; DE ALMEIDA *et al.*, 2021), que está inserido no grupo dos métodos de agregação de critério único de síntese, considerando um contexto determinístico, no qual apresenta um processo de elicitação estruturado baseado em *Tradeoffs*, utilizando informações parciais, sendo operado através de um SAD interativo que fornece ferramentas de flexibilidade ao decisor.

Dessa forma, a relevância do presente trabalho pode ser observada em alguns aspectos. Inicialmente, pela contribuição metodológica ao SAD do *FITradeoff*, apresentando um procedimento de elicitação estruturado considerando função valor não linear com informação parcial para avaliação intracritério, dessa forma o decisor não necessita conhecer todas as informações sobre as funções valor. Então, o procedimento baseado no método da bisseção com uso de informação parcial para definir as formas das funções valor, propicia ao método uma melhoria no processo flexível de elicitação de preferências junto ao SAD *FITradeoff* exigindo menos esforço cognitivo do decisor, atendendo as premissas básicas do método.

Com isso, este trabalho justifica-se por expandir a flexibilidade do método solicitando ao decisor apenas informações parciais sobre suas preferências, tornando a avaliação intracritério de fácil entendimento quando comparada a versão atual do SAD, além de permitir

que problemas reais se insiram cada vez mais nos modelos desenvolvidos na literatura, apresentando soluções mais fidedignas, ao mesmo tempo que explora as preferências do decisor.

1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

Os objetivos, geral e específicos, do presente trabalho estão apresentados nos tópicos a seguir.

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é a proposição do processo da avaliação intracritério do método *FITradeoff* por meio da elicitación de preferências com base no método da bisseção utilizando informação parcial, bem como ilustrar sua aplicação na seleção de fornecedores no processo licitatório na modalidade pregão de um órgão público.

1.2.2 Objetivos Específicos

Este trabalho apresenta os seguintes objetivos específicos:

- a) Apresentar uma adaptação do método da bisseção com informações parciais para elicitación flexível na avaliação intracritério do método *FITradeoff*;
- b) Desenvolver a análise de sensibilidade para avaliação intracritério como forma de testar a robustez das funções valor elicitadas;
- c) Ilustrar a aplicação da metodologia proposta a partir de um problema de seleção de fornecedores de bens e serviços comuns de uma organização pública, com base no *framework* de 12 etapas e refinamentos sucessivos proposto por De Almeida (2013).

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está estruturado em 5 capítulos a seguir:

O Capítulo 1, a Introdução, apresenta as motivações e justificativas para o desenvolvimento do trabalho e os objetivos do estudo.

O Capítulo 2 apresenta uma fundamentação teórica dos temas de decisão multicritério, VFT, método *FITradeoff* e avaliação intracritério em modelos aditivos. Uma revisão da literatura com o mapeamento do estado da arte sobre avaliação intracritério com informação parcial e desenvolvimentos metodológicos do método *FITradeoff* e aplicações práticas.

O Capítulo 3 discorre sobre a proposta de um procedimento para eliciação de preferências para avaliação intracritério no método *FITradeoff*, apresentando um melhoramento ao utilizar informações parciais para aplicação do método da bisseção, como também a análise de sensibilidade vinculado ao procedimento.

O Capítulo 4 apresenta a construção de um modelo multicritério para um problema de seleção de fornecedores na modalidade pregão, como forma de analisar a viabilidade de adotar um modelo multicritério como estratégia de licitação de bens e serviços comuns, apresentando também a aplicação da abordagem proposta no capítulo anterior.

Por fim, o Capítulo 5 apresenta as principais conclusões sobre o estudo e sugestões para possíveis trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo, será apresentado uma fundamentação teórica a respeito dos temas de decisão multicritério, método *FITradeoff* e avaliação intracritério em modelos aditivos, com base nas principais referências sobre os temas. Em seguida, será apresentado um mapeamento do estado da arte a respeito da avaliação intracritério com informação parcial e desenvolvimentos metodológicos do método *FITradeoff* e aplicações práticas.

2.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A base conceitual utilizada para trabalho é apresentada a seguir, consistindo dos seguintes tópicos: Decisão Multicritério, Método *FITradeoff* e Avaliação Intracritério em Modelos Aditivos.

2.1.1 Decisão Multicritério

Problemas de decisão multicritério, estão inseridos no contexto de realizar avaliação de múltiplos objetivos simultaneamente, estes objetivos são representados por variáveis, essas por sua vez chamadas de critérios ou atributos e, na maioria dos casos, possuem unidades de medidas diferentes, outro adendo é que, para ser considerado um problema de decisão devem existir pelo menos duas alternativas de ação para escolha. Há também a presença de um decisor, do qual o julgamento de valores tem um papel primordial. Serão as preferências do decisor que influenciarão na busca pela alternativa que apresente o melhor engajamento com os critérios (DE ALMEIDA, 2013).

Vinculado à frequência em que os problemas de decisão multicritério são encontrados na sociedade, está a sua complexidade, devido à presença de múltiplos objetivos, os quais, em muitos casos, são conflitantes entre si, como é o caso do problema de seleção de fornecedores. Então, modelos de tomada de decisão foram desenvolvidos com o objetivo de estruturar problemas de decisão multicritério.

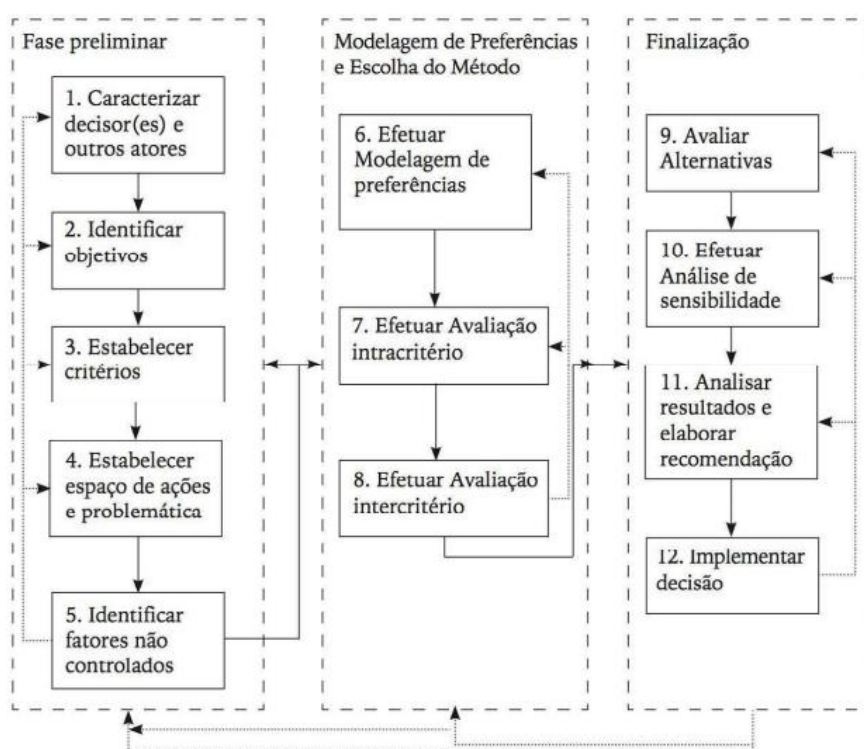
Alguns procedimentos foram desenvolvidos para construção de um modelo de decisão, um dos primeiros foi o de Simon (1960) composto por três estágios: inteligência, desenho e escolha. Além deste, algumas propostas podem ser encontradas na literatura, tais como: Roy (1996), Polmerol e Barba-Romero (2000), Belton e Stewart (2002) e (DE ALMEIDA 2013; DE

ALMEIDA *et al.*, 2015). Para esta pesquisa será utilizado o modelo proposto por (DE ALMEIDA 2013; DE ALMEIDA *et al.*, 2015).

Um modelo de decisão multicritério deve ser construído em junção com o conhecimento científico e fundamentado com base em algum método MCDM/A; a escolha deste método ocorre por meio das características do problema de decisão (DE ALMEIDA, 2013).

O autor De Almeida (2013) propôs a construção de um modelo de decisão através de um *framework* composto de três fases que são detalhadas em 12 etapas, as fases são: preliminar, modelagem de preferências e escolha do método e finalização, ilustradas na Figura 1.

Figura 1 - Procedimento para resolução de um problema de decisão



Fonte: De Almeida, 2013, p.165.

Ao detalhar as fases do modelo ilustrado na Figura 1, temos:

- a) **Fase preliminar:** Constituído por cinco etapas e é estruturada com elementos básicos de um problema de decisão, onde métodos de estruturação de problema (PSM) podem ser relevantes nesse procedimento, dentre estes, pode-se citar o VFT proposto por Keeney (1992), a ser utilizado nesta pesquisa por permitir uma estruturação nítida para os objetivos;
- b) **Modelagem de preferências e Escolha do método:** Estrutura elementos de grande influência na escolha do método de apoio a decisão, que segundo De Almeida (2013), inclui vários métodos e com diferentes classificações. Dentre estes, optou-se por utilizar o Método de Critério Único de Síntese, *FiTradeoff*;

- c) **Finalização:** Consiste em desenvolver as etapas para resolução do problema e implementação da ação recomendada, destacando o refinamento (modificações) das etapas anteriores, caso necessário.

Nas subseções a seguir serão detalhados o método de apoio a decisão *FITradeoff* e avaliação intracritério em modelos aditivos, englobando as aplicações realizadas nesta pesquisa.

2.1.2 Método *FITradeoff*

Para apoiar os decisores em diferentes contextos existem diversos métodos multicritério para auxiliar na tomada de decisão. Os métodos MCDM/A são classificados em três formas, com base em Roy (1996): métodos de agregação a critério único de síntese, métodos de sobreclassificação e métodos interativos. Quanto ao primeiro, esse apresenta a elicitação das constantes de escala como etapa crucial, que por sua vez, se constituem como elementos primordiais dentro deste grupo de métodos, pois estão inseridas no desenvolvimento da agregação das avaliações de cada alternativa em um único critério.

De acordo com os autores Keeney e Raiffa (1976) existe uma tendência natural de cometer erros na definição dos valores das constantes de escala, causando uma perda de informação associada as consequências de cada critério. Esse erro está atrelado a definição dos valores das constantes de escala considerando apenas o grau de importância do critério para o decisor.

Dessa forma, o método *FITradeoff* (DE ALMEIDA *et al.* 2016; DE ALMEIDA *et al.* 2021) foi desenvolvido com objetivo de simplificar o processo de elicitação das constantes de escala. O método baseia-se no procedimento de elicitação *Tradeoff* (KEENEY; RAIFFA, 1976) utilizando de informações parciais, propondo facilitar a elicitação das constantes de escala, considerando que o procedimento tradicional *Tradeoff*, apresenta um alto número de inconsistências nos resultados, por solicitar do decisor informações completas.

O método *FITradeoff* é implementado em um Sistema de Apoio a Decisão (SAD), disponível no endereço www.cdsid.org.br/fitradeoff, contando com uma abordagem iterativa e flexível, requerendo um menor esforço cognitivo do decisor, buscando uma recomendação adequada conforme preferências estritas do decisor, que não precisa especificar o ponto exato de indiferença entre as consequências como no procedimento *Tradeoff* (DE ALMEIDA *et al.* 2016; DE ALMEIDA *et al.* 2021).

Então, por meio de problemas de programação linear, o método busca alternativas potencialmente ótimas dentro de uma região viável de pesos, no cenário de escolha, e relações de dominância par a par na problemática de ordenação (DE ALMEIDA *et al.*, 2016; FREJ *et al.*, 2019; DE ALMEIDA *et al.* 2021).

Na busca por ações de solução para o problema, este método permite resolver problemas de escolha (DE ALMEIDA *et al.* 2016; DE ALMEIDA *et al.* 2021), problemas de ordenação (FREJ *et al.* 2019; DE ALMEIDA *et al.* 2021), problemas classificação (KANG *et al.* 2020) e problemas portfólio (FREJ *et al.* 2021; MARQUES, FREJ; DE ALMEIDA, 2022). De forma simplificada, as etapas do SAD *FITradeoff* são: (1) A realização da avaliação intracritério para se obter a função valor marginal para cada critério, dentro do conjunto de alternativas; (2) A ordenação das constantes de escala; (3) A realização da elicitacão de preferências do decisor, por meio de dois paradigmas, elicitacão por decomposicão ou avaliacaão holística, como também os dois em conjunto. O SAD tentará fornecer uma soluçãõ com o espaço de pesos atual, ao final do passo (3).

Nessa última etapa mencionada do SAD, é perceptível a flexibilidade do método bem como melhoria do processo decisório reduzindo inconsistências, pois possibilita o decisor estabelecer suas preferências através da elicitacão por decomposicão ou avaliacaão holística bem como através das duas. Onde, a elicitacão por decomposicão refere-se à comparaçãõ de elementos no espaço de consequências e a avaliacaão holística realiza a comparaçãõ das alternativas do problema, a escolha de qual paradigma a ser utilizado dependerá da cognicão do decisor. Nesse sentido, o *FITradeoff* apresenta vantagens frente aos outros métodos, permitindo a reduçãõ da taxa de inconsistência (DE ALMEIDA *et al.* 2021).

2.1.3 Avaliacaão intracritério em modelos aditivos

Como citado acima, um dos três principais grupos de métodos MCDM/A são os métodos de agregaçãõ a critério único de síntese, inserido nesse contexto estão os métodos baseados em MAVT, o qual utilizam o modelo aditivo determinístico. Esses métodos apresentam uma forte estrutura axiomática e com isso são amplamente utilizados para resoluçãõ de problemas de tomada de decisãõ multicritério (WEBER; BORCHERDING, 1993; ZHENG, LIENERT, 2017; DE ALMEIDA *et al.*, 2016).

Os métodos baseados no modelo aditivo contam com duas etapas de avaliações, intracritério e intercritério, respectivamente. Na avaliacaão intracritério obtêm-se as funções valor marginal para cada critério analisado e na avaliacaão intercritério são definidos os valores

das constantes de escala e a função valor global das alternativas (KEENEY; RAIFFA, 1976; BELTON; STEWART, 2002; DE ALMEIDA, 2013).

Dessa forma, dado um problema multicritério com m alternativas e n critérios, em modelos aditivos determinístico, no escopo MAVT, o valor global da alternativa a_j do conjunto m de alternativas avaliadas é calculado com base na Equação (2.1).

$$v(a_j) = \sum_{i=1}^n k_i v_i(x_{ij}) \quad \text{Equação (2.1)}$$

Como pode-se observar, o valor global $v(a_j)$ de cada alternativa é determinado a partir de um somatório ponderado entre as constantes de escala k_i de um critério i , pelo valor da função valor marginal $v_i(x_{ij})$ para a alternativa j avaliada no critério i . Em casos de critérios com unidades de medidas diferentes, faz-se necessário realizar a normalização destes valores, em uma escala intervalar, geralmente de 0 a 1, ilustrado na Equação (2.2).

$$\sum_{i=1}^n k_i = 1, \quad \text{com } k_i \geq 0 \quad \text{Equação (2.2)}$$

Visto isso, nesta subseção será detalhada como ocorre a avaliação intracritério nos modelos aditivos, por se tratar do foco desta pesquisa. Sendo assim, elucida-se que em casos de função valor linear, se faz necessário o uso dos procedimentos de normalização. Usualmente, costuma-se utilizar três tipos de procedimentos, ilustrados na Quadro 1. Esses procedimentos consistem na transformação de valores das consequências, em cada critério (DE ALMEIDA, 2013).

Quadro 1 - Procedimentos de normalização

Tipo	Transformação da escala	Característica
Procedimento 1	$v'_j(a_i) = \frac{v_j(a_i) - \text{Min } v_j(a_i)}{\text{Max } v_j(a_i) - \text{Min } v_j(a_i)}$	Pode ser interpretado como um percentual da faixa de variação <i>Max-Min</i> . Onde o valor zero representa apenas o valor mínimo.
Procedimento 2	$v'_j(a_i) = \frac{v_j(a_i)}{\text{Max } v_j(a_i)}$	Pode ser interpretado como sendo um percentual do valor máx. de $v_j(a_i)$. Indicando a distância para a alternativa líder. Neste, a proporcionalidade é mantida.
Procedimento 3	$v'_j(a_i) = \frac{v_j(a_i)}{\sum_i v_j(a_i)}$	Pode ser interpretado como sendo um percentual do total $\sum_i v_j(a_i)$. Assim como o procedimento 2, a proporcionalidade é mantida.

Fonte: Adaptado de De Almeida (2013).

No entanto, deve-se realizar a avaliação intracritério e verificar se há algum critério não linear, nesses casos exige-se cuidados adicionais para determinação da forma da função valor $v_j(a_i)$ (DE ALMEIDA, 2013). Para determinar a forma da função valor os autores Belton e Stewart (2002), destacam que inicialmente define-se os pontos de referência da escala, ou seja, 0 e 1, por se tratar de uma escala intervalar, 0 representa o valor mínimo de consequência do critério avaliado e 1 representa o valor máximo de consequência do respectivo critério.

Em seguida, deve-se considerar como os outros pontos serão avaliados. No contexto dos modelos aditivos, considera-se três possíveis formas de avaliação, são estas: definição de uma função valor marginal, construção de uma escala de valor qualitativa ou avaliação direta das alternativas. Quanto a primeira forma de avaliação, têm-se que a função valor reflete as preferências do decisor podendo ser avaliada de forma direta e indireta. Nesse último caso pode-se utilizar o método das diferenças e o da bisseção (BELTON; STEWART, 2002).

Na subseção a seguir, será detalhado como funciona o método da bisseção tradicional, visto que, a proposição do presente trabalho baseia-se nesse método para elicitación das preferências do decisor na avaliação intracritério do método *FITradeoff* com informação parcial.

2.1.3.1 Método da bisseção

A definição das preferências do decisor ocorre quando, em determinada situação de decisão, exista uma estrutura de preferências que represente seus julgamentos. Assim, destaca-

se que uma função valor marginal representa as preferências do decisor associando um valor real a cada ponto avaliado no espaço (KEENEY; RAIFFA, 1976). Como supracitado, essa avaliação pode ocorrer de forma direta, representação visual, ou indireta, sendo o método da bisseção o mais utilizado nesse contexto (BELTON; STEWART, 2002).

Nesse método ao determinar os pontos de referência, o decisor é solicitado a indicar o ponto, na escala de consequência do critério, que corresponda ao ponto médio entre os dois pontos de referência na escala de valor, resultando em duas regiões. Em seguida, devem ser determinados os pontos médios que corresponde a cada região separada anteriormente, para determinar esses pontos repete-se o processo até que o decisor seja indiferente as regiões (KEENEY; RAIFFA, 1976; BELTON; STEWART, 2002; GROOTHUIS-OUDSHOORN; BROEKHUIZEN; VAN TIL, 2018). Então, por meio dessas declarações de indiferença que a função valor de um critério é extraída. Baseado em alguns estudos, a determinação de cinco pontos é suficiente para desenhar uma função valor (KEENEY; RAIFFA, 1976; BELTON; STEWART, 2002).

Como forma de ilustrar o método da bisseção, os autores Belton e Stewart (2002), apresentam uma aplicação. Um decisor realiza a avaliação de um critério "Disponibilidade de Pessoal" inserido no problema de recrutar candidatos qualificados para um cargo, as informações foram obtidas de uma agência de recrutamento. Então, inicialmente definiu-se os pontos de referência, isto é, valor máximo e mínimo de consequência do critério avaliado. Com base nas informações disponíveis, o número mínimo de candidatos é 4 e o número máximo é de 50, tem-se que o critério é monotonicamente crescente, ou seja, a disponibilidade de pessoal é considerada melhor à medida que o número de candidatos aumenta.

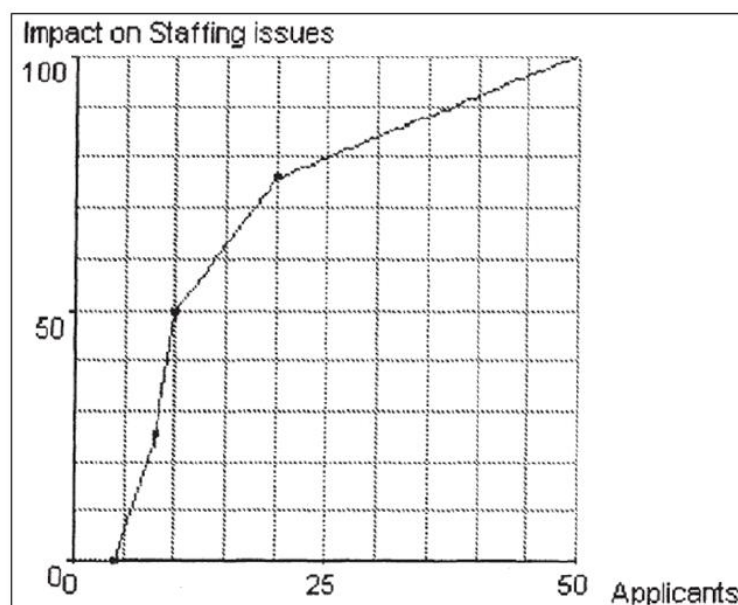
Logo após, o decisor é solicitado a identificar um valor na escala de consequência do critério, em termos de valor preferencial, entre os dois pontos de referência, 4 e 50. Para isso, inicia-se a elicitación de suas preferências fazendo o seguinte questionamento: *"O que acrescenta mais valor para você: passar de 4 para 27 ou de 27 para 50?"*. Supondo que o decisor optou pelo aumento de "4 para 27", então o ponto médio estará entre esse intervalo. Ao atualizar o ponto médio realiza-se a próxima pergunta: *"O que acrescenta mais valor para você: passar de 4 para 16 ou de 16 para 50?"*.

Dessa forma, o processo é repetido até que o decisor declare ser indiferente aos dois intervalos analisados, neste momento, o valor do ponto médio assumirá o ponto $x_{0,5}$ da função, ressalta-se que, a medida que o decisor fornece a informação sobre suas preferências o valor do ponto médio vai sendo atualizado, juntamente com os limites inferior e superior do intervalo.

Supondo que o decisor declarou indiferença na comparação dos intervalos 4 para 10 e 10 para 50, então, $x_{0,5} = 10$.

Em seguida, devem ser determinados os pontos médios que corresponde a cada intervalo separado, isto é, 4 e 10 que corresponde ao ponto $x_{0,25}$ e outro entre 10 e 50 referente ao ponto $x_{0,75}$. Para essa determinação realiza-se a mesma sistemática ilustrada para o primeiro ponto elicitado. Desse modo, têm-se que o decisor declarou preferência pelos pontos 8 e 20, em posse dos cinco pontos elicitados [4, 8, 10, 20 e 50] é possível extrair a forma da função valor do respectivo critério avaliado, conforme elucidado na Figura 2.

Figura 2 - Função valor monotonicamente crescente do critério "Disponibilidade de Pessoal"



Fonte: Belton e Stewart, 2002.

2.2 REVISÃO DA LITERATURA

Nesta seção, será apresentado um mapeamento preliminar do estado da arte. Inicialmente realizou-se uma exploração de pesquisas a respeito da avaliação intracritério com informação parcial, além de desenvolvimentos metodológicos no método *FiTradeoff* e aplicações práticas.

2.2.1 Avaliação intracritério com informação parcial

Com base na classificação de Roy (1996) têm-se três grupos de métodos MCDM/A: métodos de critério único de síntese, métodos de sobreclassificação e métodos iterativos considerados para programação matemática. Quanto ao primeiro grupo considerando um

modelo determinístico, a avaliação intracritério refere-se à avaliação de cada alternativa para cada critério do problema, em que são definidas funções valor marginal para cada critério, alguns métodos consideram a linearidade da função como forma de simplificar o processo, como nos métodos SMARTS e SMARTER. Já os métodos AHP e MACBETH constrói a função valor com base em comparações par a par (SAATY, 1990; COSTA; DE CORTE; VANSNICK, 2012). No que se refere os dois últimos grupos, a avaliação intracritério corresponde a necessidade de definir limiares e/ou veto, como forma de refletir os interesses do decisor, com relação aos valores dos critérios.

Com o avanço dos estudos na área de tomada de decisão, melhorias foram surgindo para auxiliar na interpretação de problemas multicritério. Destaca-se como sendo uma das melhorias o uso de informação parcial nos métodos MCDM/A. Mas, quando se refere a avaliação intracritério com informação parcial, poucos são os estudos encontrados na literatura. Eum, Park e Kin (2001) destacam um modelo estendido que não exige informações exatas de pesos e valores marginais dos critérios, essas informações são definidas na forma de desigualdade linear arbitrária formando assim a restrição do problema. São considerados dois critérios, dominância e otimalidade potencial, para verificar se cada alternativa é ou não superior para uma região representada por restrições.

Os autores Narula *et al.* (2004) desenvolveram um método interativo objetivando a resolução de problemas de decisão multicritério que apresente um grande número de alternativas e poucos critérios. O decisor define suas preferências informando mudanças desejáveis ou aceitáveis nos valores de alguns critérios e mudanças desejáveis ou aceitáveis na direção de outros critérios. Dessa forma, um pequeno conjunto de alternativas relativamente próximas é definido através de um problema de escalarização.

Santo, Frej e De Almeida (2021), propuseram um aprimoramento na etapa de avaliação intracritério do método *FITradeoff*, solicitando do decisor informações parciais sobre suas preferências por meio de uma elicitación das funções valor marginal para critérios contínuos.

2.2.2 Desenvolvimentos metodológicos no método *FITradeoff* e aplicações práticas

O método *FITradeoff* têm sido aplicado na resolução de diversos problemas multicritério e nos mais diferentes contextos, assim como estudos vem sendo publicados relacionados a melhorias metodológicas. Nesse contexto, inicialmente será abordado os estudos envolvendo a criação e melhorias do método, seguidos de suas aplicações práticas.

Os autores De Almeida *et al.* (2016) destacaram em seu estudo a criação do método de *Tradeoff* Flexível e Interativo (*FITradeoff*) para obter constantes de escala dos critérios, baseado no procedimento *Tradeoff* utilizando informações parciais sobre as preferências do decisor, de acordo com um modelo aditivo no escopo MAVT, destaca-se que inicialmente o método foi desenvolvido para problemática de escolha.

A partir da criação do método estudos de melhoramento metodológico foram sendo desenvolvidos ao longo dos anos. De Almeida-Filho, De Almeida e Costa (2017) apresentaram principais estudos que contribuíram para o desenvolvimento do método *FITradeoff* além de destacar as principais proposições e propriedades do método. Roselli e De Almeida (2017) iniciaram os estudos utilizando a neurociência como ferramenta a tomada de decisão com o objetivo de avaliar a confiança do método para possíveis aperfeiçoamentos.

Como destacado, o método *FITradeoff* foi desenvolvido inicialmente para resolução de problemas de escolha. Então, como forma de ampliar a aplicabilidade do método os autores Frej *et al.* (2019), introduziram a problemática de ordenação, com o conceito de dominância de pares, a cada interação com o decisor, uma ordem parcial ou completa das alternativas vai sendo formada. O método é operado pelo SAD que fornece ao decisor a visualização gráfica do ranking a cada informação fornecida.

Frej, De Almeida e Roselli (2019) apresentaram o SAD interativo para resolução de problema de tomada de decisão multicritério em grupo (MCGDM) baseado no método *FITradeoff*. Os autores Mendes *et al.* (2020) utilizaram simulações para estudar o comportamento do método *FITradeoff*, ao realizar mudanças no número de critérios, número de alternativas e os valores das constantes de escala, podendo assim destacar as principais características do método através de uma compreensão mais aprofundada. Já Correia *et al.* (2022) fizeram uso da simulação para analisar o desempenho do protocolo de preferência para negociações baseado no método em questão.

Um novo recurso de flexibilidade do *FITradeoff* foi apresentado pelos autores De Almeida, Frej e Roselli (2021), combinando e integrando dois paradigmas na modelagem de preferências, elicitación por decomposição e avaliação holística, resultando em um melhoramento do processo de modelagem de preferências, aumentando a eficiência e consistência do método. Os autores Kang, Frej e De Almeida (2020) propuseram para o método *FITradeoff* a resolução de problemas MCDM/A na problemática de classificação.

Frej, Ekel e De Almeida (2021) desenvolveram um modelo baseado em BCR para seleção de portfólios para o método *FITradeoff*, como forma de ilustrar a aplicação do método consideraram um problema de seleção de portfólio a serem executados por uma concessionária

de energia elétrica brasileira. Vieira *et al.* (2021) propuseram uma abordagem para resolver problemas de decisão multicritério com critério estruturados de forma hierárquica para o referido método, essa abordagem é aplicada para as problemáticas de escolha e ordenação. Marques, Frej e De Almeida (2022) apresentam em seu trabalho uma nova proposta para problemática de portfólio, utilizando o conceito de portfólios c-ótimos e estratégias de refinamento de viabilidade e eficiência durante o processo de geração. Frej, Morais e De Almeida (2022) propuseram um protocolo de negociação para elicitación de preferência baseado na adaptação do método *FITradeoff*.

Este método tem sido aplicado em diferentes contextos para resolução de problemas multicritério. Inicialmente, Gusmão e Medeiros (2016), desenvolveram um estudo aplicado para seleção de um sistema de informação utilizando dados de uma fábrica de embalagens de vidro.

No campo da neurociência alguns estudos foram desenvolvidos relacionados ao método *FITradeoff*, destacando a atuação da neurociência como ferramenta de apoio a tomada de decisão (ROSELLI; FREJ; DE ALMEIDA, 2018; DE ALMEIDA; ROSELLI, 2020; DA SILVA; COSTA, 2020; DA SILVA; COSTA; DE ALMEIDA, 2021; ROSELLI; DE ALMEIDA, 2022). Citando como exemplo de estudo nesse campo têm-se os autores De Almeida e Roselli (2017), que publicaram o primeiro estudo envolvendo a neurociência em consonância ao método *FITradeoff* com objetivo de avaliar a confiança da visualização gráfica do SAD do *FITradeoff* para problemática de escolha. Outro estudo foi desenvolvido por Roselli, De Almeida e Frej (2019), no qual utilizaram a neurociência para investigar como os decisores avaliam a visualização gráfica no método *FITradeoff*, através de experimentos neurocientíficos de rastreamento ocular com objetivo de aperfeiçoar o SAD *FITradeoff*, nesse contexto englobando a problemática de ordenação.

Os autores Dell'Ovo *et al.* (2017) realizaram a aplicação do método para seleção da localização de instalações de unidades de saúde na região da Lombardia na Itália, considerando apenas um decisor. Além de realizarem a aplicação do método no contexto de decisão em grupo para resolução de um problema de localização de instalações de saúde em uma cidade da Itália em 2018.

Frej *et al.* (2017) apresentaram a construção de modelo de decisão multicritério com base no método *FITradeoff* para resolver um problema de seleção de fornecedor para material de embalagem de um novo produto em uma empresa de alimentos. Dos Santos *et al.* (2020), abordam o problema de seleção de fornecedores em uma empresa atacadista e varejista do setor de construção. Já Rodrigues *et al.* (2020) aplicaram a seleção de fornecedores no setor têxtil.

Dentro da problemática de seleção de fornecedores, Rodriguez *et al.* (2018) realizaram a seleção de fornecedor de equipamentos de laboratório satisfatório para uma empresa de pesquisa agropecuária, inserido no contexto de decisão em grupo.

Inserido no contexto de escolha de um modelo de maturidade de BPM (BPMM), os autores Lima, Viegas e Costa (2017) aplicaram o método *FITradeoff*. Ferreira e Gusmão (2022) apresentam em seu estudo um modelo de maturidade para avaliar empresas do setor têxtil em termos de maturidade tecnológica para a indústria 4.0, por meio de uma abordagem baseada no método *FITradeoff*. Da Silva, Ferreira e Daher (2021), utilizaram o *Balanced Scorecard* (BSC) para identificar indicadores para alavancar a estratégia de negócios de uma organização e com aplicação do método *FITradeoff* priorizar esses indicadores mais importantes para serem monitorados.

De Macedo, Mota e Sola (2018) propuseram um modelo multicritério para dar suporte a um problema de substituição de motores em uma indústria química objetivando construir um plano de substituição para atender aos padrões mínimos de desempenho energético estabelecidos pela Lei de Eficiência Energética brasileira. Ainda no campo energético Kang, Júnior e De Almeida (2018) apresentaram um modelo de decisão baseado no método *FITradeoff* para auxiliar a tomada de decisão de um planejamento energético, no qual foram avaliadas oito alternativas de energia elétrica que compõem a matriz elétrica nacional com base em quatro critérios. Fossile *et al.* (2020) desenvolveram um modelo de decisão multicritério para seleção de fontes de energia, com o objetivo de identificar qual energia renovável é mais viável para investimento no Brasil, foram considerados 20 critérios.

Os autores Frej, De Almeida e Moraes (2019) apresentam dois estudos de caso usando o método *FITradeoff*, seleção de fornecedores e um problema de localização de instalações, a fim de analisar a flexibilidade do processo e determinar o melhor conjunto de alternativas. Silva *et al.* (2019) propuseram a utilização do procedimento de elicitação *FITradeoff* para auxiliar na seleção de uma área/região específica para a localização de uma nova Delegacia Estadual de Polícia Militar (SMPS) no Estado de Pernambuco. Monte e Moraes (2019) utilizaram o método *FITradeoff* para resolução do problema de abastecimento de água da região central de Olinda-PE.

Os autores Camilo *et al.* (2020) aplicaram o método *FITradeoff* para determinar o protocolo de triagem mais adequado em Unidades de Pronto Atendimento (UPA) com base na percepção de enfermeiros e dirigentes das unidades.

Alguns estudos aplicaram o método *FITradeoff* em consonância com o método de estruturação de problemas, VFT, como Da Silva *et al.* (2019) que aplicaram os métodos para a

seleção de projetos WCM em uma empresa, selecionando o projeto com maior urgência de execução. Poletto *et al.* (2020), utilizaram a combinação dos métodos para apoiar a tomada de decisão de terceirização de tecnologia da informação (ITO). Da Cunha *et al.* (2020) realizaram uma aplicação voltada a priorização de recursos para operações especiais da Polícia Federal, no qual foram consideradas 10 operações, avaliadas em relação a 14 critérios. De Andrade (2020) também desenvolveram um modelo para Polícia Federal com o objetivo de planejar e apoiar o processo decisório relacionado aos riscos e ameaças organizacionais no desenvolvimento das atribuições constitucionais. Correia *et al.* (2021) aplicaram os métodos para ordenação das estações de trabalho para intervenções ergonômica em uma indústria calçadista e concluíram que a combinação dos métodos facilitou a tomada de decisão ergonômica. Silva e Moraes (2021) aplicam a abordagem combinada do VFT e o método *FITradeoff* inserido no contexto de decisão em grupo como objetivo de propor um sistema de apoio à decisão para desenvolver ações, definir responsabilidades e alocar custos entre os segmentos de forma justa para promover a transição para um modelo de economia circular.

Os autores Pergher *et al.* (2020), integram uma simulação de eventos discretos com o método *FITradeoff* para dados reais de um fabricante de calçados com o objetivo de auxiliar nas decisões de programação da produção, identificando a melhor combinação de atribuição de data de vencimento, liberação de pedido e regras de despacho da loja.

Correia, Frej e De Almeida (2021), aplicaram os dois paradigmas do método para priorização de ações de melhoria em uma empresa de distribuição de pescados. Com o objetivo de discutir a combinação dessas duas perspectivas de modelagem de preferências no método *FITradeoff*. Roselli e De Almeida (2021) aplicaram o método no problema de decisão de seleção de suprimentos.

Czekajski, Wachowicz e Frej (2021), avaliaram alternativas através do método *FITradeoff* para um produto de turismo cultural planejado em relação ao patrimônio pós industrial em uma cidade da Polônia. De Lacerda, Dos Santos e Martins (2021), propuseram um modelo multicritério para resolver um problema de seleção de local para uma estação redutora de pressão em uma empresa distribuidora de gás natural. Ribeiro *et al.* (2021) também utilizou a problemática de ordenação do método, mas para resolver um problema de localização de Shopping Center.

Os autores Oliveira *et al.* (2021) realizaram uma avaliação de cidades a partir dos aspectos de uma cidade inteligente e sustentável. Fernandes *et al.* (2021) fizeram uso do método para subsidiar decisões políticas de gestão sistemas de coleta de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE), obtendo como resultado a classificação de 10 alternativas. Neto

et al. (2021) usaram a aplicação do método para apoiar a implementação de indicadores de sustentabilidade social nas empresas de construção, para isso utilizou-se a problemática de ordenação para priorizar os indicadores.

Martins *et al.* (2020) apresentam um modelo para priorizar trechos rodoviários federais no estado de Pernambuco, considerando os níveis de críticos e riscos enfrentados. Frazão *et al.* (2021) desenvolveram um modelo de priorização de vítimas do SAMU com base no método *FITradeoff* levando em consideração a escassez de recursos. Dos Santos *et al.* (2022) utilizaram o método para priorização de atividades para o controle do *Aedes aegypti* em uma cidade do Estado do Rio Grande do Norte.

Mondadori *et al.* (2021) aplicaram o método para escolha da plataforma online mais adequada para integrar *hardware* e serviços de consultoria para aquisição de dados online e execução de manufatura.

Rodriguez *et al.* (2021), construíram um modelo multicritério para ajudar uma empresa colombiana de pesquisa agrícola a tomar decisões sobre a compra de diferentes equipamentos de laboratório. Carrillo *et al.* (2022) aplica o método para resolver um problema de seleção de pacotes de tecnologia agrícola de um produtor de milho. Cyreno, Roselli e De Almeida (2022) realizaram a aplicação do método para um problema de aquisição de caminhões, em uma transportadora de médio porte.

Inserido no contexto de decisão em grupo Morais *et al.* (2022) realizaram a aplicação do método em uma exportadora de manga do Brasil, para avaliar qual variedade plantar em novas fazendas com a intenção de dobrar sua área cultivável nos próximos cinco anos. Pessoa, Roselli e De Almeida (2021) realizaram um estudo com objetivo de mostrar a utilidade do SAD do *FITradeoff* em um contexto prático para um problema de programa de *compliance*.

2.3 SÍNTESE DO ESTADO DA ARTE E POSICIONAMENTO DESTE TRABALHO

A tomada de decisão e os métodos MCDM/A são áreas amplamente difundidas na literatura, desse modo, com o objetivo de justificar a relevância da proposição elucidada neste estudo, realizou-se uma busca em bases de dados indexadas, como: *Web of Science*, *Scopus*, *Science Direct*, para identificar estudos científicos que abordassem a etapa intracritério com informações parciais e os desenvolvimentos metodológicos e aplicações práticas do método *FITradeoff*.

Diante disso, ao analisar o cenário por meio do levantamento do estado da arte, evidenciou-se que poucos são os estudos sobre a avaliação intracritério com o uso de

informações parciais, em sua maioria são utilizadas informações completas do decisor e declarações diretas de linearidade, dessa forma destaca-se a necessidade de elicitare comportamentos mais reais sobre as preferências dos decisores para as funções valor dos critérios. Em relação ao método *FITradeoff* estudos vêm sendo desenvolvidos com o objetivo de melhorar cada vez mais o método, além de suas aplicações em diferentes cenários práticos.

Tendo em vista o exposto, destaca-se a contribuição deste estudo para literatura da referida área com a proposição do processo de elicitare para etapa intracritério com uso de informações parciais no método *FITradeoff*, operado por um SAD. Dessa forma, traz ao método uma maior flexibilidade, sendo está uma de suas premissas básicas, permitindo sua aplicação em cenários com um maior nível de complexidade, auxiliando os decisores na tomada de decisão e com isso a resolução de problemas práticos.

3 PROPOSTAS DE MELHORIAS NO PROCEDIMENTO PARA ELICITAÇÃO DE PREFERÊNCIAS PARA AVALIAÇÃO INTRACRITÉRIO NO MÉTODO FITRADEOFF

Neste capítulo, será apresentado a etapa de avaliação intracritério no método *FitTradeoff*. Esse método preserva a forte estrutura axiomática do procedimento *Tradeoff*, sendo assim, admite a incorporação de funções valor não linear. A incorporação dessas funções ocorre de forma direta, dessa forma, pode apresentar imprecisão nos valores fornecidos ou o decisor pode não está disposto em fornecê-los.

Diante disso, surge a motivação para proposição de melhorias na etapa de avaliação intracritério do método *FitTradeoff*. Onde, o presente trabalho propõe uma nova abordagem que permite a elicitação da função valor baseado no método da bisseção (KEENEY; RAIFFA, 1976; BELTON; STEWART, 2002), utilizando informações parciais, mantendo as premissas básicas do método de tornar o processo mais fácil, rápido e demandando menos esforço cognitivo do decisor. A seção 3.1 descreve como ocorre a avaliação intracritério na atual versão do SAD *FitTradeoff* e a seção 3.2 apresenta a nova abordagem para elicitação de preferência para avaliação intracritério proposta neste estudo.

3.1 AVALIAÇÃO INTRACRITÉRIO NO MÉTODO FITRADEOFF

Como supracitado, o método *FitTradeoff* permite funções valor linear e não-linear para os critérios discretos e contínuos. No SAD *FitTradeoff* são permitidas a declaração de quatro tipos de funções analíticas: linear, exponencial, logarítmica e logística, conforme a Quadro 2. Em casos que a função valor for não linear, é solicitado a atribuição de valores para os parâmetros, tal que o parâmetro $a \geq 0$ e o parâmetro $b \neq 0$.

Quadro 2 - Funções analíticas utilizadas no SAD *FitTradeoff*

Código	Função	Equação
1	Linear	$v_{ij}(x_i) = \frac{x_i - \text{Min}(j)}{\text{Max}(j) - \text{Min}(j)}$
2	Exponencial	$v_{ij}(x_i) = be^{ax_i}$
3	Logarítmica	$v_{ij}(x_i) = b \ln(ax_i)$
4	Logística	$v_{ij}(x_i) = be^{\frac{-a}{x_i}}$

Fonte: o autor, 2022.

A determinação da forma da função valor na atual versão do SAD *FiTradeoff*, ocorre por especificação direta pelo decisor ao inserir os dados de entrada no sistema. O *input* pode ser realizado mediante a entrada manual dos dados, representado pela Figura 3, ou via preenchimento de uma planilha excel padrão, obtida no próprio SAD, ilustrado na Tabela 1. Destaca-se que o parâmetro *c* presente na Tabela 1 refere-se aos níveis dos critérios discretos.

Figura 3 - Tela de entrada manual dos dados

The screenshot shows the FITradeoff web interface. At the top, there's a header with the logo and the text 'Flexible and Interactive Tradeoff'. Below this, there's a section for 'Please insert the data to register a new problem:'. This section includes a 'Problem name:' field, a 'Problematic:' dropdown menu, and a 'List of alternatives:' text area. Below these are 'Alternatives information' fields: 'Name of alternative:', 'Number of alternatives:', and 'List of alternatives:'. There are 'Add', 'Edit', and 'Delete' buttons for alternatives. The 'Criteria information' section is highlighted with a red dashed border. It includes 'Name of criteria:', 'Value function' (with a dropdown for 'Logarithmic function' and a formula $F(x) = \ln(ax) + c$), 'Scale type' (with a dropdown for 'Discrete' and a link 'Discrete Criteria (?)'), 'Criterion direction:' dropdown, and 'List of criteria:'. There are also fields for 'a:', 'b:', and 'Number of levels:'. At the bottom, there are buttons for 'Back' and 'Save problem', and logos for 'inct', 'INSID', and 'CDSID'.

Fonte: SAD FITradeoff, 2022.

Tabela 1 - Planilha modelo

Excel Cell	A	B	C	D	E
1	Criteria:	Criteria 1	Criteria 2	Criteria 3	Criteria 4
2	0-Cont Min; 1-Cont Max; 2-Disc Min; 3-Disc Max				
3					
4	Type:				
5	a:				
6	b:				
7	c:				
8	Alternatives:	Consequence Matrix:			
9	Alternative 1				
10	Alternative 2				
11	Alternative 3				
12	Alternative 4				

Fonte: SAD FITradeoff, 2022.

Ao definir a função analítica dos critérios, os valores dos desempenhos de cada alternativa em relação aos critérios são normalizados, utilizando as respectivas funções definidas e respeitando a direção do critério, maximização ou minimização. Essa normalização

se faz necessária devido aos valores dos critérios apresentarem unidades diferentes, então, os valores são redefinidos em uma escala de 0 a 1. Seguindo para etapa de avaliação intercritério do método.

No entanto, a principal dificuldade na avaliação intracritério, ao utilizar o sistema, é a solicitação do preenchimento dos parâmetros das funções valor não lineares. Visto que, em alguns casos os decisores não compreendem de maneira clara o comportamento de cada critério em relação ao modelo elicidado, levando a informações imprecisas ou até mesmo, assumindo a linearidade da função como forma de simplificação do processo, essa simplificação pode ocasionar o que os autores Edwards e Barron (1994) destacam como, erro de modelagem.

Tendo em vista estes aspectos, a abordagem proposta visa elicitar as formas dessas funções valor. Em que, os decisores serão solicitados a fornecer apenas informações parciais, acarretando em um menor esforço cognitivo e declaração de informações mais assertivas com base em suas preferências. O novo procedimento será detalhado na próxima seção.

3.2 NOVO PROCEDIMENTO PARA AVALIAÇÃO INTRACRITÉRIO

No método da bisseção a função valor de um critério é determinado a partir de declarações de indiferença. Exigindo assim, informação completa do decisor resultando em um maior esforço cognitivo, além de consumir mais tempo.

A abordagem proposta neste estudo segue um processo semelhante ao método da bisseção que se faz presente em diversos estudos (KEENEY; RAIFFA, 1976; BELTON; STEWART, 2002; GROOTHUIS-OUDSHOORN *et al.*, 2018; BERTANI *et al.*, 2021), no entanto, a proposição da referida pesquisa considera informações parciais do decisor, ao invés de declarações de indiferença, ou seja, busca-se encontrar ranges admissíveis, por meio de declarações de preferência estrita, sem a necessidade de realizar uma sequência de perguntas para identificar pontos de indiferença.

Para isso, considera-se uma escala local, em que, o limite superior e o limite inferior da função valor são determinados a partir do melhor e pior valor de consequência do critério analisado do problema, levando em consideração se o critério é de minimização ou maximização. Após a definição dos limites, um valor de referência (x) é definido, que corresponde ao ponto médio entre os limites. Valores são comparados aos pares, questionando o decisor por qual há uma predileção maior, a comparação ocorre apresentando ao decisor dois intervalos de valores, o primeiro composto por limite inferior e o valor de referência e o segundo por valor de referência e o limite superior.

Para fins ilustrativos, suponha que um critério C_i de maximização é analisado em um problema qualquer, sabe-se que a pior consequência de C_i é 0 e a melhor é 100, isto é, limite inferior assume o valor de 0 e o limite superior assume 100. Em seguida, determina-se o valor de referência e os intervalos são definidos, nesse caso, 0-50 e 50-100.

Assim, a pergunta é realizada para elicitación e tem a seguinte estrutura: “*Considerando o critério "Ci", comparando os dois intervalos abaixo, qual intervalo você prefere aumentar, a fim de obter um maior ganho?*”. Para os critérios de minimização, o termo aumentar é substituído por diminuir/minimizar. Neste momento, o decisor pode optar pelo intervalo de 0-50, o intervalo de 50-100 ou ser indiferente.

À medida que as informações vão sendo fornecidas, o valor de referência é atualizado, com o objetivo de reduzir o intervalo de valores entre os limites inferior e superior obtidos a cada etapa da elicitación, até que um critério de parada estabelecido previamente seja atendido. A sistemática é repetida até que os valores de referência necessários para determinar a forma da função sejam definidos. Sendo o processo efetuado para cada critério avaliado na elicitación intracritério.

Na literatura, geralmente considera-se que a definição de cinco pontos fornece as informações necessárias para que a forma de uma função valor seja definida, sendo estes, x_0 , $x_{0,25}$, $x_{0,5}$, $x_{0,75}$ e x_1 , em que $x_{0,5}$ corresponde ao valor da consequência real do critério, para o qual $v(x) = 0,5$, seguindo o mesmo entendimento para os demais pontos (KEENEY; RAIFFA, 1976; BELTON; STEWART, 2002). No procedimento proposto, a quantidade de pontos definidos dependerá da escala do critério, isto é, critérios contínuos serão definidos os cinco pontos para determinar a forma da função valor, mas para os critérios discretos dependerá dos níveis dos critérios.

O primeiro e o último ponto da escala (0-1) serão determinados por meio da própria escala local. Desse modo, o pior e o melhor valor das consequências de cada critério do problema de decisão assumirão o x_0 e x_1 , respectivamente, considerando a direção do critério. Em seguida, elicita-se o $x_{0,5}$, e com base no ponto elicitado, verifica-se os critérios de parada e determina a necessidade de elicitar os pontos $x_{0,25}$ e $x_{0,75}$. Ao final a função valor será obtida através da linearização entre pontos notáveis dos intervalos.

Desse modo, esse procedimento aplica-se aos critérios contínuos e discretos, mas diferem-se na determinação do critério de parada, verificações e na análise de sensibilidade (AS). Essa análise tem o objetivo de verificar o impacto na saída do modelo por variações na entrada deste (DE ALMEIDA, 2013). A subseção 3.2.1 descreve o processo de elicitación

intracritério para critérios contínuos. Já a subseção 3.2.2 detalha o procedimento de elicitação intracritério para critérios discretos.

3.2.1 Elicitação intracritério para critérios contínuos

A Quadro 3 ilustra as principais variáveis para entendimento das etapas do procedimento de elicitação intracritério para critérios contínuos do *FITradeoff*. No qual são apresentados cálculos e verificações fundamentais. Inicialmente, será explicado o papel de cada variável referente ao fluxograma do procedimento ilustrado na subseção 3.2.1.2, em seguida a definição do critério de parada e verificações, o detalhamento de cada etapa, e pôr fim a análise de sensibilidade.

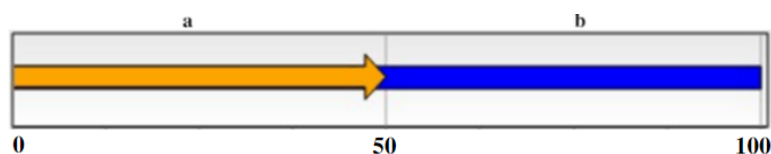
Quadro 3 - Variáveis do procedimento proposto

LEGENDA	
J	Contador de nº de rodadas (Ponto 0,5(1); 0,25(2); 0,75(3));
Q	Contador de nº de perguntas;
R	Range entre os limites máx. e min de faixa total;
i	Contador de nº de critérios;
CP [i]	$CP[i] = R * 15\%$ - valor correspondente ao critério de parada;
FR1	Verificação da Faixa Remanescente referente a faixa 1 ao elicitar o ponto $x_{0,5}$, ou seja, se a diferença entre o x e o limite min da faixa total for $\leq$ a 20% de R, não elicita o ponto 0,25;
FR2	Verificação da Faixa Remanescente referente a faixa 2 ao elicitar o ponto $x_{0,5}$, ou seja, se a diferença entre o limite máx. da faixa total e o x for $\leq$ a 20% de R, não elicita o ponto 0,75;
DP	Verificação da primeira e última resposta fornecida para determinação do ponto $x_{0,5}$;
CriCont	Nº de critérios contínuos avaliados;
L	Range entre os limites máx. e min da bisseção.

Fonte: o autor, 2022.

Dessa forma, a variável Q é o contador que incrementa o número de perguntas realizadas, L é a faixa de valores entre os limites superior e inferior de um intervalo e R é o range de valores entre os limites superior e inferior da faixa total, isto é, a diferença entre os limites da faixa total. Para melhor entender as variáveis L, R e as demais, toma-se como exemplo o critério C_i da Figura 4, em laranja encontra-se a faixa de valores "a" que corresponde ao intervalo 0-50 e em azul a faixa de valores "b" referente ao intervalo 50-100. Já a faixa total da variável R corresponde aos pontos extremos, ou seja, o intervalo 0-100.

Figura 4 - Intervalos para elicitación intracritério



Fonte: o autor, 2022.

O contador para incrementar o número de critérios do problema é representado pelo i e J o contador de incremento para número de rodadas de elicitación, em que, $J = 1$ equivale a $x_{0,5}$, $J = 2$ a $x_{0,25}$ e $J = 3$ corresponde a $x_{0,75}$. CriCont caracteriza o número de critérios contínuos avaliados. O $CP[i]$ é o critério de parada, obtido a partir da multiplicação de R por 15%, ou seja, a margem de tolerância para a faixa de valores do intervalo elicitado corresponde a 15% de R .

Quando o critério de parada é atendido, isto é, L é menor ou igual a $CP[i]$, e $J = 1$, realizam-se as seguintes verificações, faixa remanescente (FR1), faixa remanescente (FR2) e DP. FR1 verifica se a diferença entre $x_{0,5}$ e o limite inferior da faixa total é menor ou igual a 20% de R . Nesse caso não elicita $x_{0,25}$. Já FR2 verifica se a diferença entre o limite superior da faixa total e o $x_{0,5}$ é menor ou igual a 20%. Se sim, não elicita o $x_{0,75}$. Por fim, DP verifica a primeira e a última resposta fornecida para definir o ponto $x_{0,5}$, se ambas as respostas forem a mesma faixa então o $x_{0,5}$ assume o ponto extremo da faixa, caso contrário assume o ponto médio entre os limites de L .

A subseção 3.2.1.1 irá detalhar as premissas básicas para definição dos percentuais do critério de parada e as respectivas verificações.

3.2.1.1 Critério de parada e verificações

A estratégia de aproximação heróica - *strategy of heroic approximation*, defendida pelos autores Edwards e Barron (1994), motivaram a determinação do limiar correspondente ao critério de parada e as verificações. Essa estratégia tem como base duas crenças. A primeira é que ferramentas mais simples são mais fáceis de usar, logo mais úteis em sua maioria. E a segunda é que o ponto principal para uma seleção assertiva de um método é se preocupar com o *Tradeoff* entre erro de modelagem e erro de elicitación.

O erro de modelagem ocorre quando se assume a linearidade da função valor, simplificando assim o processo, mas essa simplificação pode não expressar de fato as preferências do decisor resultando neste erro. Já o erro de elicitación acontece quando é solicitado do decisor declarações de indiferença, que pode causar inconsistências durante o processo.

Tendo em vista o exposto, definiu-se em 15% o limiar do critério de parada por ser considerado uma porcentagem adequada para elicitar. Uma vez que, um intervalo mais reduzido faz com que os valores de consequências das perguntas não diferenciem muito, sendo necessário um esforço cognitivo maior do decisor na elicitação da avaliação intracritério. Para melhor entender, toma-se como exemplo o critério C_i da seção 3.2.1 e a Figura 5.

Para cada faixa exemplificada na Figura 5 foi aplicado um limiar diferente ao critério de parada, na Faixa 1 atribuiu-se 15%, 10% a Faixa 2 e 5% a Faixa 3, como pode-se observar os limites de L não diferem muito entre si, mas a medida que o limiar é reduzido exige-se um esforço cognitivo maior do decisor para racionalizar acerca das perguntas feitas.

Figura 5 - Critério de parada com 15%, 10% e 5%



Fonte: o autor, 2022.

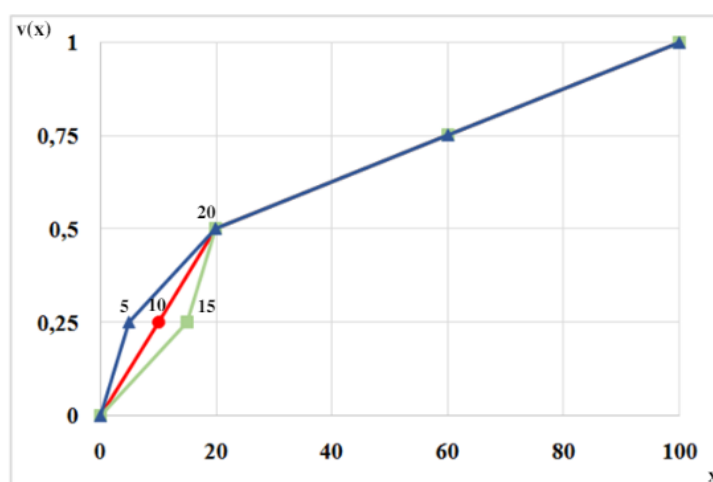
A determinação dos limiares das verificações DP, FR1 e FR2 assemelha-se ao critério de parada. Como destacado anteriormente na seção 3.2, primeiro elicita-se o ponto $x_{0,5}$ e verifica-se a necessidade de elicitar os pontos $x_{0,25}$ e $x_{0,75}$, respectivamente. A verificação DP, consiste em analisar a primeira e a última resposta dada na elicitação de $x_{0,5}$. O decisor pode optar pela faixa "a" (De 0 a 50), a faixa "b" (De 50 a 100) ou ser indiferente entre as faixas, à medida que o decisor fornece informação os intervalos das faixas vão sendo atualizados, então, se o decisor optar pela mesma faixa na primeira e última resposta, o ponto $x_{0,5}$ assumirá o limite superior da faixa, caso contrário, $x_{0,5}$ assume o ponto de referência. O objetivo é que o ponto elicitado fique distante dos limites extremos da faixa total.

Com o ponto $x_{0,5}$ definido verifica-se FR1 e FR2. Foi determinado o limiar de 20% as respectivas verificações, pois assumir a indiferença em qualquer ponto daquele intervalo acarreta em um impacto muito baixo para função valor em si. Então, ao determinar o ponto $x_{0,5}$, verifica se a faixa remanescente apresenta 20% da faixa total, isto é, se a diferença entre $x_{0,5}$ e

o limite inferior da faixa total é menor ou igual ao limiar, se sim, não elicita $x_{0,25}$ e assume-se a linearidade, elicitando apenas o $x_{0,75}$.

Já se a diferença entre $x_{0,5}$ e o limite superior da faixa total for menor ou igual a 20%, não elicita $x_{0,75}$ e assume-se a linearidade, elicitando apenas o $x_{0,25}$. A Figura 6 apresenta uma exemplificação para melhor entendimento, o $x_{0,5}$ foi elicitado e definido em 20, então constata-se que a verificação FR1 foi atendida, com isso assume-se a linearidade de $x_{0,25}$, visto que o impacto de elicitar este ponto é muito pequeno. Em vermelho o valor da linearidade, em azul e verde os valores elicitados.

Figura 6 - Verificação da faixa remanescente



Fonte: o autor, 2022.

Portanto, o uso da linearidade é justificado, se a faixa de valor elicitada apresentar um intervalo reduzido ao ponto de se assumir ou não a linearidade acarretará em um impacto muito pequeno na elicitação. Com isso, não é solicitado a elicitação do ponto junto ao decisor reduzindo assim o esforço cognitivo. E como pôde-se observar não é solicitado do decisor declarações preferenciais de indiferença, visto que o método *FITradeoff* funciona com base em informações parciais, o que tende a reduzir as inconsistências. Na subseção 3.2.1.2 será detalhado as etapas do procedimento proposto.

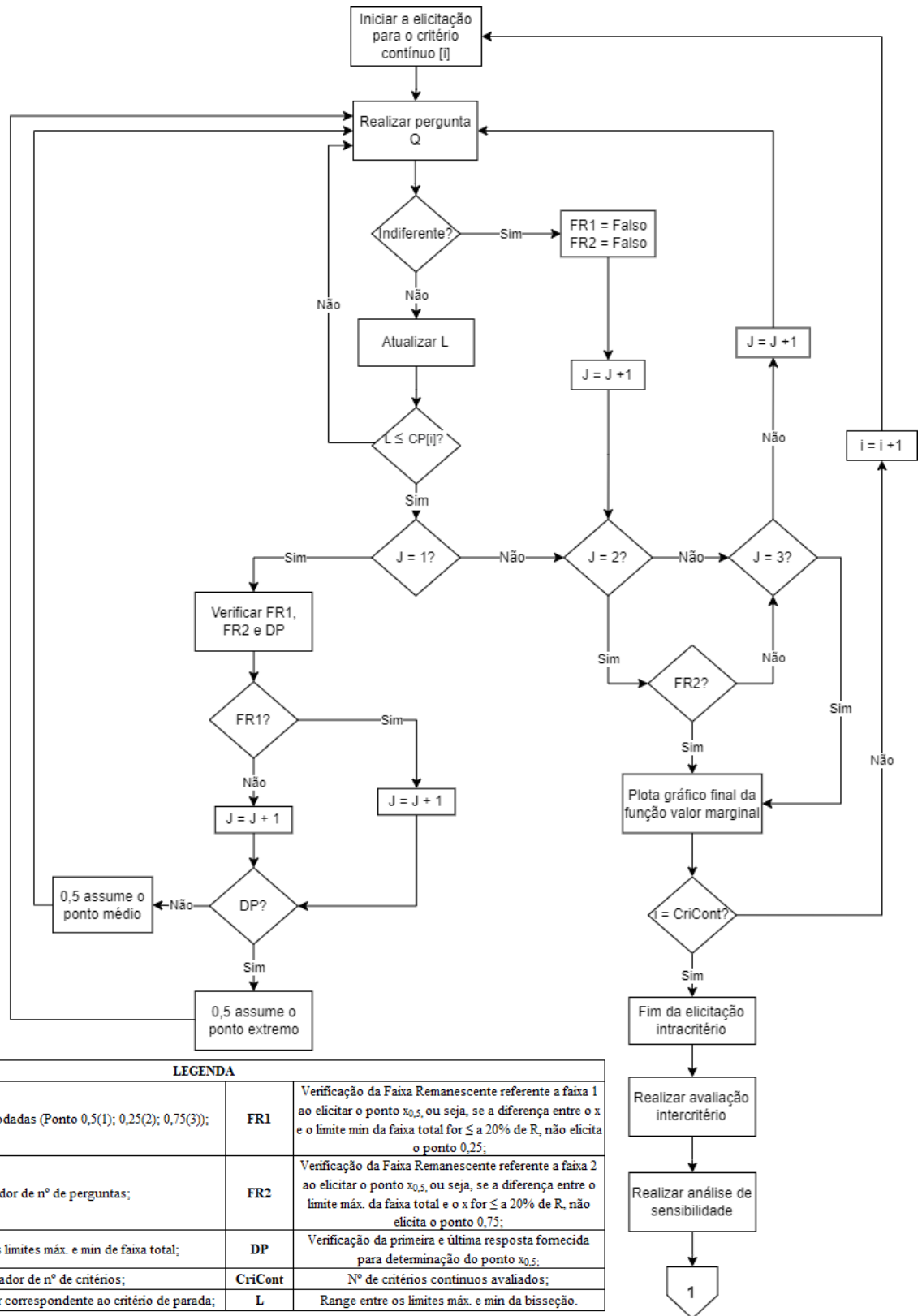
3.2.1.2 Etapas do procedimento

A Figura 7 elucida o fluxograma referente ao procedimento de elicitação intracritério. Após a explicação das variáveis do fluxograma nas subseções anteriores, será detalhado as etapas que compõem o procedimento proposto.

Inicialmente, os dados são inseridos no sistema, de forma manual ou via planilha padrão do excel. Logo após, seleciona-se um critério por vez para realizar a elicitación. O sistema realiza a primeira pergunta Q , nesse momento o decisor indica por qual faixa possui maior predileção, podendo optar pela faixa a (*De 0 a 50*), faixa b (*De 50 a 100*) ou ser indiferente, tendo o critério C_i da subseção 3.2.1 como base.

A medida que o decisor fornece informação, a variável L vai sendo atualizada gerando novas perguntas, até que o critério de parada seja atendido, $L \leq CP[i]$, ou o decisor opte pela indiferença entre as faixas analisadas. Quando o critério de parada é atendido e o ponto elicitado é o $x_{0,5}$ ou seja, o contador J seja igual a 1, realiza-se as verificações DP, FR1 e FR2. Em seguida, realiza-se a próxima pergunta referente ao próximo ponto a ser elicitado, destaca-se que, para determinação dos pontos $x_{0,25}$ e $x_{0,75}$ verifica-se apenas o $CP[i]$, as demais verificações só se aplicam para a determinação do ponto $x_{0,5}$.

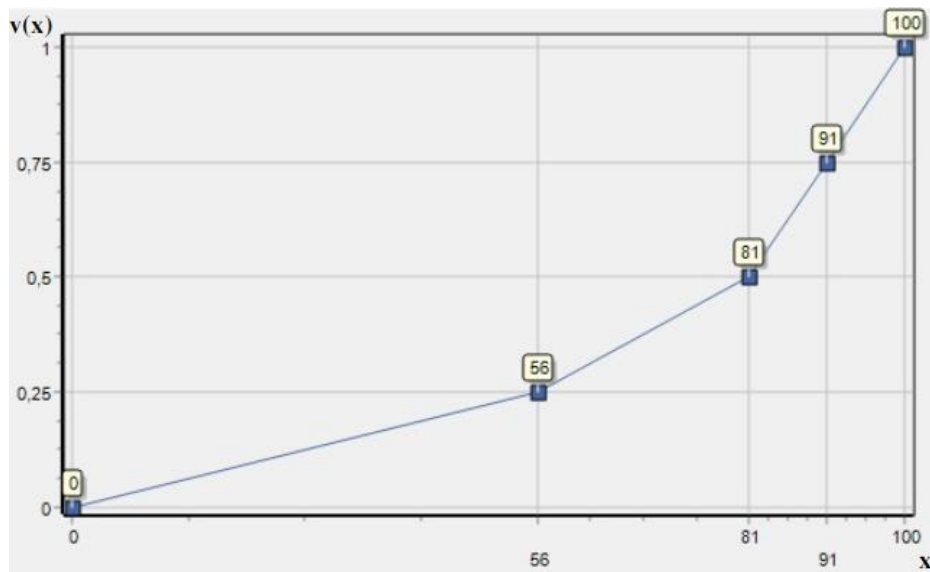
Figura 7 - Fluxograma do processo de avaliação para o procedimento de elicitación intracritério



Fonte: o autor, 2022.

Em posse dos três valores referentes aos pontos $x_{0,5}$, $x_{0,25}$ e $x_{0,75}$, é apresentado ao decisor o gráfico com os cinco pontos que descrevem o comportamento do critério, isto é, forma da função valor. Como ilustrado na Figura 8.

Figura 8 - Exemplo do gráfico final com o comportamento para o critério Ci



Fonte: o autor, 2022.

O primeiro e o último representam o pior e o melhor valor das consequências do critério e assumem o x_0 e x_1 , respectivamente, considerando a direção do critério de maximização. Em seguida, o ponto $x_{0,5}$ é definido após realizar a verificação DP, assumindo o ponto extremo da faixa L, pois as respostas fornecidas na elicitación referentes a primeira e última pergunta foram com base na faixa "b", como a verificação FR2 foi atendida o ponto $x_{0,75}$ assumiu a linearidade da faixa e o ponto $x_{0,25}$ foi elicitado até atingir $L \leq CP[i]$.

Com isso, conclui-se a etapa de avaliação intracritério, extraindo a forma das funções valor marginal do critério avaliado. Em posse dos cinco pontos, realiza-se a normalização das consequências x_{ij} , do critério i para cada alternativa j , através de uma interpolação linear entre os pontos e os valores de consequências inseridas no sistema pelo decisor no início da elicitación intracritério, para isso utiliza a Equação (3.1).

$$y_j = y_0 + (y_1 - y_0) x \frac{x - x_0}{x_1 - x_0} \quad \text{Equação (3.1)}$$

Em seguida, verifica se ainda existem critérios contínuos a serem avaliados, se sim, repete o passo a passo do procedimento acima, caso contrário, finaliza o procedimento de avaliação intracritério por meio da elicitación das funções valor com uso de informação parcial e obtêm-se uma matriz de valores normalizados para utilização na etapa de avaliação intercritério do problema. Após a recomendação obtida ao final da avaliação intercritério, realiza-se a análise de sensibilidade como o objetivo de avaliar a robustez da recomendação obtida, a subseção 3.2.1.3 apresenta a análise de sensibilidade de forma detalhada.

3.2.1.3 Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade (AS) torna-se importante no uso de qualquer modelo quantitativo, visto que se trata de um estudo e análise do impacto provocado na saída do modelo, por variações na entrada deste, ou seja, os dados de entrada ou os parâmetros do modelo são variados e com isso avaliado o impacto dessas informações na solução apresentada pelo modelo (DE ALMEIDA, 2013).

A atual versão do SAD *FITradeoff* realiza AS através de simulação de Monte Carlo, em que os dados de entrada da matriz de consequências do problema são variados em 100.000 casos. Após essas variações, o SAD analisa o número de vezes em que os resultados da simulação se diferem do resultado fornecido pelo modelo e apresenta ao decisor as informações das variações em percentual. Evidencia-se que os resultados desse procedimento variam de acordo com a problemática considerada, como descrito a seguir:

- a) **Problemática de escolha:** a simulação indica a solução com base na alternativa indicada pelo modelo;
- b) **Problemática de ordenação:** alteração na ordem em que todas as alternativas são colocadas pelo modelo. Em caso de alterações na ordem, avalia-se em que grau;
- c) **Problemática de classificação:** coloca alguma alternativa em categoria diferente da qual foi indicada pelo modelo. Então, se ocorrer mudança de categoria, avalia-se em que grau ocorre;
- d) **Problemática de portfólio:** a simulação aponta algum portfólio diferente do indicado pelo modelo.

Desse modo, este estudo propõe a realização AS no SAD *FITradeoff* para a etapa de avaliação intracritério, visto que na proposição de realizar a elicitación de preferências para obtenção da função valor, não se solicita ao decisor o ponto exato de indiferença, assumindo então um ponto intermediário, assim, é recomendável que seja feita uma AS em relação aos parâmetros obtidos da função, de forma a se avaliar seu grau de robustez. Dessa forma o SAD passa a realizar duas AS, a AS apresentada anteriormente e a com base nos parâmetros definidos na avaliação intracritério, que será detalhado na próxima subseção.

3.2.1.3.1 Análise de sensibilidade para etapa de avaliação intracritério

Dessa forma, após a solução ter sido recomendada pelo modelo, será disponibilizado ao decisor no SAD *FITradeoff* a opção de realizar as duas análises de sensibilidades, a com base

nos dados de entrada da matriz de consequências e a com base nos parâmetros da função definida na avaliação intracritério, quanto a última referente a proposição deste estudo. A Figura 9 apresenta o fluxograma referente a abordagem proposta para a análise de sensibilidade da avaliação intracritério, vale salientar que para essa análise considera a variação de dois valores para cada ponto elicitado na função.

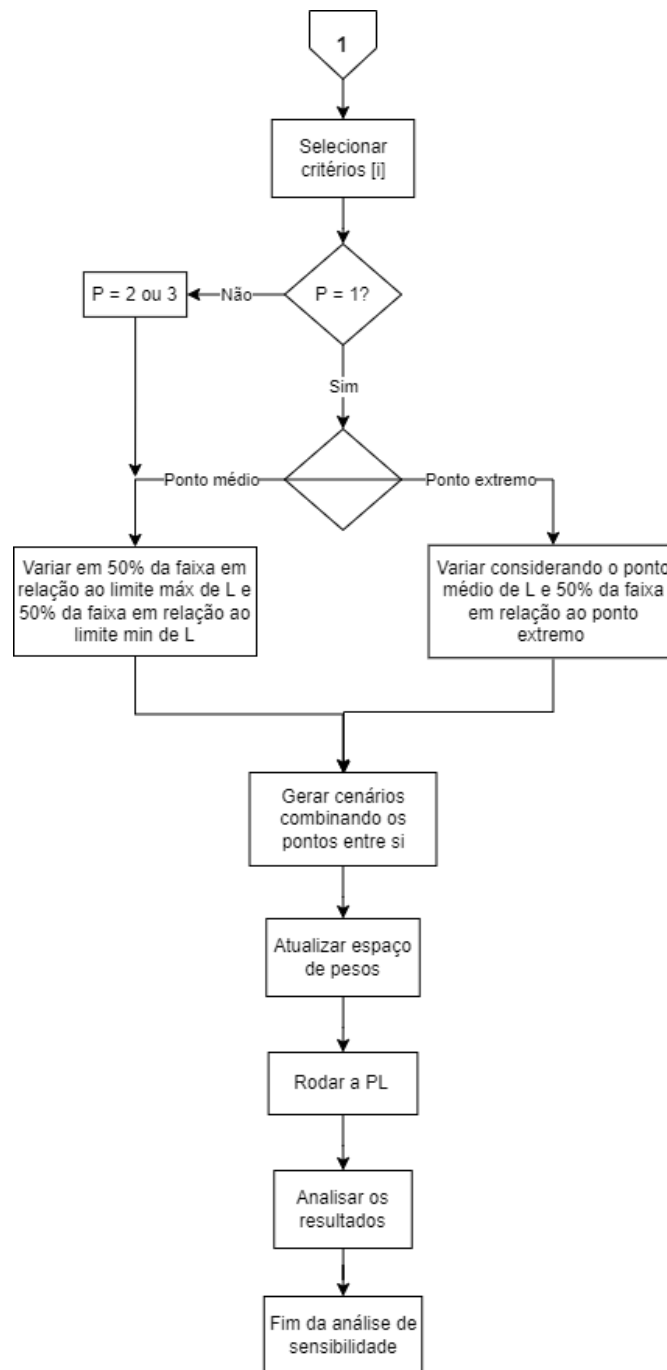
Inicialmente, seleciona quais os critérios se desejam realizar a análise, destacando que se pode realizar análise para cada critério separadamente ou no conjunto total de critérios elicitados do problema. Em seguida, o sistema verifica os pontos da função a serem variados, evidencia-se que a variação ocorre com base no valor da consequência do critério, ou seja, os valores de $x_{0,5}$, $x_{0,25}$ e $x_{0,75}$, no fluxograma representado por $P = 1$, $P = 2$ e $P = 3$, respectivamente.

Então, se $P = 1$, realiza-se a próxima verificação que consiste em analisar se o valor do ponto $x_{0,5}$ condiz com o ponto médio ou extremo, definido na elicitação da função após a verificação DP. Essa verificação é necessária para definir os valores para variação na análise, então se o valor for referente ao extremo, o ponto $x_{0,5}$ é variado entre o ponto médio do range entre os limites superior e inferior da bisseção e o valor correspondente a 50% da faixa entre o ponto médio e o ponto extremo. Para exemplificar, suponha que $x_{0,5} = 15$, e o limite inferior seja 0, então os pontos para variação serão 7,5 e 11,25.

Em casos que $P = 1$ com o ponto definido como médio e $P = 2$ ou 3, a variação ocorre considerando os valores correspondentes a 50% da faixa em relação ao limite inferior e 50% da faixa em relação ao limite superior, exemplificando, ilustra-se que o ponto $x_{0,75} = 80$, e os limites superior e inferior assumem 90 e 70, respectivamente, lembrando que esses limites são referentes ao range da bisseção para definição do ponto, dito isso, os pontos para variação são 75 e 85.

Com a definição dos pontos para variação os diferentes cenários são gerados, realizando todas as combinações possíveis entre os valores. Esses cenários são gerados considerando a elicitação intercritério atual, com isso o espaço de pesos é atualizado, a programação linear é rodada e por fim, o decisor analisa os resultados da análise confrontando com o resultado fornecido pelo modelo. Vale salientar que AS proposta neste estudo independe da AS da atual versão do método, sendo opcional realizar as duas para analisar a robustez do problema. Na subseção 3.2.2 será detalhado o procedimento de elicitação intracritério para critérios discretos.

Figura 9 - Fluxograma da análise de sensibilidade referente a avaliação intracritério para critérios contínuos



Fonte: o autor, 2022.

3.2.2 Elicitação intracritério para critérios discretos

Como destacado anteriormente, o procedimento proposto neste estudo aplica-se aos critérios contínuos e discretos, mas diferem-se na determinação do critério de parada, verificações e na análise de sensibilidade (AS). Posto isso, inicialmente será definido o critério de parada e as verificações do fluxograma da Figura 11, referente ao procedimento de elicitação

intracritério para critérios discretos, em seguida o detalhamento de cada etapa, e pôr fim a análise de sensibilidade. Destaca-se que as variáveis presentes nesse procedimento foram detalhadas na subseção 3.2.1.1.

Os critérios discretos são representados por uma escala construída, ou seja, os valores das consequências são representados por níveis. A atual versão do SAD *FITradeoff* possui as escalas pré-definidas aceitas pelo sistema. A Quadra 4 apresenta as possíveis consequências para os critérios construídos de acordo com o número de níveis informados.

Quadro 4 - Número de níveis para critérios discretos

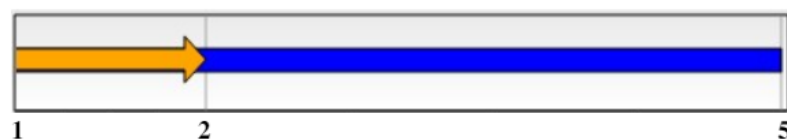
Número de níveis	Níveis de Escala
2	0,1 (Critério Binário)
3	1,2,3
4	1,2,3,4
5	1,2,3,4,5
6	1,2,3,4,5,6
7	1,2,3,4,5,6,7

Fonte: o autor, 2022.

Então, para os critérios discretos foi definido o critério de parada $CP[i]$, obtido a partir da verificação de níveis intermediários entre a faixa de valores avaliada L composta pelos limites superior e inferior da bisseção. Quando o critério de parada é atendido, e $J = 1$, realiza-se as seguintes verificações, NF1 e NF2. NF1 verifica se tem algum nível intermediário na faixa 1, representado pela cor laranja na Figura 10. Se sim, elicita o $x_{0,25}$. Já NF2 verifica se tem algum nível intermediário na faixa 2, representado pela cor azul. Se sim, elicita o $x_{0,75}$.

Considere um critério C_i de 5 níveis e maximização, representado na Figura 10, o sistema considera que $v(5) = 1$ e $v(1) = 0$, isto é, 5 e 1 assumem x_1 e x_0 , respectivamente, com isso a elicitação proposta para avaliação intracritério determina os pontos $x_{0,5}$, $x_{0,25}$ e $x_{0,75}$. Assim, como ocorre para critérios contínuos, não necessariamente todos os pontos serão determinados por elicitação, dependerá da determinação do ponto $x_{0,5}$ e do número de níveis do critério. Critérios binários, ou seja, com 2 níveis não são elicitados.

Figura 10 - Intervalos para elicitação intracritério



Fonte: o autor, 2022.

No C_i o nível 2 assume $x_{0,5}$, realiza-se a verificação NF1 e constata-se que não existe nível intermediário na faixa 1, com isso não se define o $x_{0,25}$, mas ao verificar NF2 é

determinado níveis intermediários na faixa 2, com isso elicita-se o $x_{0,75}$. Na subseção 3.2.2.1 será detalhado as etapas do procedimento proposto.

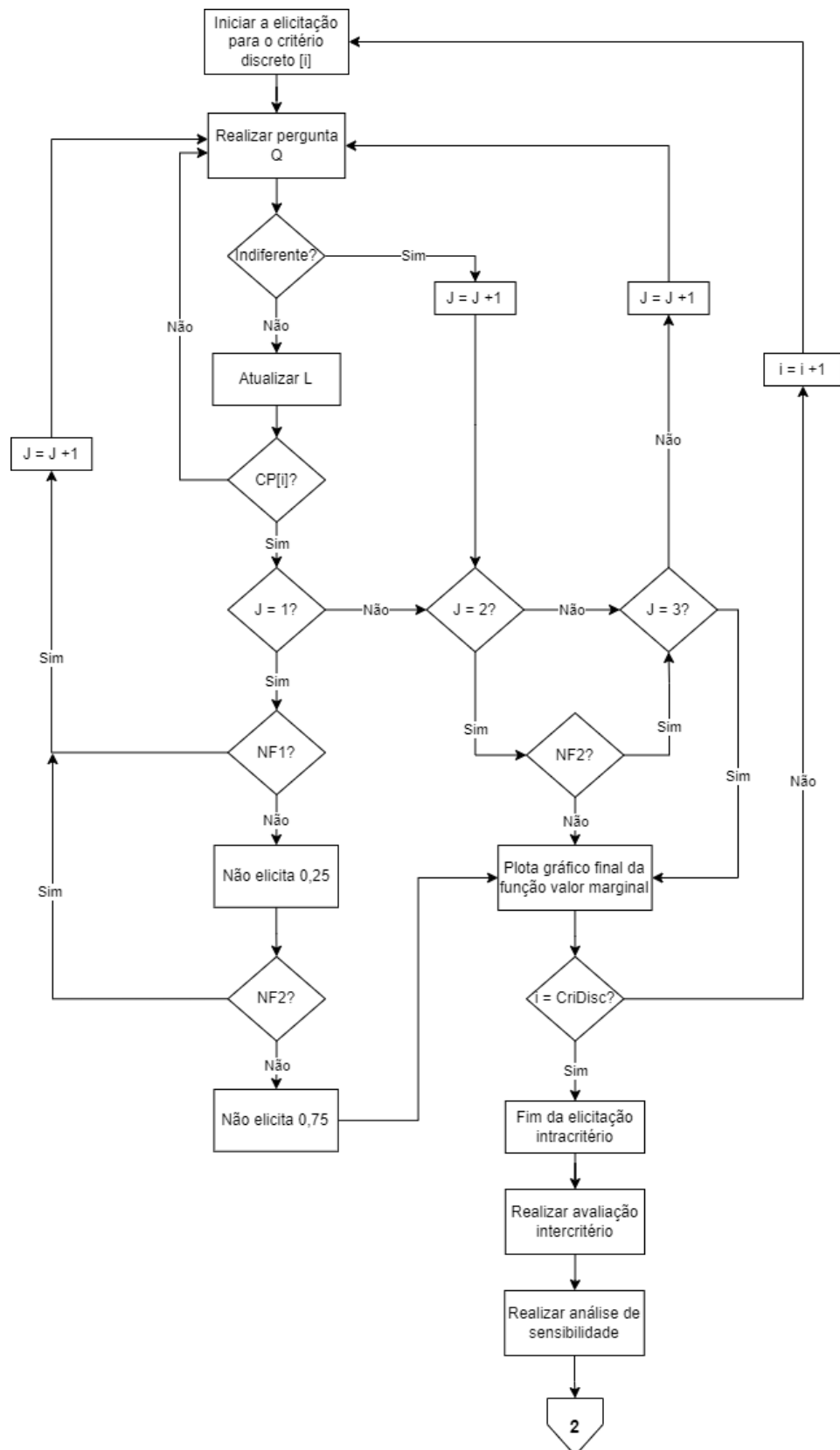
3.2.2.1 Etapas do procedimento

A Figura 11 ilustra o fluxograma referente ao procedimento de elicitação intracritério. Após a definição do critério de parada e verificações do fluxograma na subseção anterior, será detalhado as etapas que compõe o procedimento proposto.

Inicialmente, os dados são inseridos no sistema, de forma manual ou via planilha padrão do excel. Logo após, seleciona-se um critério por vez para realizar a elicitação, vale salientar que um problema pode apresentar critérios contínuos e discretos em conjunto, e ao selecionar o critério para elicitação o sistema aplica o procedimento referente a escala do critério. O sistema realiza a primeira pergunta Q , nesse momento o decisor indica por qual faixa possui maior predileção, podendo optar pela faixa 1 (*De 1 a 3*), faixa 2 (*De 3 a 5*) ou ser indiferente, tendo o critério C_i da subseção 3.2.2 como base.

Conforme o decisor fornece informação, a variável L vai sendo atualizada gerando a próxima pergunta, até que o critério de parada $CP[i]$ seja atendido ou o decisor opte pela indiferença entre as faixas analisadas. Se o $CP[i]$ for atendido e o ponto elicitado é o $x_{0,5}$ ou seja, o contador J seja igual a 1, realiza-se as verificações NF1 e NF2. Em seguida, realiza-se a próxima pergunta referente ao próximo ponto a ser elicitado, destaca-se que, para determinação dos pontos $x_{0,25}$ e $x_{0,75}$ verifica-se apenas o $CP[i]$, as demais verificações só se aplicam para a determinação do ponto $x_{0,5}$.

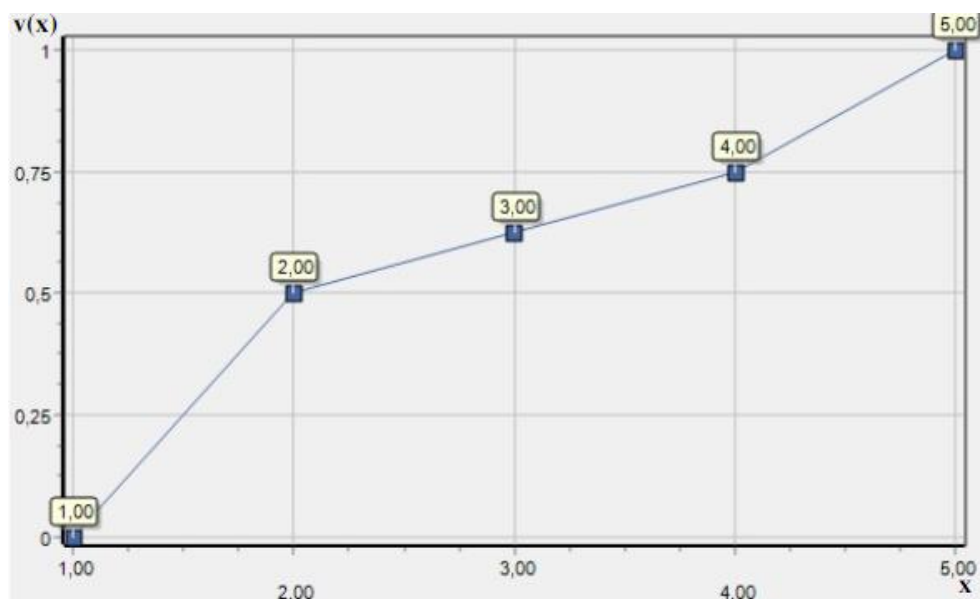
Figura 11 - Fluxograma do processo de avaliação para o procedimento de elicitación intracritério



Fonte: o autor, 2022.

O gráfico com a forma da função valor só é exibida para o decisor quando todos os níveis dos critérios foram determinados, com isso, aos níveis não elicitados aplica-se a interpolação linear definida na Equação 3.1. Em posse dos valores referentes aos pontos da função, apresenta-se ao decisor o gráfico com a forma da função que descreve o comportamento do critério. Como ilustrado na Figura 12.

Figura 12 - Exemplo do gráfico final com o comportamento para o critério C_i



Fonte: o autor, 2022.

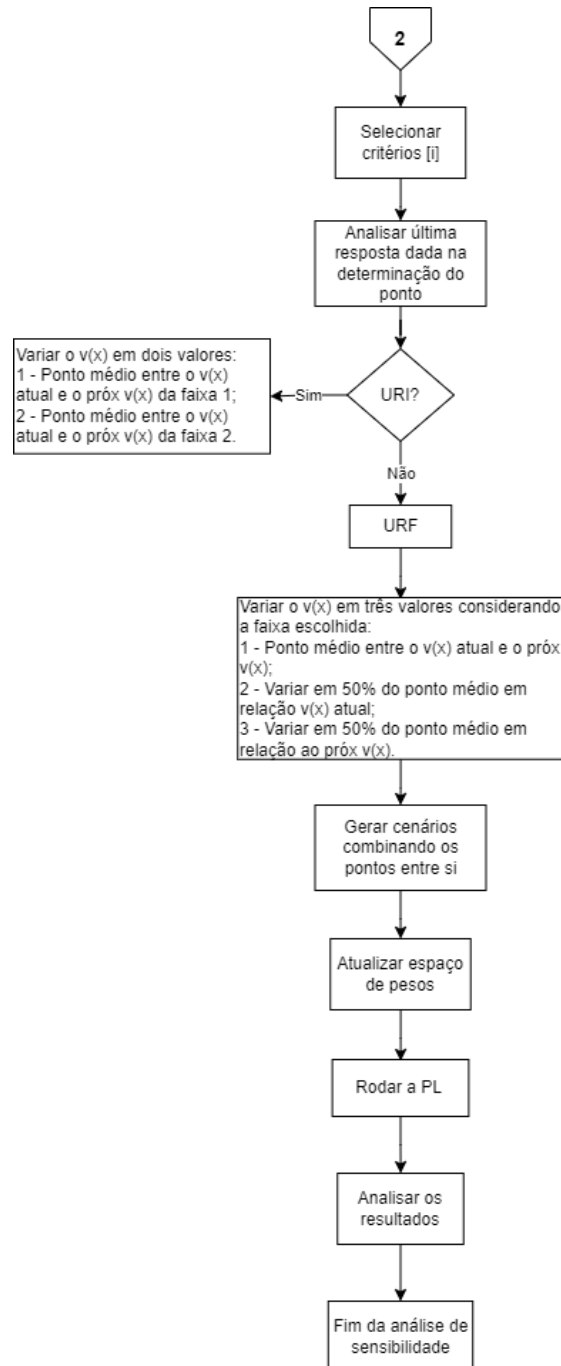
Assim, finaliza a etapa de avaliação intracritério do critério avaliado. Em seguida, verifica se ainda existem critérios discretos a serem avaliados, se sim, repete o passo a passo do procedimento acima, caso contrário, finaliza o procedimento de avaliação intracritério e obtêm-se uma matriz de valores normalizados para utilização na etapa de avaliação intercritério do problema. Após a recomendação obtida ao final da avaliação intercritério, realiza-se a análise de sensibilidade como o objetivo de avaliar a robustez da recomendação obtida. A proposta da análise de sensibilidade será elucidada na subseção 3.2.2.2.

3.2.2.2 Análise de sensibilidade para avaliação intracritério

Nesta subseção será descrita como se dar a AS para avaliação intracritério aplicado aos critérios discretos, pois assim como os critérios de parada e as verificações diferem entre os tipos de critério, a AS também apresenta distinção. Assim sendo, a Figura 13 ilustra o fluxograma com o procedimento para AS de critérios discretos. Destaca-se que, para AS dos critérios contínuos a variação dos pontos é com base no valor da consequência dos pontos elicitados, ou seja, $x_{0,5}$, $x_{0,25}$ e $x_{0,75}$, mas para os critérios discretos a variação ocorre com base

no ponto da função elicitada, ou seja, $v(x)=0,5$, $v(x)=0,25$ e $v(x)=0,75$, visto que esse tipo de critério não apresenta consequências intermediárias para realizar a variação. Posto isso, após o sistema fornecer a solução, realiza-se a AS.

Figura 13 - Fluxograma da análise de sensibilidade referente a avaliação intracritério para critérios discretos



Fonte: o autor, 2022.

Inicialmente, seleciona-se os critérios que se deseja analisar, se o decisor optar por realizar a AS em todo conjunto de critérios elicitados do problema, o sistema irá realizar a verificação do tipo do critério e aplicar a abordagem referida. Em seguida, se constatado que o critério é discreto realiza-se a verificação, que consiste em analisar a última resposta dada para

definir ponto na função. URI significa que a última resposta fornecida foi a indiferença e URF representa que a última resposta foi com base em alguma das faixas. A partir dessa verificação realiza-se a definição dos pontos a serem variados. Ou seja, se URI for deferido então define-se dois valores para variação do ponto, já se URF for constatado serão definidos três valores.

Em caráter ilustrativo, suponha um determinado critério discreto, considerando o ponto $v(x) = 0,5$ verifica-se a última resposta fornecida na elicitación, dessa forma constatou a indiferente, atendendo assim a verificação URI, então foi definido dois pontos para variação, o primeiro equivale ao ponto médio entre o $v(x)$ atual e o próximo $v(x)$ da faixa 1, ou seja, $v(x) = 0,5$ e $v(x) = 0,25$, respectivamente, e o próximo é determinado pelo ponto médio entre o $v(x)$ atual e o próximo $v(x)$ da faixa 2, isto é, $v(x) = 0,5$ e $v(x) = 0,75$, equivalentes aos valores de 0,38 e 0,63, então o ponto $v(x) = 0,5$ será variado em $v(x) = 0,38$ e $v(x) = 0,63$.

Ao considerar a verificação positiva para URF, define-se três valores considerando a faixa indicada na última resposta. Inicialmente, define-se o ponto médio entre o $v(x)$ analisado e o próximo $v(x)$, considerando a faixa, em seguida, são definidos os dois próximos valores considerando 50% do ponto médio em relação ao $v(x)$ atual e 50% do ponto médio em relação ao próximo $v(x)$. Suponha que $v(x) = 0,5$, verifica-se que a última informação fornecida na elicitación do ponto foi a faixa 1, então, o próximo $v(x)$ será 0,25, e os pontos para variação serão 0,38, 0,44 e 0,32. Já se a última informação fosse a faixa 2, o próximo $v(x)$ seria 0,75, e os pontos para variação 0,63, 0,57 e 0,69

Após determinar os valores para variação de cada ponto, realiza-se as demais etapas, observa-se que as etapas posteriores são as mesmas aplicadas na AS para critérios contínuos. Dessa forma, este capítulo apresentou a nova abordagem proposta para integrar a etapa de avaliação intracritério do método *FiTradeoff* em seu SAD. A seguir, o Capítulo 4 apresenta uma aplicação para seleção de fornecedores em processo licitatório na modalidade do pregão, no qual é utilizado valores realísticos e a metodologia proposta neste estudo.

4 SELEÇÃO DE FORNECEDORES EM PROCESSO LICITATÓRIO NA MODALIDADE PREGÃO COM FITRADEOFF

Para resolução do problema de seleção de fornecedores em processo licitatório na modalidade pregão, foi construído um modelo multicritério de apoio à decisão com base no *framework* de 12 etapas proposto por De Almeida (2013). Nas etapas 1 e 3 foi aplicado o método *Value-Focused Thinking* (VFT) proposto por Keeney (1992) (DE ARAUJO *et al.*, 2022) e nas etapas 7 e 10 a abordagem proposta anteriormente.

A seção 4.1 descreve a estruturação do problema. Na seção 4.2 irá demonstrar o processo de elicitação da avaliação intracritério para obtenção das funções valor de cada critério e as telas do SAD *FitTradeoff*. E por fim, a seção 4.3 com a análise de sensibilidade e discussão dos resultados.

4.1 ESTRUTURAÇÃO DO PROBLEMA

Esta seção apresenta a aplicação do VFT para estruturação do problema, compreendendo assim as quatro etapas iniciais do *framework* proposto por De Almeida (2013), que corresponde a descrição dos decisores, objetivos, critérios e alternativas.

4.1.1 Descrição do problema e decisores

No Brasil, o processo licitatório regido pela Nova Lei de nº 14.133/21 é o meio por qual as compras públicas são realizadas. A administração pública declara o objeto de licitação para então ser definido a modalidade de licitação que irá conduzir o processo especificado, além dos seus respectivos critérios de julgamento. Essa Lei engloba todas as modalidades e contratos ligados à administração pública (BRASIL, 2021).

A Lei nº 14.133/21 abrange cinco modalidades, pregão, diálogo competitivo, concorrência, concurso e leilão. Assim, para cada modalidade é aplicado um critério de julgamento, são eles: menor preço, melhor técnica ou conteúdo artístico, técnica e preço, maior retorno econômico e maior desconto (BRASIL, 2021).

Dentre essas modalidades destaca-se a do pregão, que utiliza do critério de julgamento de menor preço ou maior desconto para contratação de fornecedores de bens e serviços comuns. A referida Lei define bens e serviços comuns como aqueles que os padrões podem ser definidos por edital de forma objetiva, baseados em características comuns de mercado (BRASIL, 2021).

O processo licitatório na modalidade pregão é dividida em duas fases: fase interna e fase externa e ocorre de forma eletrônica no sistema pregão. A fase interna corresponde aos procedimentos referentes a preparação do projeto, edital, isto é, elaboração da documentação com os requisitos exigidos pela organização. Na fase externa os licitantes (fornecedores), efetuam o credenciamento junto ao sistema, em seguida indicam qual processo irá participar, enviam sua proposta (lance) e os documentos exigidos no edital.

Este processo é conduzido de forma dinâmica por um pregoeiro, responsável por verificar o fornecedor selecionado no certame. Os licitantes realizam vários lances, o menor é indicado pelo sistema e os demais licitantes podem oferecer outros lances que cubram o selecionado, esse processo ocorre durante o tempo indicado pelo pregoeiro. Em seguida, o sistema exibe um ranking dos fornecedores.

Dessa forma, a seleção dos fornecedores na modalidade pregão ocorre de forma documental, ou seja, os fornecedores interessados na licitação comprovam sua aptidão através de documentos com especificações técnicas de qualidade dos produtos mediante o edital. Segundo Amato Neto *et al.* (2014), essa modalidade apresenta vantagens como a igualdade e transparência na competição. Porém, os autores Melo, Martins e Bulawski (2020), destaca algumas desvantagens da modalidade, as quais acontecem devido, principalmente, ao envolvimento de empresas de todo o território nacional, combinado a utilização de um único critério de julgamento, podendo ocasionar consequências que gerem prejuízos a organização pública, como problemas logísticos.

Nas organizações, seja no setor público ou privado, a seleção de fornecedores é considerada um dos principais problemas organizacionais, pois em algumas situações é considerado apenas um critério na seleção, o que seria inadequado levando em consideração os múltiplos e conflitantes objetivos envolvidos no problema. Os autores Xia e Wu (2007) destacam que a seleção de fornecedores é um problema multicritério com objetivos qualitativos e quantitativos.

Dessa forma, este estudo objetiva propor através da construção de um modelo multicritério, uma estratégia para seleção de fornecedores em processo licitatório na modalidade do pregão. Inserido nesse contexto encontra-se o Segundo Comando Aéreo do Nordeste (COMAR) localizado na capital do Estado de Pernambuco, Recife, no qual foi selecionado para construção do modelo o setor da Seção de Subsistência da Base Aérea de Recife (BARF), que utiliza o pregão para selecionar fornecedores de insumos.

A Etapa 1 do *framework* proposto por (DE ALMEIDA, 2013), corresponde a caracterização do(s) decisor(es) e outros atores do processo. Diante disso, o pregoeiro do II

COMAR, é o decisor deste problema, que é o responsável por verificar e indicar o fornecedor vencedor da licitação. Mas, para esta tomada de decisão se faz necessário informações através dos outros atores do processo licitatório, como os especialistas, que fornecem informações factuais sobre a problemática analisada. Então, o Coronel, assume o papel de especialista por possuir um cargo de destaque na organização como também conhecimento sobre gestão de uma seção de subsistência de uma base aérea.

4.1.2 Objetivos

Na Etapa 2 identifica-se os objetivos do problema. Para isso, aplicou-se o método de estruturação de problema, *Value - Focused Thinking* (VFT) (KEENEY, 1992). Este método consiste essencialmente em decidir o que se quer e depois como obtê-lo, se orientando por uma técnica que foca o processo decisório nos valores do decisor e apresenta alguns passos para identificar, estruturar objetivos e estimular a criação de critérios e alternativas em um contexto de tomada de decisão (KEENEY; MCDANIELS, 1999).

Segundo Keeney (1992), o processo de identificação dos objetivos com a abordagem VFT acontece através de discussões com o(s) decisor(es), no qual são usadas técnicas providas da criatividade para identificar os possíveis objetivos por meio de uma lista de 10 dispositivos, destacados no Quadro 5.

Quadro 5 - Dispositivos para identificação de objetivos

Dispositivos	Como utilizar
Lista de desejos	"Se você não tivesse nenhuma limitação, quais seriam os seus objetivos?"; "Quais os objetivos que você deseja?"
Alternativas	"Em um cenário hipotético, qual seria a descrição de uma alternativa perfeita? Qual seria a descrição de uma alternativa péssima?"
Problemas e deficiências	"Quais os problemas enfrentados?"; "O que poderia ser melhorado?"
Consequências	"Quais as consequências consideradas inaceitáveis?"; "Quais as consequências preocupantes?"
Metas, restrições e diretrizes	"O que devesse fazer para atingir determinado interesse?"; "Qual o impedimento para que determinado interesse seja atingido?"
Diferentes perspectivas	Perspectivas de outras partes interessadas. "Como decisor final, o que você faria se não houvesse nenhuma limitação?"
Objetivos Estratégicos	"Quais são os seus valores?"; "Quais objetivos pretende-se alcançar?"
Objetivos Genéricos	"Um objetivo em um dado contexto de decisão é maximizar ou minimizar algo?"; "Quais os efeitos de interesse?"; "Como ele pode ocorrer?"
Estrutura de objetivos	"Por que esse objetivo é importante? "; "Como você pode obter esse objetivo? "; "O que significa esse objetivo? "
Quantificação de objetivos	"Como o alcance desse objetivo pode ser mensurado? "; "Por que o objetivo A é mais importante que o B? "

Fonte: Adaptado de Keeney, 1992.

Em seguida, com a aplicação dos dispositivos listados acima, será formada uma lista inicial, no qual cada item será transformado em objetivos, contando com refinamento para exclusão daqueles que apresentam redundância. Esse processo inclui objetivos fundamentais e meios. Segundo Keeney (1992), para cada objetivo se faz o questionamento em relação a sua importância, caso a resposta remeta que o objetivo seja essencial, este será inserido na lista de objetivos fundamentais, caso contrário, considera-o como um objetivo meio, que se caracteriza por ser objetivos que são utilizados para alcançar outros. Como resultado desses questionamentos têm-se as hierarquias de objetivos fundamentais e objetivos meios fins.

Com esse processo hierárquico estabelecido, torna-se possível obter os atributos (critérios), classificados em naturais, construídos e proxy (KEENEY, 1992). Os autores Esmeraldo e Belderrain (2010) defendem a estimulação da criatividade para obter o maior número de alternativas possíveis no contexto de soluções finais para o problema, partindo do pressuposto de atingir os valores determinados.

Neste contexto, os dispositivos aplicados na problemática deste estudo foram: Lista de desejos, Consequências e Problemas e deficiências. Com a definição de quais dispositivos seriam utilizados, o próximo passo foi realizar a aplicação destes através de entrevistas semi-estruturadas junto ao decisor. Dessa forma, realizou-se os seguintes questionamentos: *"Se você não tivesse nenhuma limitação na contratação dos fornecedores, quais seriam os seus*

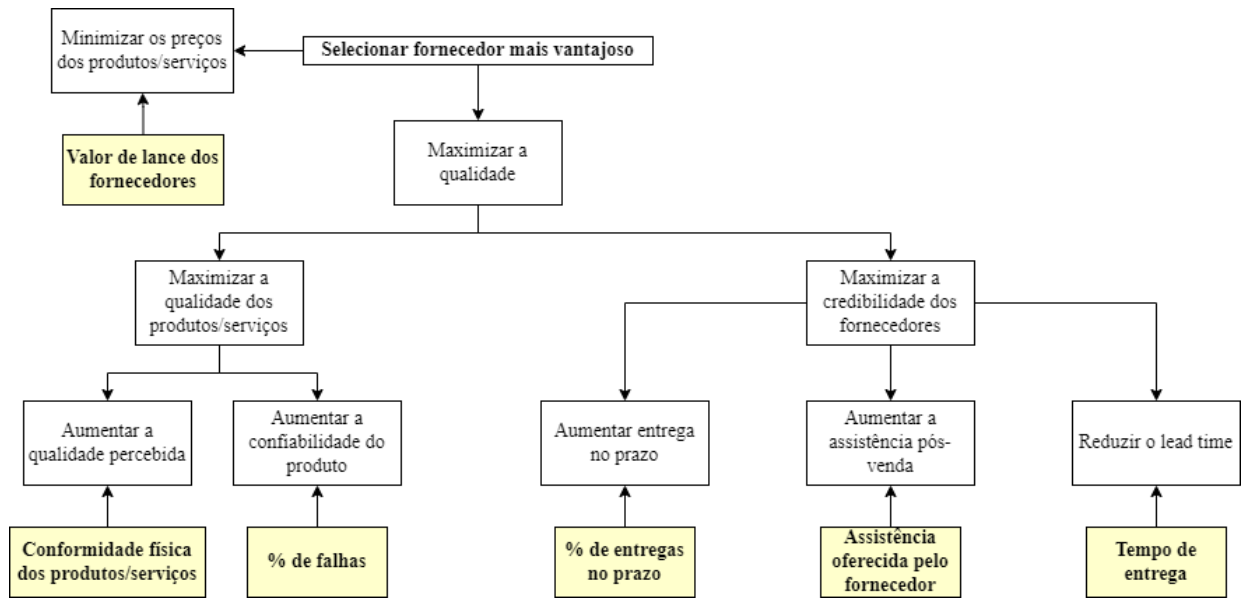
objetivos?"; "Quais as consequências em utilizar apenas o critério preço na seleção dos fornecedores traz para organização?"; "Quais os problemas enfrentados e como poderia ser melhorado?". À medida que o decisor fornecia informações considerando os questionamentos, realizava-se novos questionamentos a respeito da importância das afirmativas de forma interativa, evidenciando-se que esse processo ocorreu com duas entrevistas semi-estruturadas.

Em posse dos dados coletados nas entrevistas, foi possível estruturar uma lista de objetivos do decisor sob a ótica do VFT. Após o refinamento da lista de objetivos que consiste em eliminar os objetivos repetidos, definiu-se o objetivo estratégico do problema, *"Selecionar o fornecedor mais vantajoso"*, e os objetivos fundamentais, *"minimizar o preço dos produtos/serviços"*, *"maximizar a qualidade do produto/serviço"* e *"maximizar a credibilidade dos fornecedores"*. Não foram definidos objetivos meios para o problema. De acordo com Keeney (1992), a decomposição desses objetivos resulta em alternativas. Então, devido as alternativas já estarem definidas no problema, realizou-se a aplicação do VFT com o objetivo de definir os critérios, por isso, apenas a hierarquia de objetivos fundamentais será apresentada nessa aplicação.

4.1.3 Critérios

Na Etapa 3 são estabelecidos os critérios. Um critério de forma geral é visto como uma representação de um objetivo. Keeney (1992), destaca que os critérios são definidos através da decomposição da hierarquia dos objetivos fundamentais. Dessa forma, os objetivos fundamentais foram definidos na etapa anterior, assim como sua decomposição, resultando nos critérios do problema. Essa decomposição está elucidada na Figura 14. No geral, foram estabelecidos 6 critérios para o problema, a Quadro 6 apresenta a descrição de cada critério.

Figura 14 - Hierarquia de objetivos fundamentais



Fonte: o autor, 2022.

Quadro 6 - Descrição dos critérios

Nome do critério	Descrição	Direção	Tipo de escala	Medida
Preço	Consiste no valor de lance ofertado pelo fornecedor com base no edital	Min.	Natural - Contínuo	R\$
Qualidade	Analisa se o produto/serviço foi entregue dentro das conformidades, características físicas delimitadas pela organização	Máx.	Construído - Discreto (3 níveis)	1: Não está em conformidade; 2: Conformidade moderada; 3: Em conformidade.
Confiabilidade	Está vinculado a verificação se o produto/serviço apresentaram falhas	Min.	Natural - Contínuo	% de prod./serv. com falhas
Credibilidade	Está relacionado à credibilidade no cumprimento dos prazos e é definido com base no relacionamento passado com o fornecedor	Máx.	Natural - Contínuo	% de entregas no prazo
Assistência	Remete a assistência ofertada pelo fornecedor em casos de possíveis falhas no produto/serviço	Máx.	Construído - Discreto (2 níveis/Binário)	0: Não presta assistência; 1: Presta assistência.
Lead Time	Refere-se ao tempo gasto desde a emissão do pedido até a chegada do mesmo na organização	Min.	Natural - Contínuo	Tempo (dias) de entrega

Fonte: o autor, 2022.

Como pode-se observar na Tabela 6, os critérios "Assistência" e "Qualidade" apresentam uma escala construída. O critério "Assistência" é binário, isto é, se o fornecedor prestar assistência pós-venda a organização receberá consequência 1, caso contrário, receberá a consequência 0. No critério "Qualidade" a escala de avaliação apresenta 3 níveis, ao detalhar cada nível, temos que, declarar que determinado fornecedor recebe consequência 1, afirma que o produto/serviço fornecido não condiz com nenhuma característica física discriminada pela organização, receber consequência 3 demonstra que os produtos/serviços não apresentam nenhuma alteração física fora do acordado e 2 se apesar de apresentar algumas característica que condiz com o proposto, também apresenta algumas desconformidades.

4.1.4 Alternativas e problemática

A Etapa 4 do *framework* condiz com a estruturação do espaço de ações, geração das alternativas e determinação da problemática. O objetivo da construção desse modelo é propor uma estratégia para o processo licitatório da modalidade pregão, para isso, a aplicação será com base em fornecedores já cadastrados na organização pública em questão, como forma de realizar um comparativo com o atual sistema pregão, dessa forma as alternativas avaliadas são um espaço discreto, com sete fornecedores cadastrados que presta ou prestaram fornecimento dos insumos para o BARF do II COMAR. No problema, serão chamados de Fornecedor 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7, de forma hipotética.

Ainda na mesma etapa deve-se determinar o tipo de problemática, para isso considera-se a finalidade do problema. Então, por trata-se de um problema que envolve a seleção de fornecedores, foi escolhida a problemática de ordenação, por permitir estabelecer um *ranking* de preferência entre os fornecedores (β). Assim, a matriz de consequências do problema é apresentada na Quadro 7.

Quadro 7 - Matriz de consequências do problema

	Preço (R\$)	Qualidade	Confiabilidade (%)	Credibilidade (%)	Assistência	Lead time (dias)
Fornecedor 1	1.834.600,20	1	18	90	1	40
Fornecedor 2	1.823.240,00	2	5	100	0	30
Fornecedor 3	1.902.311,00	3	10	80	1	25
Fornecedor 4	1.795.200,00	1	9	95	0	30
Fornecedor 5	1.712.000,50	2	1	100	0	35
Fornecedor 6	1.697.890,25	3	16	90	1	45
Fornecedor 7	1.722.765,33	2	4	85	1	40

Fonte: o autor, 2022.

4.1.5 Fatores não controlados

Nesta etapa identifica-se os fatores não controlados do problema. Para o modelo em questão as variáveis são determinísticas, desse modo não há possibilidade de estados da natureza influenciar os valores das consequências.

4.1.6 Modelagem de preferências

Na Etapa 6 é definida a estrutura de preferências e racionalidade do decisor, para auxiliar na escolha do método que melhor se aplica a problemática em questão. Uma vez que existem

diversos métodos multicritério disponíveis para dar suporte a tomada de decisão. A aplicação de cada método depende das características do problema e do decisor. Dessa maneira, a estrutura de preferências (P,I) é a mais adequada para representar as preferências do decisor, pois o mesmo consegue identificar relações de preferência e indiferença entre os pares de consequências.

Seguindo na Etapa 6, define-se a racionalidade do decisor. A racionalidade é uma forma de classificação associada a modelagem de preferência podendo ser, compensatória ou não compensatória. Ressalta-se que na racionalidade compensatória um menor desempenho em um dado critério pode ser compensado por um melhor desempenho em outro critério, ou seja, considera *tradeoff* entre os critérios. Já a racionalidade compensatória não há este *tradeoff*, ou seja, não há a ideia de compensação (DE ALMEIDA, 2013)

Sendo assim, de maneira simplificada, mediante a questionamento junto ao decisor pôde-se determinar a racionalidade compensatória. Foi possível identificar que um desempenho ruim em um critério pode ser compensado por um bom desempenho em outro critério. Por exemplo, um pior desempenho em *lead time* poderá ser compensado por um melhor desempenho em preço.

Em seguida, foi verificado que a propriedade de independência preferencial é atendida pelos critérios, ou seja, um critério é independente em preferência com relação a outro critério se a preferência do decisor em relação aos diferentes níveis deste critério independem dos níveis que o outro critério assume. Sendo assim, devido a todas as características citadas, o método escolhido para solucionar o problema foi o método de agregação aditiva, *FITradeoff* (DE ALMEIDA *et al.* 2016; DE ALMEIDA *et al.* 2021).

4.1.7 Avaliação intracritério

A Etapa 7 corresponde a avaliação intracritério, sendo o foco da abordagem desenvolvida neste estudo. Sendo assim, as funções valor dos critérios serão elicitadas utilizando a estrutura do método da bisseção acrescidas de informações parciais, conforme detalhado no capítulo 3. Na qual, diferencia-se de outras aplicações em que o decisor adota a linearidade como forma de simplificar a etapa ou fornece informações completas a priori sobre o comportamento do critério. Dessa forma, a etapa da avaliação intracritério será detalhada na seção 4.2.

4.1.8 Avaliação intercritério

A avaliação intercritério é realizada nas Etapas 8 e 9, compreendendo a elicitação das constantes de escala de cada critério, logo após são determinados os valores globais das alternativas e por fim um *ranking* com os fornecedores ordenados do melhor para o pior é obtido. Conforme o decisor forneceu informações na elicitação flexível junto ao SAD *FITradeoff*. Essas etapas estão descritas de forma mais abrangente na seção 4.3.

4.1.9 Análise de sensibilidade

A Etapa 10 do *framework* refere-se a análise de sensibilidade (AS) que objetiva gerar *insights* para analisar a robustez da solução sugerida pelo SAD *FITradeoff*, para isso foi aplicado uma variação de 10% sobre os valores das consequências do problema. Esta etapa também está inserida no procedimento proposto nesse estudo, além da AS já realizada no sistema, é feita a AS referente a função valor obtida na etapa 7 de acordo com a escala do critério. Assim, a etapa de análise de sensibilidade será especificada na seção 4.3.

4.1.10 Análise dos resultados e recomendações

Na Etapa 11 os resultados obtidos são analisados e um relatório de recomendação é disponibilizado ao decisor. Esse relatório representa uma documentação relevante para a organização, podendo ser utilizada como justificativa de implementação ou de necessidades futuras. A partir desse relatório que será indicado o grau de confiança do modelo, esclarecendo os riscos envolvidos a recomendação, especificando que a busca se dá pelo modelo mais útil, ou seja, um modelo que forneça a recomendação em consonância com o grau considerável de precisão (DE ALMEIDA, 2013).

4.1.11 Implementar decisão

Por fim, têm-se a Etapa 12 que consiste na implementação da decisão. No problema em questão, o decisor compara os resultados obtidos no modelo com o processo licitatório atual, e avalia a viabilidade de adotar um modelo multicritério como estratégia para o processo licitatório junto a modalidade pregão. Como destacado acima, a abordagem proposta neste

estudo concentra-se na "Etapa 7 - Efetuar avaliação intracritério" e "Etapa 10 - Efetuar análise de sensibilidade" que são detalhadas nas próximas seções.

4.2 ELICITAÇÃO DE PREFERÊNCIAS PARA AVALIAÇÃO INTRACRITÉRIO COM FUNÇÃO VALOR NÃO LINEAR

Com o problema modelado, as informações da matriz de consequências apresentada na Tabela 8 foram inseridas no SAD através da planilha modelo do excel ilustrada na Tabela 4, e definida a problemática do problema, neste caso, ordenação. Após inserir os dados o sistema direciona para tela que permite o acesso ao procedimento de elicitação intracritério.

Em seguida, o SAD direciona para a tela ilustrada na Figura 15. Observa-se que todos os critérios ficam disponíveis para elicitação, exceto o critério "Assistência", pois trata-se de um critério binário, e como supracitado no capítulo 3, critérios discretos de 2 níveis, não são elicitados. Além disso, pode-se destacar a variação percentual na parte inferior esquerda da Figura 15, representando o limiar utilizado no critério de parada para os critérios contínuos.

Figura 15- Interface da região de seleção do critério a ser elicitado

Fonte: o autor, 2022.

Em seguida, o decisor inicia a elicitação selecionando o primeiro critério a ser elicitado, destaca-se que os critérios do problema são elicitados um por vez. Em casos que o decisor deseje declarar que o comportamento de determinado critério é linear, o componente "Declarar como uma função linear" deverá ser clicado, como elucidado na Figura 16. Para este problema, ao analisar as consequências, o decisor optou por declarar a linearidade do critério "Credibilidade".

Logo após, o decisor iniciou a elicitação do critério "Preço". Ao selecionar o critério o sistema direciona para a região onde o procedimento de elicitação intracritério é realizado e verifica se é contínuo ou discreto, dependendo da escala do critério será aplicado o procedimento referente, neste caso, o critério selecionado é contínuo. A tela ilustrada na Figura 16, é exibida após a seleção do critério, iniciando a primeira pergunta da elicitação, como o critério é de minimização a pergunta busca o decréscimo com o seguinte questionamento: *"Considerando o critério "Preço (R\$)" comparando os dois intervalos abaixo, qual intervalo você prefere reduzir, a fim de obter um melhor ganho no valor do intervalo?"*, também fica disponível a visualização gráfica para que o decisor possa analisar a proporção entre os *ranges* de forma visual.

Figura 16 - Interface da primeira pergunta do ponto x0,5 para critério "Preço"

The screenshot shows the FITradeoff web interface. At the top, it says 'FITradeoff.org' and 'Flexible and Interactive Tradeoff'. The main title is 'Avaliação Intracritério'. Below it, there's a dropdown menu for 'Selecione um critério para iniciar a elicitação:' with 'Preço (R\$)' selected. A question asks: 'Considerando o critério "Preço (R\$)" comparando os dois intervalos abaixo, qual intervalo você prefere reduzir, a fim de obter um melhor ganho no valor do intervalo?'. Below the question is a visual slider with an orange arrow pointing to the right. The slider has two intervals: [902311; 1800101] and [1800101; 1697890]. The selected interval is [1800101; 1697890]. To the right of the slider are three radio buttons: 'De 1902311 até 1800101', 'De 1800101 até 1697890' (selected), and 'Indiferente'. Below the slider is a button labeled 'Ok'. At the bottom left, there are logos for INCT, INSID, and CDSID/UFPE. At the bottom right, there's a button labeled 'Ajuda'.

Fonte: o autor, 2022.

À medida que o decisor responde às perguntas os *ranges* de valores das faixas vão sendo atualizados. Em virtude da premissa básica de utilizar informações parciais através de um processo flexível de elicitação, o decisor pode optar por não fornecer informações até que o critério de parada seja atendido, neste caso, o decisor fornece a informação de indiferença entre os intervalos avaliados.

Considerando o intervalo [1902311; 1697890] do critério "Preço", foi perguntado ao decisor qual intervalo representava mais decréscimo de [1902311; 1800101], [1800101; 1697890] ou indiferente, destaca-se que o valor de 1800101 é o ponto médio do intervalo analisado. O decisor declarou preferência para o intervalo da faixa 2, ou seja, [1800101; 1697890], gerando assim a segunda pergunta da elicitação. Para a segunda pergunta os *ranges* foram atualizados para [1902311; 1748995], [1748995; 1697890] ou indiferente, o decisor

novamente informou predileção pela faixa 2, gerando assim a terceira pergunta, ilustrada na Figura 17.

Figura 17- Interface da terceira pergunta do ponto $x_{0,5}$ para critério "Preço"

FITradeoff.org
Flexible and Interactive Tradeoff

FU-TXMMO-WF1

Avaliação Intracritério Ajuda

Selecione um critério para iniciar a elicitação: Preço (R\$)

Você pode:
[Declarar como uma função linear](#) se não deseja elicitar a função valor marginal ?
 Ou Prosseguir para a elicitação abaixo.

Considerando o critério "Preço (R\$)" comparando os dois intervalos abaixo,
 qual intervalo você prefere reduzir, a fim de obter um melhor ganho no valor do intervalo?

☐ De 1902311 até 1723443 .
☒ De 1723443 até 1697890 .
☐ Indiferente.

Ok

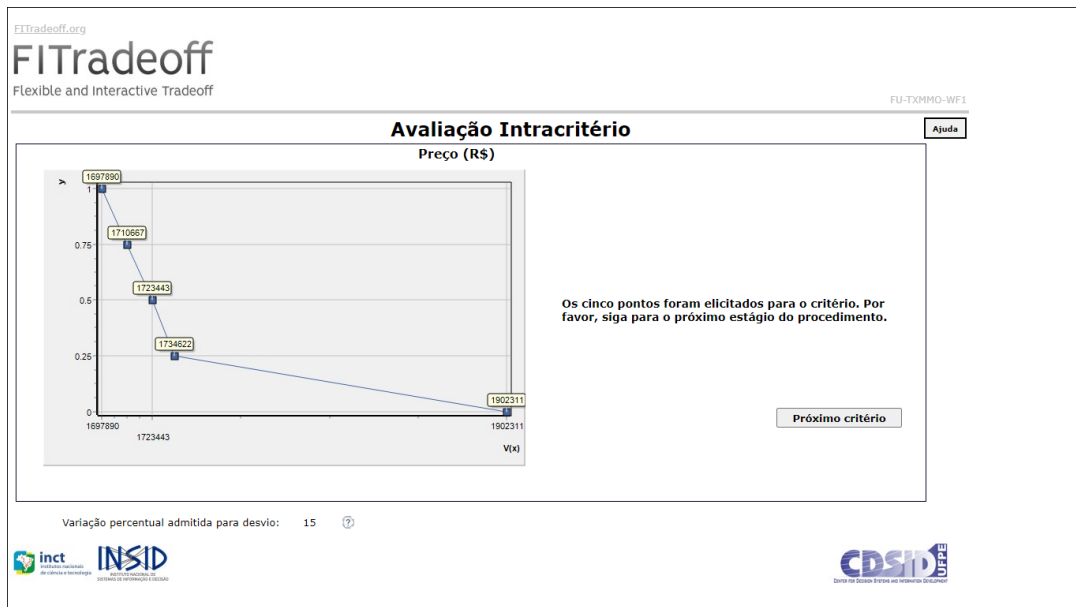
Varição percentual admitida para desvio: 15 ?

Fonte: o autor, 2022.

Após responder as três perguntas, os valores superior e inferior do intervalo elicitado para o ponto $x_{0,5}$ alcançou o valor referente ao critério de parada CP, isto é, menor igual a 15% da faixa total. Por se tratar do ponto $x_{0,5}$, após atingir o CP o sistema realizou as verificações necessárias. Primeiramente verificou o DP, que consiste em analisar a primeira e última resposta fornecida para definição do ponto, assim como as respostas foram com base na mesma faixa, o ponto $x_{0,5}$ assumiu o valor extremo, neste caso 1723443.

Em seguida, o sistema realizou a verificação com base nas faixas remanescentes, e constatou que FR2 foi atendido, então o ponto $x_{0,75}$ assume o ponto médio da faixa e não será elicitado. Então, com x_0 , x_1 , $x_{0,5}$ e $x_{0,75}$ definidos, no qual x_0 e x_1 assumem o limite inferior e superior da faixa total, o sistema realiza a primeira pergunta referente ao ponto $x_{0,25}$. Assim, após responder três perguntas, o ponto $x_{0,25}$ foi definido. Em posse dois cinco pontos obteve-se a forma da função valor para o critério "Preço", apresentada na Figura 18.

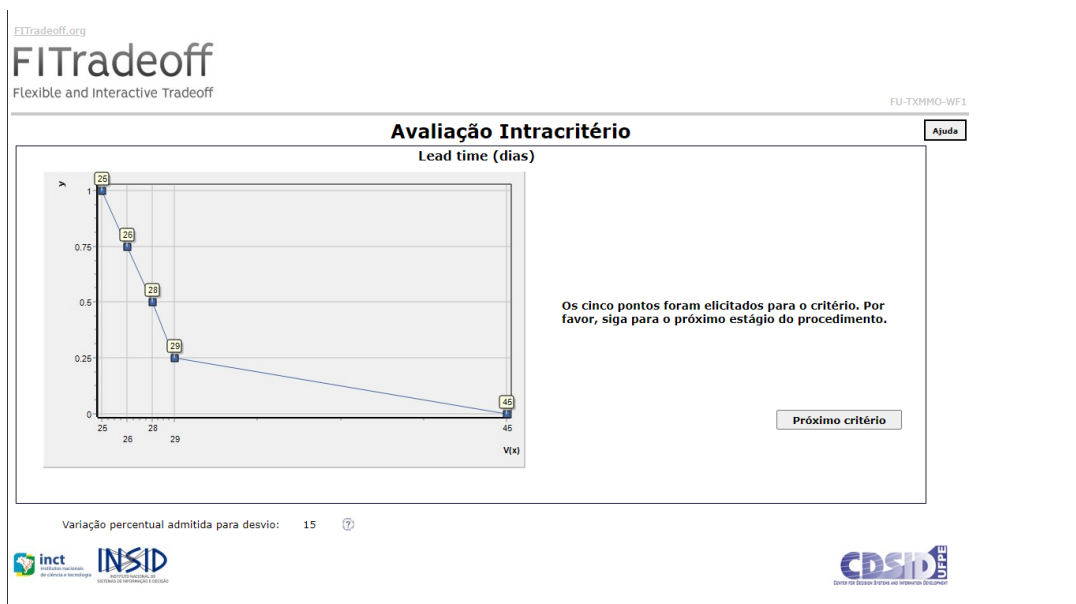
Figura 18 - Forma final da função valor para o critério "Preço"



Fonte: o autor, 2022.

Com a elicitação do critério preço, o decisor optou por elicitar o critério "Lead time", a elicitação desse critério se deu de forma semelhante ao critério "Preço", diferenciando-se apenas nos valores das consequências, por fim, obteve-se a forma da função valor marginal conforme a Figura 19.

Figura 19 - Forma final da função valor para o critério "Lead Time"



Fonte: o autor, 2022.

Finalizada a elicitação dos critérios "Preço" e "Lead time", deu-se início à elicitação do terceiro critério "Qualidade", sendo esse um critério discreto, 3 níveis e de maximização. Como

supracitado no capítulo 3, a quantidade de pontos elicitados nos critérios discretos dependerá do número de níveis do critério. Por se tratar de um critério de maximização se faz o seguinte questionamento: *"Considerando o critério "Qualidade" comparando os dois intervalos abaixo, qual intervalo, você prefere aumentar, a fim de obter um melhor ganho no valor do intervalo?"*. A Figura 20 mostra o momento em que a primeira pergunta era respondida pelo decisor, considerando os intervalos de [1; 2], [2; 3] ou indiferente.

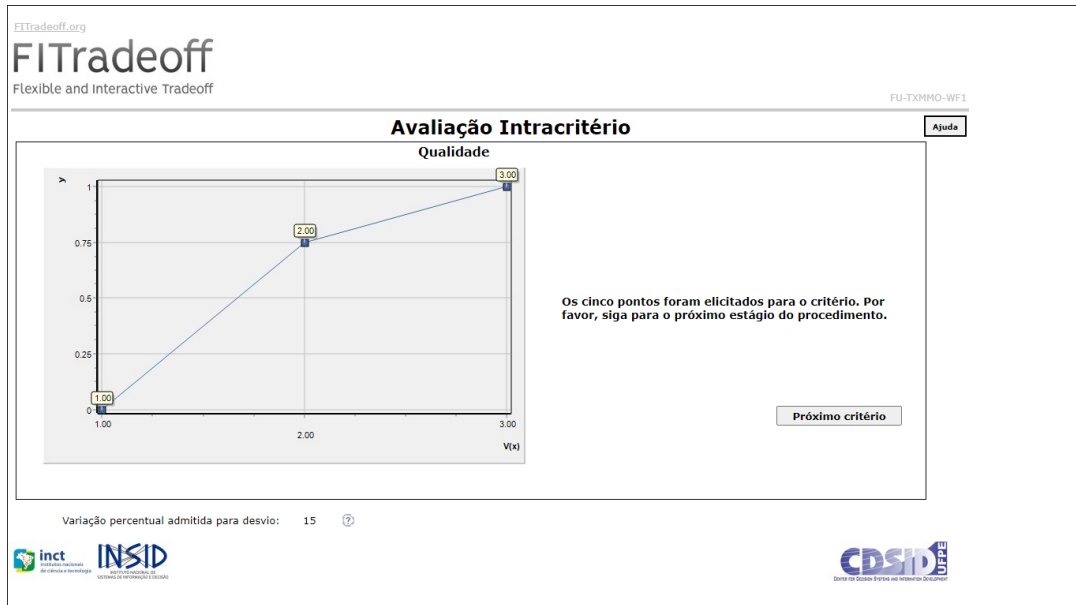
Figura 20 - Interface da primeira pergunta para critério "Qualidade"

The screenshot shows the FITradeoff software interface. At the top, it says 'FITradeoff.org' and 'Flexible and Interactive Tradeoff'. The title is 'Avaliação Intracritério'. Below this, there's a dropdown menu for 'Selecione um critério para iniciar a elicitación:' with 'Qualidade' selected. A help icon (?) is next to it. Below the dropdown, it says 'Você pode: Declarar como uma função linear se não deseja elicitar a função valor marginal Ou Prosseguir para a elicitação abaixo.' Then, it asks: 'Considerando o critério "Qualidade" comparando os dois intervalos abaixo, qual intervalo você prefere aumentar, a fim de obter um melhor ganho no valor do intervalo?'. Below this is a slider from 1 to 3. An orange arrow points from 1 to 2. To the right of the slider, there are three radio buttons: 'De 1 até 2.' (selected), 'De 2 até 3.', and 'Indiferente.'. Below the radio buttons is an 'OK' button. At the bottom left, it says 'Variação percentual admitida para desvio: 15' with a help icon (?). At the bottom, there are logos for 'inct', 'INSID', and 'CDSID UFPE'.

Fonte: o autor, 2022.

Para critérios com 3 níveis se faz necessário apenas uma pergunta para definir a forma da função. Se o decisor optar pelo intervalo [1; 2], o nível 2 assume o ponto $x_{0,75}$, se o intervalo escolhido for [2; 3], o nível 2 assume o ponto $x_{0,25}$ e se o decisor for indiferente o nível 2 assume o ponto $x_{0,5}$. Neste problema o decisor optou pela faixa 1, isto é, o intervalo [1; 2], com isso, o gráfico com a forma da função valor marginal para o critério "Qualidade" foi exibido, conforme ilustrado na Figura 21.

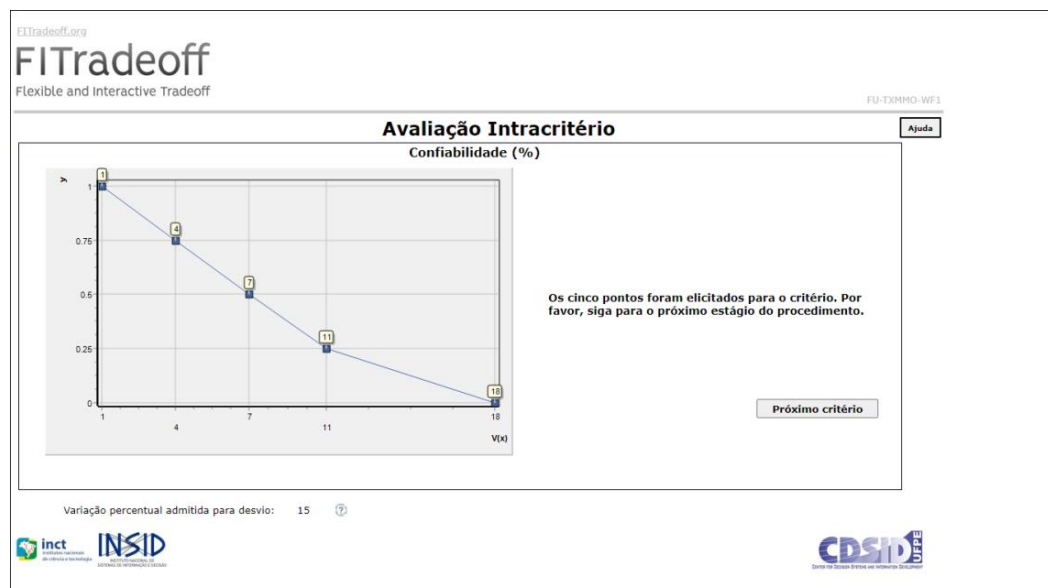
Figura 21 - Forma final da função valor para o critério "Qualidade"



Fonte: o autor, 2022.

Por fim, o decisor optou por elicitar o último critério, que envolvia a minimização da "Confiabilidade" apresentando uma escala contínua. Ao total, foram realizadas 3 perguntas para definir o ponto $x_{0,5}$ ao atender o CP. Em seguida, o sistema realizou as verificações, inicialmente a verificação da primeira e última resposta, que foram indicadas faixas diferentes, com isso, o $x_{0,5}$ assumiu o ponto médio e as verificações das faixas remanescentes, que para esta elicitação não foram atendidas, com isso os pontos $x_{0,25}$ e $x_{0,75}$ foram elicitados, totalizando 7 perguntas para definir a forma da função valor marginal do critério. Esta última, ilustrada na Figura 22.

Figura 22 - Forma final da função valor para o critério "Confiabilidade"



Fonte: o autor, 2022.

Após o decisor elicitar o último critério, o decisor finalizou a etapa de avaliação intracritério. Dessa forma, o sistema direciona para a etapa seguinte, correspondendo as fases 8, 9 e 10 do *framework* proposto por De Almeida (2013), que serão discriminadas na seção 4.3.

4.3 AVALIAÇÃO INTERCRITÉRIO, ANÁLISE DE SENSIBILIDADE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nas Etapas 8 e 9, realiza-se a avaliação intercritério em que são definidos os valores das constantes de escala para realizar a agregação aditiva. Inicialmente, o decisor realizou a ordenação das constantes de escala com base em suas preferências, essa ordenação pode ser realizada tanto por uma avaliação direta como por comparação par a par, para este problema o decisor optou pela avaliação direta. Vale salientar que a avaliação leva em consideração o grau de importância dos critérios para o decisor em consonância com o range de valores das consequências. A Figura 23 ilustra o momento em que o sistema solicita a confirmação de ordenação ao decisor no *SAD FITradeoff*.

Figura 23 - Ordenação das constantes de escala dos critérios

FITradeoff
Flexible and Interactive Tradeoff

Ranking of criteria scaling constants
By overall evaluation

I. Consider a hypothetical alternative:

Best

Worst

Do you agree with the final order found?

YES NO

W1 is the worst outcome of criterion C1
B1 is the best outcome of criterion C1

Alternatively the ranking of scaling constants can be done by pairwise comparison.
Note: If you have more than seven criteria it is recommended that you perform a pairwise comparison.

II. Suppose that you can improve the performance of this alternative in only ONE of the criteria to the maximum value. Which criterion would you choose? (If you feel indifferent between some criteria, please select them together)

Note: Select the criteria to see the changes.

Restart Choose

Chosen order of scaling constants:

- 1.C2-Qualidade
- 2.C4-Credibilidade (%)
- 3.C1-Preço (R\$)
- 4.C6-Lead time (dias)
- 5.C3-Confiabilidade (%)
- 6.C5-Assistência

Continue

Fonte: o autor, 2022.

Após a confirmação da ordenação das constantes de escala, o decisor segue na elicitação flexível. Como anteriormente destacado, o método apresenta dois procedimentos para elicitação, por decomposição e avaliação holística, no qual podem ser utilizados de forma conjunta. A elicitação por decomposição refere-se à comparação de elementos no espaço de

consequências e a avaliação holística realiza a comparação das alternativas do problema (DE ALMEIDA *et al.* 2021). Então, após apresentar os dois procedimentos ao decisor o mesmo optou por visualizar o ranking dos fornecedores antes de seguir na elicitación, através do diagrama de Hasse presente na problemática de ordenação que possui o objetivo de facilitar a visualização das relações de dominância entre as alternativas ao logo do processo.

Com a visualização, decisor optou por seguir com a elicitación por decomposição, visto que nenhuma relação de dominância havia sido definida até este momento. Através de comparações par a par, o decisor foi declarando suas preferências. Essas comparações consistem em apresentar ao decisor duas alternativas hipotéticas, com valores diferentes de consequência e solicitar por qual ele apresenta maior predileção. A Figura 24 ilustra as duas primeiras perguntas respondidas pelo decisor e após responder quatro perguntas, notou-se que quatro posições haviam sido definidas no ranking, a Figura 25 apresenta o diagrama de Hasse, ilustrando as quatro posições definidas.

Figura 24 - 1º e 2º perguntas da elicitación por decomposição

The figure shows two screenshots of a decision-making interface. Each screen is titled "Which consequence do you prefer?" and asks the user to answer the questions by choosing one option. The interface is divided into two main sections: "Consequence A" and "Consequence B". Each section displays a list of criteria (C1, C2, C3, C4, C5, C6) with corresponding values. The values are displayed in a table format. The interface also includes a legend for criteria scaling constants and a "Show Current Results" button.

Consequence A (Left Screenshot):

C1	C2	C3	C4	C5	C6
1000	1000	1000	1000	1000	1000
1000	1000	1000	1000	1000	1000
1000	1000	1000	1000	1000	1000
1000	1000	1000	1000	1000	1000
1000	1000	1000	1000	1000	1000
1000	1000	1000	1000	1000	1000

Consequence B (Left Screenshot):

C1	C2	C3	C4	C5	C6
1000	1000	1000	1000	1000	1000
1000	1000	1000	1000	1000	1000
1000	1000	1000	1000	1000	1000
1000	1000	1000	1000	1000	1000
1000	1000	1000	1000	1000	1000
1000	1000	1000	1000	1000	1000

Consequence A (Right Screenshot):

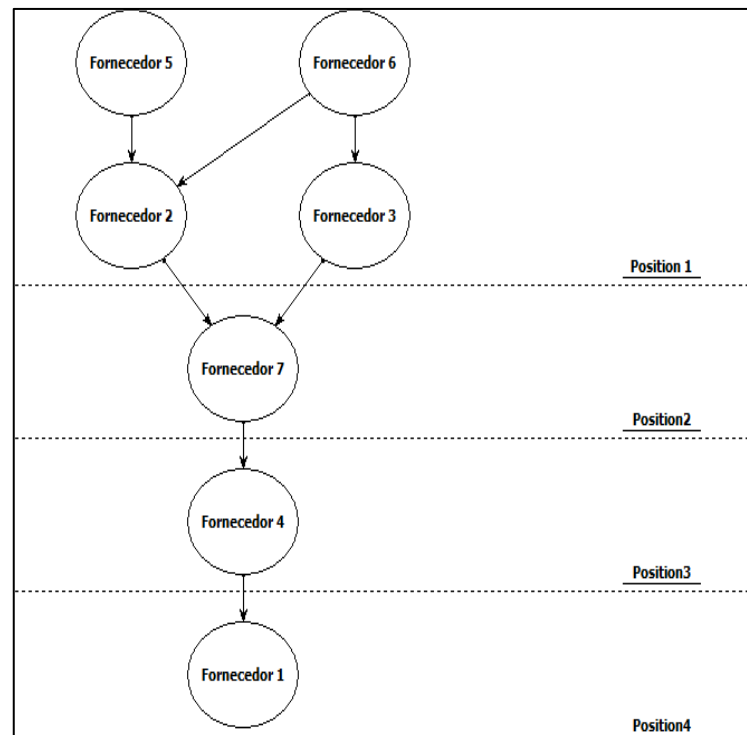
C1	C2	C3	C4	C5	C6
1000	1000	1000	1000	1000	1000
1000	1000	1000	1000	1000	1000
1000	1000	1000	1000	1000	1000
1000	1000	1000	1000	1000	1000
1000	1000	1000	1000	1000	1000
1000	1000	1000	1000	1000	1000

Consequence B (Right Screenshot):

C1	C2	C3	C4	C5	C6
1000	1000	1000	1000	1000	1000
1000	1000	1000	1000	1000	1000
1000	1000	1000	1000	1000	1000
1000	1000	1000	1000	1000	1000
1000	1000	1000	1000	1000	1000
1000	1000	1000	1000	1000	1000

Fonte: o autor, 2022.

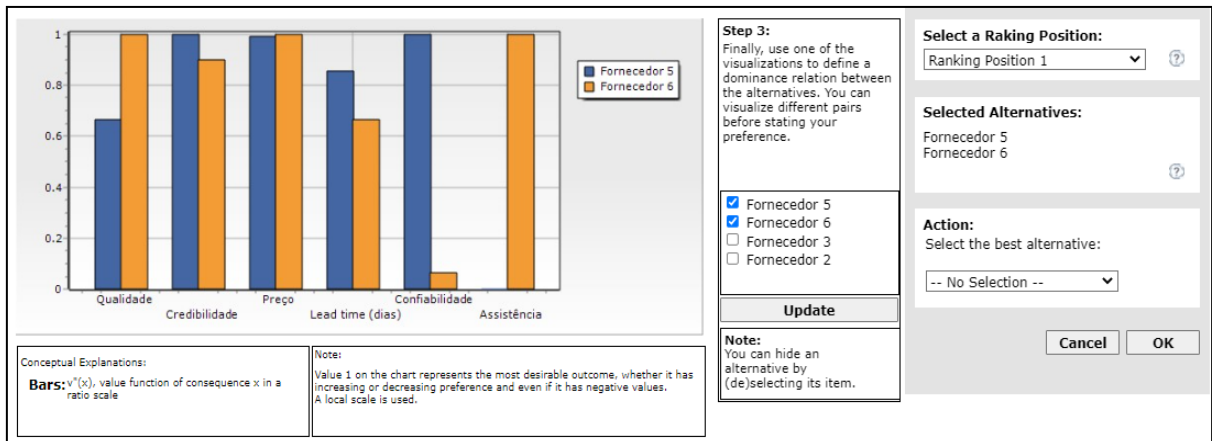
Figura 25 - Diagrama de Hasse após 4 informações de preferência



Fonte: o autor, 2022.

Ao analisar o diagrama de Hasse observou-se que, com as informações fornecidas até aquele momento não foi possível definir uma relação entre os seguintes fornecedores: F5 - F6; F5 - F3; F3 - F2, ou seja, são incomparáveis entre si. Então, o decisor optou por realizar uma avaliação holística entre F5 e F6. A avaliação holística é permitida para alternativas incomparáveis e engloba quatro possíveis visualizações: gráfico de barras, tabela, gráfico radar e gráfico de bolhas, para essa avaliação o decisor optou pelo gráfico de barras. Como pode-se observar na Figura 26, o decisor seleciona o subconjunto de alternativas que deseja avaliar, cada alternativa é representada por uma cor específica e cada barra mensura o desempenho normalizado em uma escala de razão, de uma alternativa em cada critério, destaca-se que os critérios são ordenados da esquerda para direita.

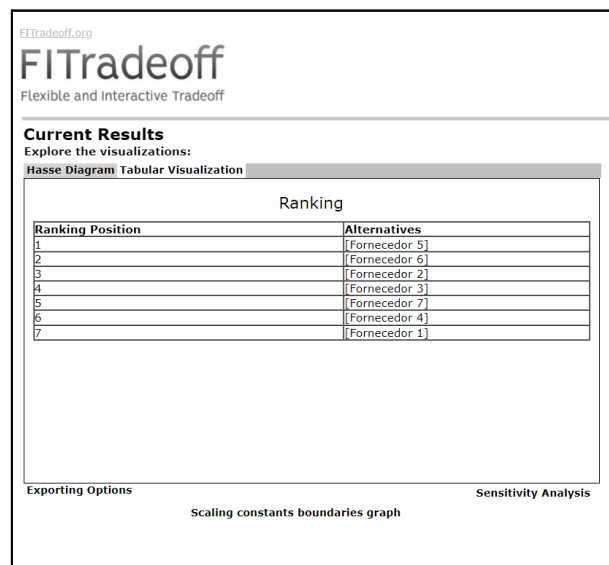
Figura 26 - Avaliação Holística



Fonte: o autor, 2022.

Com a análise do gráfico de barras o decisor optou pelo F5, representado pela barra azul. Ao fornecer essa informação o SAD encontrou uma ordem completa entre as alternativas, conforme Figura 27. Os fornecedores foram ranqueados na seguinte ordem: Fornecedor 5, 6, 2, 3, 7, 4 e 1.

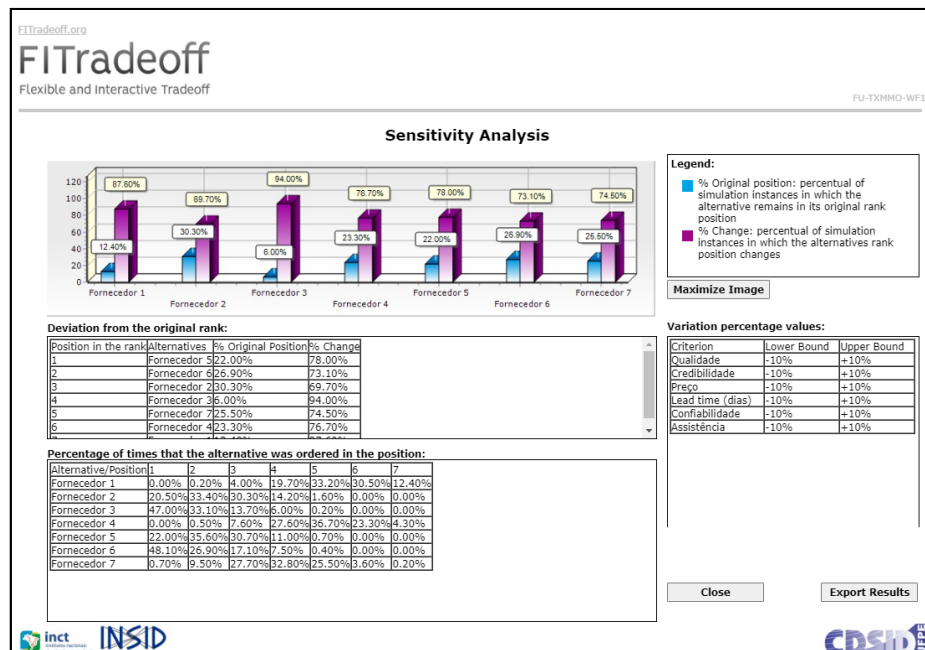
Figura 27 - Solução final fornecida pelo SAD FITradeoff



Fonte: o autor, 2022.

Como forma de maior entendimento sobre a solução e a análise de sua robustez, foi realizada a AS variando em 10% o valor das consequências de todos os critérios considerados no problema. A Figura 28 ilustra a região no SAD após concluir a AS.

Figura 28 - Resultado final da Análise de Sensibilidade - Módulo ordenação



Fonte: o autor, 2022.

Observando o percentual de variação na ordenação das alternativas “Fornecedor 5”, “Fornecedor 6” e “Fornecedor 2”, em relação à solução original, percebe-se que, respectivamente, estas mudaram suas posições em 78%, 73,10% e 69,17% dos cenários simulados na AS. Dos quais, a alternativa “Fornecedor 5” ficou na segunda e a terceira posição do ranking em 66,3% dos casos, enquanto a alternativa “Fornecedor 6” permaneceu 65,2% dos cenários na primeira e terceira posição e a alternativa “Fornecedor 2” continuou na primeira e segunda posição 53,9% casos.

Desse modo, observou-se que apesar das mudanças nas posições das alternativas, as três primeiras posições foram ocupadas pelas mesmas alternativas do ranking final, apresentando variações entre elas. Por fim, o analista apresentou ao decisor o relatório com as recomendações do modelo. Então, o decisor pode realizar a comparação da recomendação obtida através do modelo considerando o seu grau de robustez através da AS, com o fornecedor selecionado com a modalidade pregão. Dessa forma, o decisor decidiu apresentar o relatório na organização como justificativa para adotar um modelo multicritério como estratégia de licitação para contratação de fornecedores para bens e serviços comuns.

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O último capítulo apresenta as considerações finais sobre o estudo, proporcionadas através das análises obtidas com a aplicação. Além de apresentar sugestões para trabalhos futuros e investigações sobre aspectos que ainda podem ser explorados.

5.1 CONCLUSÕES

O presente estudo apresentou, primeiramente, uma abordagem para a etapa de avaliação intracritério do método *FITradeoff*, baseado no método da bisseção com uso de informação parcial, no qual consiste em definir as funções valor dos critérios através da elicitación de preferência do decisor. Sendo aplicado para critérios contínuos e discretos, além da análise de sensibilidade para verificar o grau de robustez das funções elicítadas. Em seguida, apresentou a formulação de um modelo multicritério para um problema de seleção de fornecedores no processo licitatório na modalidade pregão de uma organização pública (DE ARAUJO *et al.*, 2022), podendo ser observada a aplicação do procedimento proposto, operado pelo SAD *FITradeoff*.

Dessa forma, a proposição de um processo para elicitación da função valor com informações parciais se mostra relevante em problemas no escopo MAVT. Pois, a definição dessas funções impacta de forma direta na solução de um problema, sendo, em sua maioria, fornecidas de forma imprecisa, ao solicitar uma informação completa do decisor ou simplificadas assumindo a linearidade. Pouco se encontra na literatura o uso de informações parciais na avaliação intracritério para os métodos de apoio a decisão, sendo essa uma das principais contribuições desse trabalho.

Inserido no escopo MAVT encontra-se o método *FITradeoff*, a proposição deste trabalho traz um impacto significativo para o melhoramento metodológico do método na etapa intracritério, preservando suas premissas básicas de flexibilidade e menor esforço cognitivo, visto que apenas declarações de preferências são solicitadas do decisor. Com isso, o decisor consegue definir a função valor de forma mais assertiva. Além de permitir sua aplicação em contextos de decisão mais complexos.

Com a formulação do modelo multicritério para seleção de fornecedores foi possível definir critérios mais relevantes para o contexto de decisão com aplicação do método VFT. Além da aplicação do procedimento proposto, possibilitando observar a interação dinâmica do decisor com o SAD *FITradeoff*, constatando no final que nem sempre as funções valor se comportam de forma linear e a aplicação da análise de sensibilidade como forma de analisar o

grau de robustez da solução, além de constatar a flexibilidade do método através do uso dos dois paradigmas, elicitación por decomposição e avaliação holística. Em suma, os objetivos deste trabalho foram alcançados.

5.2 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Como destacado neste estudo, evidencia-se a relevância de inserir os julgamentos de valor nos métodos MCDM/A. Sendo assim, como sugestão de trabalhos futuros destaca-se a aplicação do método *FITradeoff* incorporado com o procedimento proposto para problemas reais de diferentes contextos de decisão, destacando a elicitación das funções valor dos critério, ao invés de utilizar funções analíticas prontas. Permitindo assim um aumento nas contribuições metodológicas na área de apoio a tomada de decisão multicritério.

Outro ponto seria, estudos comparativos entre as recomendações com base na utilização de funções analíticas prontas e funções valor elicitadas pelo decisor, como forma de destacar a eficiência da etapa intracritério no método *FITradeoff*.

REFERÊNCIAS

- AMATO NETO, J. e et al. Gestão Estratégica de fornecedores e contratos: uma visão integrada. São Paulo: Saraiva, 2014.
- BELTON, V.; STEWART, T. Multiple criteria decision analysis: an integrated approach. Berlim: Springer Science & Business Media, 2002.
- BERTANI, N. e et al. Fast and Simple Adaptive Elicitations: Experimental Test for Probability Weighting. SSRN, 2021.
- BRASIL (2021). Lei nº 14.133, de 01 de abril de 2021. Estabelece normas gerais de licitação e contratação para as administrações públicas diretas, autárquicas e fundacionais da união, dos estados, do distrito federal e dos municípios. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/L14133.htm. Acessado: 21 jan. 2022.
- CAMILO, D. G. G e et al. Multi-criteria analysis in the health area: selection of the most appropriate triage system for the emergency care units in natal. BMC Medical Informatics and Decision Making, 20(1), 1-16, 2020.
- CARRILLO, P. A.; ROSELLI, L. R. P. A.; FREJ, E. A.; De ALMEIDA, A. T. Selecting an agricultural technology package based on the flexible and interactive tradeoff method. Annals of Operations Research, 2018.
- CORREIA, L. M. A. M. e et al. A multicriteria decision model to rank workstations in a footwear industry based on a FITradeoff-ranking method for ergonomics interventions. Operational Research, 2021. doi:10.1007/s12351-021-00671-0.
- CORREIA, M. C.; FREJ, E. A.; DE ALMEIDA, A. T. Prioritizing Improvement Actions in a Fish Distribution Company: integrating elicitation by decomposition and holistic evaluation with fitradeoff method. Contemporary Issues In Group Decision And Negotiation, [S.L.], p. 41-54, 2021. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-77208-6_4.
- COSTA C. A. B. E.; DE CORTE J.-M.; Vansnick J.-C., MACBETH, International Journal of Information Technology & Decision Making, vol. 11, no. 2, pp. 359–387, 2012.
- CUNHA, C. P. C. B. e et al. Applying the FITradeoff Method for Aiding Prioritization of Special Operations of Brazilian Federal Police. In Innovation for Systems Information and Decision Meeting. Springer, 110-125, 2020.
- CYRENO, M. W.; ROSELLI, L. R. P.; DE ALMEIDA, A. T. Using the FITradeoff Method for Solving a Truck Acquisition Problem at a Midsize Carrier. Decision Support Systems XII: Decision Support Addressing Modern Industry, Business, and Societal Needs, [S.L.], p. 139-150, 2022. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-031-06530-9_11.
- CZEKAJSKI, M.; WACHOWICZ, T.; FREJ, E. A. FITradeoff Based Analysis of Cultural Tourism Products Regarding Post-industrial Heritage in Czeladź Commune in Poland. Lecture Notes In Business Information Processing, [S.L.], p. 1-19, 2021. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-91768-5_1.

- DA SILVA, A. L. C. L.; COSTA, A. P. C. S. FITradeoff Decision Support System: an exploratory study with neuroscience tools. *Information Systems And Neuroscience*, [S.L.], p. 365-372, 24 out. 2019. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-28144-1_40.
- DA SILVA, A. L. C. de L.; COSTA, A. P. C. S.; De ALMEIDA, A. T. Exploring cognitive aspects of FITradeoff method using neuroscience tools. *Annals of Operations Research*, 1-23, 2021.
- DA SILVA, C. E. B.; FERREIRA, R. J. P.; DAHER, S. de F. D. Multicriteria Model for Key Performance Indicators Selection Applied in a Transportation Company. 2021 Ieee International Conference On Systems, Man, And Cybernetics (Smc), [S.L.], v. 434, n. 434, p. 4343-4343, 17 out. 2021. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/smc52423.2021.9659300>.
- DE ALMEIDA, A. T.; FREJ, E. A.; ROSELLI, L. R. P. Combining holistic and decomposition paradigms in preference modeling with the flexibility of FITradeoff. *Central European Journal of Operations Research*, 29(1): 7-47, 2021.
- DE ALMEIDA, A. T.; ROSELLI, L. R. P. NeuroIS to improve the FITradeoff decision-making process and decision support system. In: *NeuroIS Retreat*, Springer, 111-120, 2020.
- DE ALMEIDA, A. T.; ROSELLI, L. R. P. Visualization for Decision Support in FITradeoff Method: exploring its evaluation with cognitive neuroscience. *Lecture Notes In Business Information Processing*, [S.L.], p. 61-73, 2017. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-57487-5_5.
- DE ALMEIDA, A.T. e et al. A New Method for Elicitation of Criteria Weights in Additive Models: Flexible and Interactive Tradeoff. *European Journal of Operational Research*, 250(1): 179-191, 2016.
- DE ALMEIDA, A.T. e et al. Multicriteria and Multi-objective Models for Risk, Reliability and Maintenance Decision Analysis. *International Series in Operations Research & Management Science*. 231. New York: Springer, 2015.
- DE ALMEIDA, A.T.; Processo de Decisão nas Organizações: Construindo Modelos de Decisão Multicritério, 1a Edição. São Paulo: Editora Atlas, 2013.
- DE ALMEIDA-FILHO, A.T.; de Almeida, A.T.; Costa, A.P.C.S. A flexible elicitation procedure for additive model scale constants. *Ann Oper Res* 259, 65–83 (2017). <https://doi.org/10.1007/s10479-017-2519-y>.
- DE ANDRADE, F. S. e et al. Multicriteria Analysis for Strategic Risk Mitigation in the Federal Police of Brazil. *Proceedings Of The 29Th European Safety And Reliability Conference (Esrel)*, [S.L.], 2019. Research Publishing Services. http://dx.doi.org/10.3850/978-981-11-2724-3_0650-cd.
- DE ARAUJO, Y. P. G. e et al. Uso do método FITradeoff para seleção de fornecedores em um processo licitatório com base na modalidade pregão. In: *ANAIS DO SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL*, 2022, Juiz de Fora. Anais eletrônicos... Campinas, Galoá, 2022.

DE LACERDA, N. L. B.; DOS SANTOS, J. B. S.; MARTINS, C. L. MCDM Model for Natural Gas Pressure Reducing Station Site Selection. *International Journal Of Decision Support System Technology*, [S.L.], v. 13, n. 1, p. 67-84, jan. 2021. IGI Global. <http://dx.doi.org/10.4018/ijdsst.2021010104>.

DE MACEDO, P. P.; MOTA, C. M. de M.; SOLA, A. V. H. Meeting the Brazilian Energy Efficiency Law: a flexible and interactive multicriteria proposal to replace non-efficient motors. *Sustainable Cities And Society*, [S.L.], v. 41, p. 822-832, ago. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2018.06.020>.

DELL'OVO, M. e et al. Multicriteria Decision Making for Healthcare Facilities Location with Visualization Based on FITradeoff Method. *Lecture Notes In Business Information Processing*, [S.L.], p. 32-44, 2017. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-57487-5_3.

DELL'OVO, M.; FREJ, E. A.; OPPIO, A.; CAPOLONGO, S.; MORAIS, D. C.; DE ALMEIDA, A. T. FITradeoff method for the location of healthcare facilities based on multiple stakeholders' preferences. In *International Conference on Group Decision and Negotiation*. Springer, 97-112, 2018.

DOS SANTOS, I. M. e et al. A Supplier Selection Model for a Wholesaler and Retailer Company Based on FITradeoff Multicriteria Method. *Mathematical Problems In Engineering*, [S.L.], v. 2020, p. 1-14, 15 out. 2020. Hindawi Limited. <http://dx.doi.org/10.1155/2020/8796282>.

DOS SANTOS, L.A. e et al. Model to support intervention prioritization for the control of *Aedes aegypti* in Brazil: a multi-criteria approach. *BMC Public Health* 22, 932 (2022). <https://doi.org/10.1186/s12889-022-13006-1>.

EDWARDS, W.; BARRON, F. H. SMARTS and SMARTER: Improved simple methods for multiattribute utility measurement. *Organizational behavior and human decision processes*, 60(3), 306-325, 1994.

ESMERALDO, L.; BELDERRAIN, M.C.N. (2010). Métodos de Estruturação de Problemas SODA Strategic Options Development and Analysis e VFT–Value Focused Thinking em Métodos Multicritério de Apoio à Decisão (AMD). In: *Anais do XVI ENCITA*, s.p. São José dos Campos. ITA.

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 (5): 397-409, 2001.

FERNANDES, C. H. de A. e et al;. Multicriteria Model Proposition to Support the Management of Systems of E-Waste Collection. *Logistics*, [S.L.], v. 5, n. 3, p. 60, 3 set. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/logistics5030060>.

FERREIRA, D. V.; GUSMÃO, A. P. H. Maturity Assessment in the Context of Industry 4.0 - an Application Using FITradeoff Method in a Textile Industry. *Decision Support Systems XII: Decision Support Addressing Modern Industry, Business, and Societal Needs*, [S.L.], p. 151-163, 2022. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-031-06530-9_12.

FIGUEIRA, J., GRECO, S., EHRGOTT, M. (eds). Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys. Berlin: Springer, 2005.

FOSSILE, D. K. e et al. Selecting the Most Viable Renewable Energy Source for Brazilian Ports Using the FITradeoff method. *Journal of Cleaner Production*, 107-121, 2020.

FRAZÃO, T.D.C. e et al. Priority setting in the Brazilian emergency medical service: a multi-criteria decision analysis (MCDA). *BMC Med Inform Decis Mak* 21, 151 (2021).
<https://doi.org/10.1186/s12911-021-01503-z>

FREJ, E. A. e et al. A Multicriteria Decision Model for Supplier Selection in a Food Industry Based on FITradeoff Method. *Mathematical Problems In Engineering*, [S.L.], v. 2017, p. 1-9, 2017. Hindawi Limited. <http://dx.doi.org/10.1155/2017/4541914>.

FREJ, E. A.; DE ALMEIDA, A. T.; COSTA, A. P. C. S. Using data visualization for ranking alternatives with partial information and interactive tradeoff elicitation. *Operational Research*, v. 19, p. 1-22, 2019.

FREJ, E. A.; DE ALMEIDA, A. T.; MORAIS, D. C. Using FITradeoff for Supporting a Decision Process of a Multicriteria Decision Problem. *International Series In Operations Research & Management Science*, [S.L.], p. 257-280, 23 dez. 2018. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-99304-1_9.

FREJ, E. A.; DE ALMEIDA, A. T.; ROSELLI, L. R. P. Solving Multicriteria Group Decision-Making (MCGDM) Problems Based on Ranking with Partial Information. *Lecture Notes In Business Information Processing*, [S.L.], p. 3-16, 2019. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-21711-2_1.

FREJ, E. A.; EKEL, P.; DE ALMEIDA, A. T. A benefit-to-cost ratio based approach for portfolio selection under multiple criteria with incomplete preference information. *Information Sciences*, 545: 487-498, 2021.

FREJ, E. A.; MORAIS, D. C.; DE ALMEIDA, A. T. Negotiation Support Through Interactive Dominance Relationship Specification. *Group Decision And Negotiation*, [S.L.], v. 31, n. 3, p. 591-620, 13 out. 2021. Springer Science and Business Media LLC.
<http://dx.doi.org/10.1007/s10726-021-09761-y>.

GROOTHUIS-OUDSHOORN, C. G. M.; BROEKHUIZEN, H.; VAN TIL, J. Dealing with uncertainty in the analysis and reporting of MCDA. In: *Multi-Criteria Decision Analysis to Support Healthcare Decisions*. Springer, 67-85, 2018.

GUARNIERI, P. Síntese dos Principais Critérios, Métodos e Subproblemas da Seleção de Fornecedores Multicritério. *Revista de Administração Contemporânea*, [S.L.], v. 19, n. 1, p. 1-25, fev. 2015. Fap UNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1982-7849rac20151109>.

GUSMAO, A. P. H.; MEDEIROS, C. P. A model for selecting a strategic information system using the FITradeoff. *Mathematical Problems in Engineering*, 2016.

KANG, T. H. A.; FREJ, E. A.; De ALMEIDA, A. T. Flexible and interactive tradeoff elicitation for multicriteria sorting problems. *Asia-Pacific Journal of Operational Research*, 37(05): 2050020, 2020.

KANG, T. H. A.; JUNIOR, A. M. C. S.; DE ALMEIDA, A. T. Evaluating electric power generation technologies: A multicriteria analysis based on the FITradeoff method. *Energy*, 165 (B): 10-20, 2018.

KEENEY, R. L. *Value-Focused Thinking: A Path to Creative Decision making*. Cambridge, MA Harvard, 1992.

KEENEY, R.L., RAIFFA, H. *Decision making with multiple objectives, preferences, and value tradeoffs*. Nova York: Wiley, 1976.

KEENEY, R.L.; MCDANIELS, T.L. (1999). Identifying and Structuring Values to Guide Integrated Resource Planning at BC Gas. *Operations Research*, Vol. 47. No. 5. pp, 651- 662.

LIMA, E. S.; VIEGAS, R. A.; COSTA, A. P. C. S. A multicriteria method based approach to the BPMM selection problem. 2017 Ieee International Conference On Systems, Man, And Cybernetics (Smc), [S.L.], out. 2017. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/smc.2017.8123144>.

MARQUES, A. C.; FREJ, E. A.; DE ALMEIDA, A. T. Multicriteria decision support for project portfolio selection with the FITradeoff method. *Omega*, [S.L.], v. 111, p. 102661, set. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.omega.2022.102661>.

MARTINS, M. A. e et al. Multicriteria Model Based on FITradeoff Method for Prioritizing Sections of Brazilian Roads by Criticality. *Mathematical Problems in Engineering*, 2020.

MELO, J. M. L. V.; MARTINS A. M.; BULAWSKI C. M. As Vantagens e Desvantagens do Pregão Eletrônico na Administração Pública. *Âmbito Jurídico*, v. 200, set. 2020. Mensal. Disponível em: <https://ambitojuridico.com.br/cadernos/direito-administrativo/as-vantagens-e-desvantagens-do-pregao-eletronico-na-administracao-publica/>. Acesso em: 08 fev. 2022.

MENDES, J. A. J. e et al. EVALUATION OF FLEXIBLE AND INTERACTIVE TRADEOFF METHOD BASED ON NUMERICAL SIMULATION EXPERIMENTS. *Pesquisa Operacional*, [S.L.], 2020. Fap UNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0101-7438.2020.040.00231191>.

MONDADORI, J. A. P. e et al. Manufacturing Execution System Selection by Use of Multicriteria Partial Information Method. *Lecture Notes In Business Information Processing*, [S.L.], p. 87-99, 2021. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-91768-5_6.

MONTE, M.B.; MORAIS, D.C. Um Modelo de Decisão para Identificação e Resolução de Problemas em um Sistema Urbano de Abastecimento de Água. *Gestão de Recursos Hídricos* 33 , 4835–4848 (2019).

MORAIS, D. C. e et al. Group Decision Process for Evaluating a Mango Variety to Be Planted in New Agricultural Farms. *Collective Decisions: Theory, Algorithms And Decision Support Systems*, [S.L.], p. 247-264, 14 out. 2021. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-84997-9_11

NARULA, S. C. e et al. A reference neighborhood interactive method for solving a class of multiple criteria decision analysis problem. *IFAC Proceedings Volumes*, 37(19), 131-137, 2004.

NETO G. M. P. e et al. An Analysis of Social Sustainability Indicators Using FITradeoff Multicriteria Decision Method. *2021 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, 2021, pp. 457-461, doi: 10.1109/IEEM50564.2021.9672814.

OLIVEIRA, J. R. de e et al.; Multidimensional sorting framework of cities regarding the concept of sustainable and smart cities with an application to Brazilian capitals. *Sustainable Cities And Society*, [S.L.], v. 74, p. 103193, nov. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2021.103193>.

PERGHER, I. e et al. Integrating simulation and FITradeoff method for scheduling rules selection in job-shop production systems. *International Journal Of Production Economics*, [S.L.], v. 227, p. 107669, set. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107669>.

PESSOA, M.E.B.T., Roselli, L.R.P.; DE Almeida, A.T. Using the FITradeoff Decision Support System to Support a Brazilian Compliance Organization Program. *Inf Syst Front* (2022). <https://doi.org/10.1007/s10796-022-10290-5>.

POLETO, T. e et al., Integrating value-focused thinking and FITradeoff to support information technology outsourcing decision, *Management Decision* , Vol. 58 No. 11, pp. 2279-2304, 2020. <https://doi.org/10.1108/MD-09-2019-1293>.

POLMEROL, J-C, BARBA-ROMERO, S. *Multicriterion Decision in Management: Principles and Practice*, Holanda, Kluwer, 2000.

RIBEIRO, M. L. S. e et al. Using the FITradeoff method to solve a shopping mall location problem in the northeastern countryside of Brazil. *Control And Cybernetics*, [S.L.], v. 50, n. 1, p. 109-126, 1 mar. 2021. Walter de Gruyter GmbH. <http://dx.doi.org/10.2478/candc-2021-0007>.

RODRIGUES, L. V. S. e et al. Using FITradeoff in a ranking problem for supplier selection under TBL performance evaluation: An application in the textile sector. *Production*, 30, e20190032, 2020. <https://doi.org/10.1590/0103-6513.20190032>.

RODRIGUEZ, J. M. M. e et al. A Group Decision-Making Model for Supplier Selection: the case of a colombian agricultural research company. *Decision Support Systems VIII: Sustainable Data-Driven and Evidence-Based Decision Support*, [S.L.], p. 132-141, 2018. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-90315-6_11.

RODRIGUEZ, J. M. M. e et al. Decision-making in the purchase of equipment in agricultural research laboratories: a multiple-criteria approach under partial information. *Decision Science Letters*, [S.L.], v. 10, n. 4, p. 451-462, 2021. Growing Science. <http://dx.doi.org/10.5267/j.dsl.2021.7.004>.

ROSELLI, L. R. P.; DE ALMEIDA, A. T. Using FITradeoff Method for Supply Selection with Decomposition and Holistic Evaluations for Preference Modelling. *Lecture Notes In*

Business Information Processing, [S.L.], p. 18-29, 2021. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-73976-8_2.

ROSELLI, L. R. P.; DE ALMEIDA, A. T. Neuroscience Behavioral Studies for Modulation of the FITradeoff Method. Group Decision and Negotiation: Methodological and Practical Issues, [S.L.], p. 44-58, 2022. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-031-07996-2_4.

ROSELLI, L. R. P.; DE ALMEIDA, A. T.; FREJ, E. A. Decision neuroscience for improving data visualization of decision support in the FITradeoff method. Operational Research, 19(4): 933-953, 2019.

ROSELLI, L. R. P.; FREJ, E. A.; DE ALMEIDA, A. T. Neuroscience Experiment for Graphical Visualization in the FITradeoff Decision Support System. Lecture Notes In Business Information Processing, [S.L.], p. 56-69, 2018. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-92874-6_5.

ROY, B. Multicriteria methodology for decision aiding. Berlim: Kluwer Academic Publishers, 1996.

SAATY T. L. How to make a decision: the analytic hierarchy process. European Journal of Operational Research, vol. 1, pp. 19–43, 1990.

SANTO P.P.P.E., FREJ E.A., DE ALMEIDA A.T. Improving the Elicitation Process for Intra-criterion Evaluation in the FITradeoff Method. In: Innovation for Systems Information and Decision. Lecture Notes in Business Information Processing, vol 435. Springer, Cham, 2021.

SILVA L. C. e et al. 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, doi: 10.1109/SMC.2019.8914307.

SIMON, H.A. The New Science of Management Decision. Nova York: Harper & Row Publishers, 1960.

VIEIRA, M. J. L. e et al. Incorporating Hierarchical Criteria Structure in the FITradeoff Method. Lecture Notes In Business Information Processing, [S.L.], p. 100-118, 2021. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-91768-5_7.

WEBER, M.; BORCHERDING, K. Behavioral influences on weight judgments in multiattribute decision making. European Journal of Operational Research, 67(1), 1-12, 1993.

XIA, W.; WU, Z. Supplier selection with multiple criteria in volume discount environments. Omega, 35(5): 494-504, 2007.