



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

PAOLLA POLLA PONTES DO ESPÍRITO SANTO

**ELICITAÇÃO DE PREFERÊNCIAS COM INFORMAÇÃO PARCIAL PARA
AVALIAÇÃO INTRACRITÉRIO NO MÉTODO FITRADEOFF**

Recife

2022

PAOLLA POLLA PONTES DO ESPÍRITO SANTO

**ELICITAÇÃO DE PREFERÊNCIAS COM INFORMAÇÃO PARCIAL PARA
AVALIAÇÃO INTRACRITÉRIO NO MÉTODO FITRADEOFF**

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

Área de Concentração: Gerência da Produção.

Orientadora: Profa. Dra. Eduarda Asfora Frej.

Co-orientador: Prof. Dr. Adiel Teixeira de Almeida.

Recife

2022

Catálogo na fonte
Sandra Maria Neri Santiago, CRB-4 / 1267

E77e Espírito Santo, Paolla Polla Pontes do.
Elicitação de preferências com informação parcial para avaliação intracritério no Método Fitradeoff / Paolla Polla Pontes do Espírito Santo. – 2022.
87 f.: il., figs., tabs.

Orientadora: Profa. Dra. Eduarda Asfora Frej.
Coorientador: Prof. Dr. Adiel Teixeira de Almeida.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Recife, 2022.
Inclui referências.

1. Engenharia de produção. 2. Avaliação intracritério. 3. Informações parciais. 4. Método da bisseção. 5. FITradeoff. I. Frej, Eduarda Asfora (Orientadora). II. Almeida, Adiel Teixeira de (Coorientador). III. Título.

UFPE

658.5 CDD (22. ed.) BCTG/2022-114

PAOLLA POLLA PONTES DO ESPÍRITO SANTO

**ELICITAÇÃO DE PREFERÊNCIAS COM INFORMAÇÃO PARCIAL PARA
AVALIAÇÃO INTRACRITÉRIO NO MÉTODO FITRADEOFF**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção. Área de concentração: Gerência da Produção.

Aprovada em: 24/02/2022.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Eduarda Asfora Frej (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Lucia Reis Peixoto Roselli (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Mischel Carmen Neyra Belderrain (Examinador Externo)
Instituto Tecnológico de Aeronáutica

AGRADECIMENTOS

Agradeço a CAPES pelo apoio financeiro concedido para desenvolvimento desta pesquisa.

Agradeço a Eduarda Asfora Frej e Adiel Teixeira de Almeida pelo acompanhamento e coordenação prestados ao longo do curso, no desenvolvimento de projetos e nesta pesquisa.

Agradeço aos companheiros de laboratório, especialmente aos amigos de caminhada, Manoel Ribeiro pela doação e liderança, Larissa Barcellos pelo suporte e energia, Lucas Alencar pelo apoio e incentivo.

Este passo, como todos em minha vida, dedico aos meus pais. Sempre.

RESUMO

Atualmente, um dos principais desafios das organizações é o de serem resilientes a contextos dinâmicos, fazendo com que decisores realizem processos decisórios diariamente. A tomada de decisão é um processo cognitivo essencial ao ser humano e com o avanço de estudos na área, diferentes modelos têm surgido para auxiliar na interpretação de problemas de decisão, onde uma das mais recentes melhorias nos métodos multicritério de apoio à decisão trata do uso de informações parciais sobre os julgamentos de preferências do decisor no momento da elicitación. Todavia, na tentativa de simplificação do procedimento de elicitación, diversos métodos simplificam essa avaliação considerando somente formas lineares para as funções valor de critérios, na etapa de avaliação intracritério. Desta forma, o presente trabalho desenvolveu um procedimento flexível e interativo de elicitación de preferências para a etapa de avaliação intracritério no método FITradeoff, sendo este um método de racionalidade compensatória no escopo da Teoria do Valor Multiatributo (MAVT), a fim de obter a forma das funções valor marginal, ao invés de utilizar funções analíticas prontas. Para executar a proposta de melhoramento metodológico, foi apresentada uma adaptação ao método da bisseção, para que o procedimento suportasse informações parciais e relações de preferência estrita. Ao final, foi ilustrado um problema de priorização de ordens de serviço em uma oficina mecânica, chegando a um ranqueamento das atividades para que os recursos disponíveis fossem melhor aproveitados. Assim, a nova abordagem proposta para elicitación de 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. As principais considerações sobre os benefícios da melhoria proposta ao método são discutidas, bem como sugestões para estudos futuros são elencados.

Palavras-chave: avaliação intracritério; informações parciais; método da bisseção; FITradeoff.

ABSTRACT

One of the main challenges for organizations is to be resilient to dynamic contexts, making decision-makers carry out decision-making processes daily. Decision making is an essential cognitive process for human beings and with the advancement of studies in the area, different models have emerged to assist in the interpretation of decision problems, where one of the most recent improvements in multicriteria decision support methods deals with the use of partial information about the decision maker's preference judgments at the time of elicitation. However, in an attempt to simplify the elicitation procedure, several methods simplify this evaluation considering only linear forms for the criteria value functions, in the intra-criteria evaluation stage. In this way, the present work developed a flexible and interactive procedure for eliciting preferences for the intra-criteria evaluation step in the FITradeoff method, which is a method of compensatory rationality in the scope of the Multiattribute Theory of Value (MAVT), to obtain the form of marginal value functions, instead of using ready-made analytic functions. To carry out the proposed methodological improvement, an adaptation to the bisection method was presented, so that the procedure could support partial information and strict preference relationships. At the end, a problem of prioritizing work orders in a mechanic shop was illustrated, reaching a ranking of activities so that the available resources could be better used. Thus, the new approach proposed to elicit criteria value functions, in the intra-criteria evaluation stage, performed well, allowing their behaviors to be extracted and providing one more resource to the FITradeoff method. The main considerations about the benefits of the proposed improvement to the method are discussed, as well as suggestions for future studies are listed.

Keywords: intra-criteria evaluation; partial information; bisection method; FITradeoff.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1-Função valor monotonicamente crescente de critério..... | 37 |
| Figura 2- Fluxograma do macro processo de avaliação para o procedimento de elicitação intracritério..... | 39 |
| Figura 3- Etapas do Estágio 1 para o procedimento de elicitação intracritério..... | 41 |
| Figura 4-Gráfico com séries para o ponto $X_{0,5}$ | 43 |
| Figura 5- Gráfico com séries para o ponto $X_{0,25}$ | 44 |
| Figura 6-Exemplo de gráfico final com comportamento para critério C_i | 45 |
| Figura 7- Framework para modelagem e estruturação de problema. | 51 |
| Figura 8- Região de input dos dados e menu Intracritério. | 56 |
| Figura 9- Interface da região de elicitação intracritério. | 57 |
| Figura 10-Perguntas da região de elicitação intracritério..... | 58 |
| Figura 11- Primeira pergunta do ponto x0, 5 para critério "Horas totais de serviço"..... | 60 |
| Figura 12- Exibições gráficas para o ponto $x_{0,5}$ | 61 |
| Figura 13- Primeira pergunta do ponto x0, 25 para critério "Horas totais de serviço"..... | 62 |
| Figura 14- Gráfico de séries para o ponto x0, 25 | 63 |
| Figura 15- Primeira pergunta do ponto x0, 75 para critério " Horas totais de serviço "..... | 63 |
| Figura 16- Gráfico de séries para o ponto x0, 75 | 64 |
| Figura 17- Forma final da função valor para o critério “Horas totais de serviço”. | 65 |
| Figura 18- Terceira pergunta do ponto x0, 5 para critério " Número de OS finalizadas "..... | 66 |
| Figura 19- Gráfico de séries para o ponto $x_{0,5}$ | 67 |
| Figura 20- Primeira pergunta do ponto x0, 25 para critério " Número de OS finalizadas"..... | 67 |
| Figura 21- Gráfico de séries para o ponto x0, 25 | 68 |
| Figura 22- Primeira pergunta do ponto $x_{0,75}$ para critério " Número de OS finalizadas". | 69 |
| Figura 23- Forma final da função valor para o critério “Número de OS finalizadas”. | 70 |
| Figura 24- Forma final da função valor para o critério “Custo médio por tipo de serviço”..... | 71 |
| Figura 25- Interface de confirmação para finalizar avaliação intracritério. | 72 |
| Figura 26- Ordenação das constantes de escala dos critérios..... | 73 |
| Figura 27- Segunda pergunta da elicitação flexível. | 74 |
| Figura 28- Solução final fornecida pelo SAD web..... | 75 |
| Figura 29- Resultado final da Análise de sensibilidade- Módulo de ordenação. | 76 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1- Procedimentos de normalização..... | 21 |
| Tabela 2- Funções analíticas utilizadas no SAD FITradeoff..... | 35 |
| Tabela 3- Consequências reais para o critério C_i | 47 |
| Tabela 4- Consequências normalizadas para o critério C_i | 48 |
| Tabela 5- Estabelecimento dos critérios do problema..... | 52 |
| Tabela 6- Matriz de consequências do problema. | 54 |

SUMÁRIO

| | | |
|--------------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 11 |
| 1.1 | JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA..... | 13 |
| 1.2 | OBJETIVOS DO TRABALHO..... | 14 |
| 1.2.1 | Objetivo geral..... | 15 |
| 1.2.2 | Objetivos específicos..... | 15 |
| 1.3 | ESTRUTURA DO TRABALHO..... | 15 |
| 2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO DA LITERATURA..... | 17 |
| 2.1 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA..... | 17 |
| 2.1.1 | Métodos multicritério de apoio à decisão | 17 |
| 2.1.2 | Teoria do valor multiatributo e elicitação com uso de informação parcial | 19 |
| 2.1.3 | Procedimentos de normalização para função valor linear..... | 20 |
| 2.1.4 | Avaliação intracritério em modelos aditivos..... | 22 |
| 2.1.4.1 | Definição de função valor marginal..... | 23 |
| 2.1.4.2 | Construção de escala qualitativa de valor e avaliação direta de alternativas..... | 24 |
| 2.1.5 | Método FITradeoff..... | 24 |
| 2.2 | REVISÃO DA LITERATURA..... | 27 |
| 2.2.1 | Utilizando o método da bisseção em procedimentos iterativos..... | 27 |
| 2.2.2 | Utilização de informações parciais na etapa de avaliação intracritério..... | 29 |
| 2.2.3 | Utilização do método FITradeoff em aplicações práticas..... | 30 |
| 2.3 | SÍNTESE DO ESTADO DA ARTE E POSICIONAMENTO DESTE TRABALHO..... | 33 |
| 3 | PROCEDIMENTO PARA ELICITAÇÃO DE PREFERÊNCIAS PARA AVALIAÇÃO INTRACRITÉRIO NO MÉTODO FITRADEOFF..... | 34 |
| 3.1 | AVALIAÇÃO INTRACRITÉRIO COM BASE EM FUNÇÕES ANALÍTICAS..... | 34 |
| 3.1.1 | Método da bisseção..... | 36 |
| 3.2 | NOVO PROCEDIMENTO PARA AVALIAÇÃO INTRACRITÉRIO COM BASE EM INFORMAÇÃO PARCIAL..... | 38 |
| 3.2.1 | Processo de elicitação intracritério..... | 39 |

| | | |
|--------------|--|-----------|
| 3.2.1.1 | Estágio 1- Introdução dos dados e início da elicitação intracritério..... | 40 |
| 3.2.1.2 | Estágio 2- Determinação dos pontos médios e obtenção da função valor marginal..... | 43 |
| 3.2.1.3 | Estágio 3- Interpolação linear para normalização de consequências..... | 46 |
| 4 | APLICAÇÃO PRÁTICA: PRIORIZAÇÃO NO ATENDIMENTO DE ORDENS DE SERVIÇO EM UMA OFICINA MECÂNICA DE UMA CONCESSIONÁRIA DE VEÍCULOS..... | 49 |
| 4.1 | DESCRIÇÃO DO PROBLEMA..... | 49 |
| 4.1.1 | Modelagem do problema..... | 50 |
| 4.2 | ELICITAÇÃO DE PREFERÊNCIAS PARA AVALIAÇÃO INTRACRITÉRIO..... | 55 |
| 4.3 | AVALIAÇÃO INTRACRITÉRIO, ELABORAÇÃO DE RECOMENDAÇÃO E ANÁLISE DE SENSIBILIDADE..... | 72 |
| 4.4 | ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS..... | 77 |
| 5 | CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS..... | 79 |
| 5.1 | CONCLUSÕES..... | 79 |
| 5.2 | SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS..... | 81 |
| | REFERÊNCIAS | 83 |

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, um dos principais desafios das organizações é de serem resilientes a contextos dinâmicos. Estes que requerem significativamente o desenvolvimento de decisões estratégicas para atender objetivos e manter modelos de negócios (SLACK et al., 2009; POLETO et al., 2020). E por ser a tomada de decisão um processo cognitivo essencial ao ser humano, com o avanço de estudos na área, diferentes modelos têm surgido para auxiliar na interpretação de problemas de decisão multicritério.

Problemas de decisão multicritério consistem em uma situação, em que há pelo menos duas alternativas de ação para se escolher, sendo esta conduzida pelo desejo de se atender múltiplos objetivos de forma simultânea. Estes objetivos estão associados às consequências da escolha por determinada alternativa, representados por critérios de interesse, com base em cada objetivo (De ALMEIDA, 2013).

Modelos de abordagens tradicionais muitas vezes exigem muitas informações de preferência do decisor, tornando-os menos utilizados em aplicações reais, uma vez que é difícil especificar detalhadamente as informações necessárias, tornando maior a lacuna entre os métodos teóricos e as aplicações práticas (FREJ; EKEL; De ALMEIDA, 2021). Segundo Toubia et al. (2013) uma série de metodologias para medição de parâmetros em modelos de julgamentos de preferências vêm sendo desenvolvidos no campo de apoio à decisão, que incluem os tipos de respostas dadas na elicitación, se as questões são sequenciadas, se formas paramétricas são assumidas, dentre outros.

Desse modo, existe uma gama de procedimentos de elicitación que utilizam de diferentes ferramentas com o objetivo de alcançar as expectativas e necessidades de seus usuários. De Almeida, Geiger e Morais (2018) apresentam que uma das mais recentes melhorias nos modelos matemáticos de Métodos Multicritério de Apoio à Decisão (MCDM/A) trata do uso de informações parciais sobre os julgamentos de preferências do decisor no momento da elicitación. Uma vez que não visam estimativas de parâmetros e modelos *per se*, mas sim captam preferências com um objetivo específico, normalmente o suporte à decisão (BERTANI et al., 2020).

Dentre os três principais grupos de métodos MCDM/A, os denominados métodos de agregação aditiva consideram um modelo determinístico para obter uma função valor que represente as aspirações de decisores na avaliação de cada alternativa para cada critério do

problema analisado. Esta é obtida a partir da elicitacão de preferências na chamada etapa de avaliao intracritério (KEENEY & RAIFFA, 1976; BELTON & STEWART, 2002).

 válido ressaltar que a funo valor está associada a uma avaliao de consequências num contexto de certeza, diferentemente da Teoria da Utilidade Multiatributo onde se consideram as funoes de utilidade. Estas últimas, associadas a um contexto de incerteza, envolvendo modelagens probabilísticas. Sendo a principal distino em relao aos métodos de escopo na Teoria do Valor Multiatributo.

As funoes valor podem ser elicitadas de diferentes maneiras ao considerar as preferências do decisor. Como, por exemplo, pela construo de escalas qualitativas, por meio dos métodos da bisseo ou das diferenças, classificados como avaliaoes indiretas, ou por avaliao direta (BELTON; STEWART, 2002).

Quanto aos métodos de avaliao indireta, estes assumem que a funo valor está aumentando ou diminuindo monotonicamente ao longo da faixa de medio considerada do atributo/critério (BELTON; STEWART, 2002). Sendo a primeira etapa na definio de uma funo valor, a identificao de uma escala de atributo mensurável que esteja intimamente relacionada aos valores do decisor.  válido pontuar que o método da bisseo (KEENEY & RAIFFA, 1976; BELTON & STEWART, 2002)  usualmente utilizado tanto em situaoes que admitem funoes linearizadas quanto não-lineares, permitindo a busca de comportamentos mais verídicos às preferências do decisor.

Todavia, na tentativa de simplificao do procedimento de elicitacão, diversos métodos simplificam essa avaliao considerando somente a forma linear da funo valor para todos os critérios, obtido com base em um processo de normalizao simples. Essa simplificao introduz os chamados “erros de modelagem”, porém reduzem os denominados “erros de elicitacão” (EDWARDS & BARRON, 1994).

Em relao aos métodos de suporte  decisão, inúmeros foram desenvolvidos para oferecer abordagens estruturadas na soluço de problemas multicritério. Sendo um desses o FITradeoff (Flexible and Interactive Tradeoff) (De ALMEIDA et al., 2016; De ALMEIDA et al., 2021), que se baseia na agregao aditiva de critérios, requerendo apenas declaraoes de preferência estrita e uso informaçoes parciais.

Por se basear no procedimento de Tradeoff clássico (KEENEY & RAIFFA, 1976), o método FITradeoff lida também com funoes valor não lineares. No entanto, nenhum procedimento para elicitacão de preferências na etapa de avaliao destas funoes foi desenvolvido até o momento. Sendo utilizadas apenas funoes lineares normalizadas ou

funções analíticas não lineares prontas. Estas últimas, podendo ser declaradas como exponenciais, logísticas ou logarítmicas.

Adicionalmente, nos casos em que funções analíticas não lineares são utilizadas, valores de parâmetros devem ser fornecidos para que a normalização seja feita corretamente. E a solicitação de todas estas informações adicionais torna o uso de função não lineares, nesta etapa de avaliação, muito complexo. Uma vez que na prática, dificilmente decisores conseguem fornecer estas informações com precisão e de forma completa, o que pode tornar o procedimento demandante em termos de esforço cognitivo para o decisor.

Desta forma, o presente trabalho busca desenvolver um procedimento de elicitação de preferências para a etapa de avaliação intracritério do método FITradeoff (SANTO; FREJ; De ALMEIDA, 2021), a fim de elicitar junto ao decisor o comportamento das funções valores, ao invés de considerar valores *a priori*. As etapas executadas no método da bisseção (KEENEY; RAIFFA, 1976; BELTON; STEWART, 2002) serão utilizados como base do procedimento proposto. Entretanto, ao invés de utilizar informação completa e pontos de indiferença, como feito tradicionalmente, o procedimento de elicitação apresentado fará uso de informações parciais e *ranges* admissíveis de valores, suportadas pelo método, por intermédio do Sistema de Apoio à Decisão (SAD) FITradeoff. Ao final, uma aplicação para a solução de um problema de priorização no atendimento de ordens de serviço em uma oficina mecânica de uma concessionária de veículos ilustrará a abordagem proposta, realizando a elicitação das funções valor.

1.1 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

Em relação a procedimentos de elicitação, De Almeida et al. (2016) apresentam o conceito de elicitação flexível, abarcando um contexto construtivo de modelos de valor multicritério. A flexibilidade concede ao procedimento de elicitação a possibilidade de adaptar-se às diferentes situações e condições que podem ocorrer durante seu desenvolvimento.

Para tal, é pertinente observar o expansivo movimento no uso de informações parciais em procedimentos de elicitação para a identificação de preferências de decisores em processos de tomada de decisão. Pois, desta forma, são consideradas possibilidades como a do decisor não ser familiar a determinadas ferramentas ou que este consegue fornecer

informações e visualizar resultados mais satisfatórios e reais, quando menos demandado cognitivamente.

Outro aspecto interessante em procedimentos de elicitación, é a possibilidade de contar com um Sistema de Apoio à Decisão (SAD), uma vez que o uso eficaz da maioria das metodologias depende da disponibilidade de um *software* confiável e fácil de usar. Quando trazido para um contexto interativo, a disponibilidade em utilizar um sistema de apoio à decisão se torna de grande valia, possibilitando maior grau de autonomia aos usuários (BELTON; STEWART, 2002; CHAPMAN et al., 2018; Da SILVA, COSTA E De ALMEIDA, 2021).

Em relação ao método FITradeoff, por possuir a estrutura axiomática do Tradeoff tradicional, o método em si já admite funções valor marginais não-lineares. Restando apenas a necessidade de incorporar um processo de elicitación para determinación de melhores ajustes para o comportamento de cada critério analisado em um problema. Assim, o decisor não precisa necessariamente conhecer todas as informações sobre cada uma das funções valor, dando maior flexibilidade ao processo e exigindo menor esforço ao fornecer informações.

Posto isto, explorar o método da bisseção em um contexto com informações parciais para identificar as formas de funções valor marginal, incorpora um melhoramento metodológico ao processo flexível de elicitación de preferências, com um SAD. Este avanço permite que a proposta se beneficie de características notáveis do método FITradeoff, possibilitando maior liberdade para que o decisor expresse suas preferências em toda a modelagem.

Isto permite que cada vez mais se resolvam problemas reais e as preferências de decisores integrem os modelos desenvolvidos na literatura. Atribuindo maior veracidade às soluções aplicadas, podendo impactar em diferentes aspectos destes problemas analisados, sejam eles econômicos, sociais ou ambientais, a depender do que se deseja compreender.

1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

Nesta seção são apresentados os objetivos geral e específicos do estudo.

1.2.1 Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo geral propor um procedimento de elicitação de preferências para a etapa de avaliação intracritério do método FITradeoff com uso de informação parcial, possibilitando a inferência de funções valor de forma interativa e flexível.

1.2.2 Objetivos específicos

Para que se alcance o propósito do estudo, os seguintes objetivos específicos são estabelecidos:

- Propor uma adaptação ao método da bisseção para suportar o uso de informações parciais.
- Apresentar um procedimento metodológico de elicitação flexível para avaliação intracritério com uso de informações parciais.
- Desenvolver e implementar à versão *web* do SAD FITradeoff um modelo de programação que execute a elicitação de preferências na etapa intracritério de problemas.
- Ilustrar a aplicabilidade da metodologia proposta a partir de um problema prático de decisão multicritério.

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 conceitos-chave sobre problemas multicritério, métodos MCDM/A, avaliação intracritério em modelos aditivos, método FITradeoff, utilização do método da bisseção associado a procedimentos interativos e/ou flexíveis e sobre a etapa de avaliação intracritério no contexto de informações parciais.

O Capítulo 3 discorre sobre a proposta de um procedimento para elicitação de preferências para avaliação intracritério no método FITradeoff, apresentando um melhoramento ao utilizar informações parciais para aplicação do método da bisseção.

O capítulo 4 apresenta um problema ilustrativo de priorização no atendimento de ordens de serviço em uma oficina mecânica de uma concessionária de veículos, demonstrando a abordagem proposta para a elicitación das funções valor dos critérios considerados.

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

Este capítulo apresenta a exposição teórica de estudos que abordam temas tratados ao longo da pesquisa, tais como decisão multicritério em diferentes contextos, métodos de apoio à decisão multicritério, bem como uma contextualização sobre informações parciais e sobre o método FITradeoff. Posteriormente, será apresentado um mapeamento do estado da arte a respeito da utilização do método da bisseção em procedimentos interativos de elicitación de preferências, avaliação intracritério em modelos aditivos e uso de informações parciais na etapa de avaliação intracritério.

2.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A base conceitual utilizada para trabalho é apresentada a seguir, consistindo dos seguintes tópicos: Métodos Multicritério de Apoio à Decisão, Teoria do valor multiatributo e elicitación com uso de informação parcial, Avaliação intracritério em modelos aditivos, Método FITradeoff.

2.1.1 Métodos multicritério de apoio à decisão

O objetivo dos métodos multicritério de apoio à decisão é facilitar o aprendizado dos decisores sobre as muitas facetas de um problema, para ajudá-los a identificar uma solução preferida (BELTON; STEWART, 2002). Diversos métodos e *softwares* definem o campo de MCDM/A, sendo estes baseados em princípios diferentes, que aplicam procedimentos distintos para pontuação, ponderação e agregação, desenvolvidos especificamente para apoiar a avaliação de alternativas em termos de objetivos múltiplos e frequentemente conflitantes (MARTTUNEN; LIEDNERT; BELTON, 2017).

Belton e Stewart (2002) esclarecem que nos últimos anos as aplicações destes métodos não buscam somente a seleção de alternativas para problemas, mas sim explorar o processo de aprendizagem e apoio ao decisor. Adicionalmente, a diversidade de métodos de MCDM/A aplicados aumentou, em partes, devido a uma tendência crescente de combinar diferentes abordagens e também de integrá-los com outros modelos (MARDANI; JUSOH; ZAVADSKAS, 2015).

Os métodos MCDM/A são classificados especialmente quanto à natureza do conjunto de alternativas, sendo eles discretos ou contínuos, ou seja, se as consequências para cada critério possuem respectivamente escala natural ou construída. Quanto à sua racionalidade, podendo ser compensatórios ou não compensatórios, isto é, a racionalidade é do tipo compensatória quando são aceitos *tradeoffs* entre melhores e piores desempenhos de cada alternativa para cada critério. Enquanto em métodos não compensatórios os decisores não aceitam compensações entre estes desempenhos, sendo atribuída a noção de grau de importância à cada critério avaliado.

Outra classificação é quanto ao tipo dos métodos, onde problemas de MCDM/A se apresentam em três principais grupos distintos: os métodos de critério único de síntese (agregação aditiva), métodos de sobreclassificação (*outranking*) e métodos interativos. No primeiro grupo, destacam-se os métodos baseados no modelo aditivo determinístico, tendo escopo na Teoria do Valor Multiatributo (MAVT), e os baseados na Teoria da Utilidade Multiatributo (MAUT), incorporando aspectos probabilísticos na modelagem. Para o segundo, destacam-se as famílias de métodos ELECTRE e PROMETHEE. Quanto aos métodos interativos, estes são baseados em problemas de programação linear multiobjetivo (PLMO).

Especificamente nos métodos de agregação aditiva, segundo Marsh et al. (2016), os modelos têm a vantagem de serem fáceis de apresentar aos decisores, mas impõem uma série de restrições ao cálculo do valor global. Segundo de Almeida (2013), para se avaliar o valor global das alternativas, num problema de decisão, considera-se seu espaço de consequências, onde para cada alternativa há um vetor de consequências considerando n critérios. Assim, o modelo deve analisar cada desempenho em relação à alternativa correlata.

Assim, é possível determinar o valor relativo das estimativas de desempenho para as alternativas, ou pode-se mapeá-lo para estimar o valor de todos os desempenhos intermediários com o uso de funções valor marginais, na etapa de avaliação intracritério. O que pode ser feito considerando escalas local ou global. Groothuis- Oudshoorn, Broekhuizen e Van til (2018) explicam que o primeiro tipo significa que os melhores e piores julgamentos das alternativas nos critérios são usados como os limites superior e inferior da função valor. Enquanto, a segunda, indica que os limites superior e inferior são baseados em estimativas dos piores e melhores resultados possíveis, independentemente da performance das alternativas incluídas. A decisão entre o dimensionamento local e global não deve fazer diferença para a análise do conjunto de alternativas, mas pode impactar a capacidade da estrutura analítica de avaliar outros tratamentos (MARSH et al., 2017).

Outra questão importante em modelos aditivos é a obtenção das chamadas constantes de escala, correspondendo à avaliação intercritério do problema, visto que não se pode atribuir a noção grau de importância ao avaliar os critérios. Keeney (1996) destaca que apesar da tendência de se pensar diretamente no estabelecimento da importância dos objetivos que se quer alcançar, ao fazer isso, há uma desinformação no processo, pois se perde a oportunidade de compreender os valores do modelo. Desse modo, o requisito básico para o julgamento desses valores é que se aceite realizar *tradeoffs* a partir de informações de julgamento de preferências do decisor.

Na literatura é possível identificar uma crescente no uso de informações parciais nessas abordagens, em decorrência destas utilizarem declarações de preferência estrita, durante o processo interativo entre decisor e analista, tornando o procedimento menos desgastante e suscetível a inconsistências. Dessa forma, nota-se que é por meio dos procedimentos de elicitación que os desempenhos das alternativas são capturados, considerando as características do modelo desenvolvido e escolha do método que será aplicado.

2.1.2 Teoria do valor multiatributo e elicitación com uso de informação parcial

Dentre os vários métodos multicritério, os de agregação aditiva, baseados na Teoria do Valor Multiatributo (MAVT), se destacam por serem amplamente utilizados por sua forte base axiomática (MENDES et al., 2020). Nos métodos MAVT, as metodologias de função valor multiatributo focam diretamente em *tradeoffs*, exigindo que os decisores enfrentem problemas por vezes difíceis de expressar explicitamente as compensações aceitáveis (KEENEY; RAIFFA, 1976; BELTON; STEWART, 2002).

Montibeller e Von-Winterfeldt (2015) apresentaram que os resultados das funções valor obtidos dos decisores, a partir de procedimentos de elicitación, estão intimamente relacionados às respostas dadas e operacionalização das técnicas utilizadas. Logo, as funções e parâmetros obtidos incorporam preferências reais, caso contrário, não serão capazes de captar os desejos e comportamentos das declarações, expressando soluções indesejáveis.

Quando as faixas de cada critério são identificadas, funções valor parcial são desenvolvidas para especificar a relação entre as mudanças ao longo dessas faixas de desempenho e a pontuação que será inserida no MCDM/A. Se uma função linear define essa relação, a especificação da função valor parcial é direta. Se essa função for não linear, há uma

gama de métodos que podem apoiar a elicitação dessas, por exemplo, uma função valor marginal pode ser desenvolvida aplicando o método da bisseção (MARSH et al., 2017).

Um dos principais procedimentos para elicitação de constantes de escala de critérios em modelos aditivos é o procedimento de Tradeoff tradicional, desenvolvido por Keeney e Raiffa (1976), considerado o de base teórica mais sólida também por incorporar o uso de funções valor intracritério não-linear (MENDES et al., 2020). Os autores apresentam que apesar das vantagens do procedimento de Tradeoff, o mesmo passou a ser menos utilizado, uma vez que requer informações completas do decisor para identificar o ponto exato de indiferença entre duas consequências. Afirmando também que métodos de informação completa requerem que o decisor tenha uma estrutura de preferências estável, bem definida, tornando o processo cognitivamente exigente por demandar muita precisão, tempo e esforço. E conseqüentemente levando a altas taxas de inconsistência.

A fim de reduzir o esforço cognitivo durante a elicitação das constantes de escala, diversos métodos de informações parciais vêm sendo desenvolvidos. Estes dão especial apoio em situações onde o decisor se julga impossibilitado de especificar suas preferências com a quantidade de informações exigidas. Adicionalmente, o uso de informação incompleta possibilita que o processo gradual de construção do modelo seja elucidado em sua forma mais atual, em relação às preferências que mudam permanentemente através do aprendizado ao longo da elicitação.

2.1.3 Procedimento de normalização para função valor linear

A avaliação intracritério consiste na avaliação de cada alternativa i para cada critério j , levando à uma função valor $V_j(a_i)$. Esta representa a forma de avaliação das consequências em cada critério, sendo muito comum o uso de funções lineares. E sua construção para cada elemento é baseada na avaliação das consequências (*payoffs*) a serem obtidas (De ALMEIDA, 2013).

Como parte dessa construção, são feitas transformações de escala para que se trabalhem os critérios em uma única escala de medida. De Almeida (2013) apresenta que a transformação na escala de avaliação é o principal motivador dos estudos de procedimentos de normalização serem comuns em multicritério. Uma vez que consistem na transformação de valores de consequências, em cada critério, em valores de uma escala, geralmente de 0 a 1, assumindo uma função linear em relação à esta escala.

Alguns dos procedimentos de transformação de escala comumente aplicados, a considerar o contexto de avaliação de preferência do problema multicritério em construção, são apresentados na Tabela 1. É importante salientar que algumas características são esperadas para que estas representações sejam consideradas adequadas: (a) a função valor representa a avaliação de cada alternativa em relação a cada critério, (b) todos os valores de $V_j(a_i)$ maiores que 0, com $V'_j(a_i)$ variando entre 0 e 1.

Tabela 1- Procedimentos de normalização.

| Tipo | Transformação da escala | Características |
|-------------------|---|--|
| 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 Max-Min. 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 máximo de $V_j(a_i)$. Indicando a distância para a alternativa líder. |
| 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 $\sum_i V_j(a_i)$. Neste, a proporcionalidade é mantida. |

Fonte: De Almeida (2013)

Porém, deve-se efetuar a avaliação intracritério verificando se há algum critério que não seja linear, o que poderá exigir cuidados adicionais para que o modelo possa representar de forma adequada a função $V_j(a_i)$ (De ALMEIDA, 2013). Stewart (1993) afirma que simplesmente admitir comportamentos lineares para os critérios não é suficiente para garantir boas análises. Sendo válido também modelar as não linearidades na forma de funções valor marginal.

Belton e Stewart (2002) apresentam que alguns estudos sugeriram que os resultados de alguns problemas podem ser sensíveis às suposições padrão de linearidade nos atributos, gerando erros de modelagem Assim, diversos autores chamam a atenção em relação a estas simplificações, levantando discussões em torno das vantagens e desvantagens de assumir de forma direta a linearidade das funções valor marginais em problemas multicritério, para fins de simplificação de um modelo (BELTON; STEWART, 2002; TOUBIA et al., 2013; MARSH et al., 2017).

2.1.4 Avaliação intracritério em modelos aditivos

Uma vez que a estrutura inicial do modelo e um conjunto de alternativas para avaliação tenham sido identificados, a etapa seguinte de análise consiste na obtenção de informações sobre o modelo. Iniciando pela fase de avaliação intracritério (BELTON; STEWART, 2002).

Dado um problema MCDM/A com m alternativas e n critérios, em modelos aditivos determinísticos, no escopo da Teoria do Valor Multiatributo (MAVT), calcula-se o valor global de cada alternativa a_j do conjunto de m alternativas avaliadas, por meio da Equação (2.1).

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

Desse modo, 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 . Sendo as constantes de escala normalizadas, conforme Equação (2.2), de acordo com uma escala intervalar que normalmente varia de 0 a 1.

$$\sum_{i=1}^n k_i = 1 ; k_i \geq 0 \quad (2.2)$$

Esta normalização é necessária, uma vez que diferentes escalas de valores podem ser utilizadas para mensuração dos critérios avaliados. Sendo necessário transformar estas em uma única medida. Assim, por fim, a melhor alternativa do conjunto m é aquela que apresentar o maior valor global (De ALMEIDA et al., 2016).

Para métodos do conjunto de critério único de síntese, a avaliação intracritério consiste na elicitacão da função valor marginal para cada critério, exercendo um papel determinante para os casos em que essa função não é linear. Marsh et al. (2017) complementam que estas funções são desenvolvidas para especificar a relação entre as mudanças de desempenho ao longo das escalas de cada critério.

Assim, esta etapa está fortemente relacionada com a forma como os atributos são estabelecidos, visto que o tipo (natural, construído ou *proxy*) determina em boa parte alguns aspectos da avaliação intracritério, incluindo as escalas de avaliação (De ALMEIDA, 2013).

Uma vez que os pontos de referência da escala tenham sido determinados, deve-se considerar como outras pontuações serão avaliadas. E no contexto de modelos aditivos, esta pode ser de três maneiras: (a) definição de uma função valor marginal, (b) Construção de uma escala de valor qualitativa ou (c) avaliação direta das alternativas (BELTON; STEWART, 2002).

2.1.4.1 Definição da função valor marginal

Uma função valor marginal relaciona um valor de referência ao desempenho de uma alternativa, em termos de um critério de interesse. A função valor reflete as preferências dos decisores em diferentes níveis de aspiração na escala mensurável (KEENEY; RAIFFA, 1976). Podendo ser avaliada diretamente ou por meio de avaliação indireta. A avaliação direta geralmente utiliza uma representação visual. Em relação à indireta, dois métodos de avaliação são amplamente utilizados, a saber, os métodos da bisseção e o das diferenças (BELTON; STEWART, 2002).

No método da bisseção, o decisor é solicitado a definir um ponto na escala do atributo que está a meio caminho em termos de valor entre os dois pontos finais, obtendo duas funções valor parciais lineares. Esse processo pode ser repetido várias vezes até que o decisor fique indiferente entre as partições (KEENEY; RAIFFA, 1976; BELTON; STEWART, 2002; GROOTHUIS-OUDSHOORN; BROEKHUIZEN; VAN TIL, 2018). Belton e Stewart (2002) afirmam também que geralmente com cinco pontos é possível fornecer informações suficientes que permitam ao analista esboçar as funções valor. Um maior detalhamento acerca do método será abordado no Capítulo 3.

O método das diferenças, por sua vez, pode ser visto como um conjunto de métodos ao invés de um único, onde todos exigem que o decisor considere incrementos na escala de medida de forma objetiva, relacionando-os às diferenças de valor (BELTON; STEWART, 2002). Onde, considerando um *range* possível para determinado critério, este é dividido em n diferentes subintervalos de valores e o decisor é solicitado a classificar estes em relação ao acréscimo de valor associado dessas relações. Sendo possível desenhar a direção e curvatura da função valor.

2.1.4.2 Construção de escala qualitativa de valor e avaliação direta de alternativas

Frequentemente é possível não encontrar um valor mensurável que capture integralmente o comportamento de um critério. Em tais circunstâncias, é necessário construir uma escala qualitativa, sendo necessário definir ao menos dois pontos nesta. Neste caso, o desempenho das alternativas pode ser avaliado por referência a indicadores descritivos ou escalas verbais, aos quais valores apropriados devem ser atribuídos. Estas escalas qualitativas devem ser operacionais, confiáveis, de valores relevantes e justificáveis (BELTON; STEWART, 2002; KEENEY, 1996).

No caso da avaliação direta, não se tenta definir uma escala que caracterize o desempenho independentemente das alternativas avaliadas. O decisor simplesmente especifica um número, ou identifica a posição em uma escala visual, que reflita o valor de uma alternativa em relação aos pontos de referência especificados. A classificação direta pode ser vista como a construção de uma escala de valor que define apenas os pontos finais desta, sendo usadas escalas tanto no nível global quanto local. (BELTON; STEWART, 2002). Isto é, considerando os próprios desempenhos das alternativas em relação aos critérios como pontos de máximo e mínimo da escala. Ou considerando os piores e melhores valores possíveis, independente dos desempenhos declarados.

Desta forma, a etapa de avaliação intracritério possui grande importância no processo de modelagem de problemas. E em casos onde as funções valor são não lineares, há uma série de métodos que podem apoiar a elicitación destas, interagindo diretamente com decisores para que as respectivas formas sejam extraídas. Sendo um destes o método FITradeoff, o que permite que a etapa de avaliação reflita mais fielmente as aspirações do decisor para o seu problema, sem exigir que o mesmo obrigatoriamente conheça todos os valores e parâmetros do modelo para identificar soluções finais aceitáveis.

2.1.5 Método FITradeoff

O método FITradeoff (De ALMEIDA et al., 2016; De ALMEIDA et al., 2021) é baseado no procedimento Tradeoff clássico (KEENEY & RAIFFA, 1976), sendo um método MAVT de racionalidade compensatória, isto é, admite que a baixa *performance* de uma alternativa em um critério seja compensada por um alto desempenho de outro (PERGHER et al., 2020).

Complementarmente, o método é conduzido por meio de uma etapa de avaliação intracritério, seguido de uma etapa de avaliação intercritério. Na primeira, uma função valor marginal é obtida para cada critério analisado. Enquanto a segunda fase do método corresponde à elicitación das constantes de escala consideradas no espaço de consequências do problema e ao procedimento de elicitación flexível (De ALMEIDA, 2016).

A visão de elicitación flexível considera a possibilidade de se trabalhar com comparação de consequências baseadas em relações de preferência estrita ao invés de relações de indiferença. Com menos informações necessárias, esse método também leva à economia de tempo e esforço, o que o torna atraente para situações em que os decisores não desejam desperdiçar muito tempo e esforço cognitivo no processo (De ALMEIDA, 2016; De ALMEIDA et al., 2021).

O uso de informação parcial é baseado em relações de preferência para encontrar uma solução, que na maioria dos casos pode ser alcançada ao extrair informações incompletas do decisor até dado momento do processo de elicitación, sendo estas aplicadas para resolver um Problema de Programação Linear (PPL) (De ALMEIDA et al., 2016). As problemáticas podem ser classificadas como de escolha (De ALMEIDA et al., 2016), ordenação (FREJ, De ALMEIDA; COSTA. 2019), classificação (KANG et al., 2020) e portfólio com custo-benefício (FREJ et al., 2021).

Onde, explicam de Almeida et al. (2016), o PPL referente à problemática de escolha tem como objetivo utilizar o conceito de potencial otimalidade, encontrando ao final do procedimento uma solução ótima ou conjunto de alternativas potencialmente ótimas (POAs). A problemática de ordenação utiliza o conceito de relações de dominância aos pares para encontrar um *ranking* completo ou pré-ordem das alternativas (FREJ, De ALMEIDA; COSTA. 2019).

Por sua vez, referente à problemática de classificação é possível organizar alternativas em classes, fazendo uso de valores de fronteira que limitam classes consecutivas. A regra de decisão adotada é baseada nos valores globais maximizados e minimizados declarados para uma alternativa (KANG et al., 2020). Por fim, para problemas de portfólio, os autores apresentam que as informações fornecidas ao longo da elicitación são convertidas em desigualdades, formando o espaço de pesos dos critérios, que servem como restrições para os PPL. Identificando as relações de dominância entre projetos, considerando suas relações de custo-benefício (FREJ et al., 2021).

O método é embutido em um SAD, que usa o conceito de elicitación flexível, exigindo menor esforço do decisor. A flexibilidade neste, consiste em avaliar sistematicamente a possibilidade de encontrar uma solução para o problema durante o processo de elicitación. Desse modo, o procedimento de elicitación é interrompido assim que encontrada uma solução final ou no momento em que o decisor não se dispuser mais a fornecer informações (De ALMEIDA et al., 2016; De ALMEIDA et al., 2021). O sistema de apoio FITradeoff está disponível na *web*, com acesso em: <http://www.cdsid.org.br/fitradeoff/>.

Com relação à modelagem de preferências, métodos no contexto MAVT utilizam dois paradigmas básicos: avaliação holística (JACQUET-LAGREZE; SISKOS, 1982) ou elicitación por decomposição (KEENEY & RAIFFA, 1976). Porém, o método FITradeoff possui a flexibilidade de considerar os dois paradigmas, combinando-os (De ALMEIDA et al., 2021).

Elicitaciones por decomposición geralmente são conduzidas no espaço de consequências, onde o decisor compara consequências de critérios aos pares. Entretanto, por vezes algumas dessas consequências podem ser muito improváveis, pois em geral são organizadas de forma a facilitar o processo cognitivo de elicitación, simplificando ao máximo os resultados no contexto multicritério (De ALMEIDA et al., 2021).

A elicitación por Avaliações Holísticas (AH), por sua vez, é geralmente conduzida no espaço de ação, onde, geralmente, essas avaliações holísticas são aplicadas objetivando coletar informações de modo a inferir os parâmetros de um modelo. Alternativamente, uma AH também pode ser aplicada para finalizar o processo de decisão ou adicionar mais informações ao processo de elicitación, normalmente de forma a reduzir o espaço de ação (BELTON; STEWART, 2002; De ALMEIDA et al., 2021).

Em geral, a maioria dos métodos no contexto MAVT são baseados em um desses dois paradigmas. Por outro lado, o método FITradeoff, que utiliza a elicitación por decomposição com base no procedimento de Tradeoff clássico, permite também o uso de avaliações holísticas (De ALMEIDA et al., 2021). A flexibilidade do método permite a combinação dessas duas abordagens de forma integradora, podendo-se alternar entre as duas formas de avaliação tanto do ponto de vista analítico quanto do ponto de vista do processo.

Desta forma, os autores apresentam que o decisor opta pelo tipo de avaliação que deseja realizar em cada etapa do processo decisório. Sendo a elicitación por decomposição quando performa a comparação de consequências, considerando o espaço admissível. Enquanto na avaliação holística, resultados parciais podem ser visualizados por meio de uma representação tabular e gráficas (gráficos de barra, gráfico do tipo radar e gráfico de bolhas), expressando de

diferentes formas as informações até o momento processadas. O que ampara o decisor a compreender também por meio visual o desempenho das alternativas em relação a cada critério avaliado (ROSELLI; De ALMEIDA, 2021). Sendo essencial o acompanhamento de um analista para suporte durante o processo.

Assim, isto implica que as informações de preferência obtidas pela avaliação holística e pela elicitación da decomposição são integradas ao modelo de avaliação do FITradeoff. Desta forma, a combinação dos dois paradigmas melhora o processo de modelagem de preferências, aumentando sua eficiência (De ALMEIDA et al., 2021).

2.2 REVISÃO DA LITERATURA

Esta seção aborda um mapeamento preliminar do estado da arte no que diz respeito a aplicações do método da bisseção em procedimentos interativos, utilização de informações parciais na etapa de avaliação intracritério, além de aplicações e desenvolvimento metodológico utilizando o método FITradeoff.

2.2.1 Utilizando o método da bisseção em procedimentos interativos

Na literatura de MCDM/A, em geral, a abordagem construtivista é apontada como um meio alternativo na construção de modelos de decisão. Consistindo em um processo interativo, em que o decisor interage com o analista, com o apoio de algum método e/ou ferramenta, de forma a construir uma solução para o problema enfrentado. O processo de interação busca a aprendizagem sobre preferências que sejam adequadas à solução do problema (De ALMEIDA, 2013).

Nas últimas décadas, pesquisas vêm evidenciando o anseio em compreender de forma mais real como decisores se comportam diante do não conhecimento integral dos aspectos de seus problemas multicritério, fazendo uso de informações parciais e procedimentos flexíveis de elicitación, em diferentes métodos e metodologias de decisão. Estudos da Teoria dos Prospectos e Utilidade Dependente de Rank têm utilizado informações parciais para identificar as formas da função de ponderação de probabilidade e valor da utilidade esperada.

Abordagens baseadas em problemas com sistemas dinâmicos e Teoria da utilidade também vêm explorando soluções que considerem de forma mais realística questões normalmente tratadas de modo determinístico. Alguns dos recursos explorados para

estruturação destes problemas apresentam a utilização de ferramentas analíticas e/ou estatísticas, método da bisseção - tradicional ou “melhorados” - e inferências sem a busca de equações paramétricas.

Em Adbellooui et al. (2007) o valor de utilidade e forma da função do prospecto sobre ganhos e perdas são determinados de forma não paramétrica. Por meio do método da bisseção, foram encontrados pontos médios e o processo ocorreu em quatro *steps*, até que todos os parâmetros desejados fossem encontrados. Os participantes do estudo não foram questionados diretamente sobre valores específicos que determinassem pontos de indiferença, em vez disso, cada valor foi avaliado por meio de uma série de questões de escolha binária. Assim, cada declaração feita correspondia a uma iteração do procedimento de bisseção.

Toubia et al. (2013) propõem uma metodologia dinâmica para relacionar parâmetros de tempo e risco em uma tomada de decisão. É implantado o uso de tabelas pré-computadas de perguntas de preferências possíveis a um decisor, conforme este fornece respostas. Projetando tais escolhas para otimização das informações fornecidas, enquanto aproveita a distribuição de parâmetros, capturando os desvios entre respostas.

Chapman et al. (2018) apresenta o DOSE- Experimento Sequencial Dinamicamente Otimizado- estimando os parâmetros de preferência com precisão e rapidez, ao selecionar uma sequência personalizada de perguntas simples para cada participante. O método utilizou uma estrutura paramétrica e computação rápida de atualização Bayesiana, para selecionar dinamicamente uma sequência de um conjunto de respostas. Na aplicação deste, o processo ocorre de forma interativa, atualizando o espaço de restrições do problema, até que se chegue a um número pré-determinado de perguntas ou que os parâmetros buscados sejam encontrados.

Mais recentemente, Bertani et al. (2020) identificaram valores e comportamento da função de ponderação, sendo esta, parametrizada por meio de uma família de *splines* de aproximação, que são lineares em parâmetros, mas podem retornar formas suaves não lineares. Assim, os limites admissíveis eram obtidos como a solução para problemas de otimização linear restrita. Enquanto os julgamentos do decisor foram captados por meio do método da bisseção com uso informações parciais. Um número de questões de preferência foi definido *a priori*.

Em outro estudo, Oliveira e Dias (2020) buscam elicitare as preferências de consumidores por veículos de combustíveis alternativos, por meio de abordagem baseada em

MAUT. Os autores utilizam o método da bisseção para obtenção de funções utilidade e Tradeoff para cálculo das constantes de escala dos atributos.

Em relação a estudos considerando modelos de agregação aditiva, Belton e Stewart (2002) consideravam que uma das possíveis áreas de pesquisa no campo da MCDM/A seria o da identificação dos comportamentos de funções valor marginais, uma vez que normalmente admitir a linearidade de forma direta se tratava de uma das fraquezas das modelagens realizadas. Groothuis- Oudshoorn, Broekhuizen e Van Til (2018) apontam que uma fonte estrutural de inconsistência na modelagem de problemas, no estágio de avaliação intracritério, é a forma da função valor, pois normalmente é assumida como linear.

2.2.2 Utilização de informações parciais na etapa de avaliação intracritério

Na etapa de avaliação intracritério uma função valor é determinada para cada critério, onde, por exemplo, alguns métodos consideram uma abordagem simplificada ao assumir funções valor lineares, como nos métodos SMARTS e SMARTER. Outro grupo de métodos constrói a função valor com base em comparações aos pares de várias declarações de preferência, como o processo de hierarquia analítica AHP e MACBETH (VASCONCELOS; MOTA, 2019). Ou no caso de problemas de sobreclassificação ou programação matemática multiobjetivo, tenta-se identificar limiares superiores, inferiores e/ou de veto que reflitam os interesses de um decisor, para estes valores dos atributos.

O uso de informações parciais na etapa de avaliação intercritério é amplamente difundido na literatura, ao determinar a ordenação dos critérios de um problema e seus respectivos valores. Quando contextualizada à etapa de avaliação intracritério, percebe-se que estudos vêm utilizando este tipo de declarações nas últimas décadas.

Jaszkiewicz e Slowinski (1997) apresentaram um procedimento interativo denominado *LBS-Discrete*, para análise de um problema agrícola multicritério. O procedimento é uma extensão da programação linear multiobjetivo (PLMO) *Light Beam Search*, sendo não linear para o caso discreto. A fim de garantir uma avaliação relativamente fácil ao decisor, os autores consideraram relações de preferência e informações intra e intercritério do conjunto de pontos analisados na amostra, atualizando o espaço de soluções a cada pergunta feita. A cada rodada o decisor determinava limiares superiores e inferiores do espaço, podendo não o fazer e interromper o procedimento a qualquer momento caso julgasse que novos valores não poderiam ser fornecidos.

Eum, Park e Kin (2001) forneceram um modelo de sobreclassificação estendido para estabelecer a otimização potencial de alternativas na análise de decisão multicritério. Assumindo que em problemas com informação incompleta não só os pesos dos atributos são conhecidos de forma imprecisa, mas também os valores marginais destes. Com isto, o modelo resultante passou a ser um problema de programação não-linear sendo transformado por um método para tornar-se equivalente à um problema de programação linear. Além disso, o modelo estendido pôde envolver desigualdades lineares arbitrárias que representavam informações imprecisas de peso e valores dos julgamentos de decisores. Para demonstração do método, os autores resolveram problemas presentes em outros estudos na literatura.

Lahdelma, Miettinen e Salminen (2003) descrevem o método SMAA-O. Projetado para problemas em que os pesos não são conhecidos com precisão e as informações dos critérios são parcial ou integralmente ordinais, fazendo com que os decisores classifiquem as alternativas em termos de “classificações” para alguns ou todos os critérios. Para modelar corretamente a função valor destes critérios, foram simulados mapeamentos numéricos que geravam valores cardinais estocásticos correspondentes aos valores ordinais conhecidos. Ao final, um problema de seleção de sistema de gestão de resíduos sólidos foi aplicado.

Narula et al. (2004) desenvolveram um método interativo orientado à aprendizagem para resolução de problemas MCDM/A com muitas alternativas e poucos critérios. Onde é possível que o decisor avalie de forma sucessiva pequenos conjuntos de alternativas, de forma sistemática, especificando apenas informações que desejar ou mudanças consideradas aceitáveis para valores e direção dos critérios envolvidos. Com o auxílio de um *software*, a cada iteração o decisor pode comparar grupos “vizinhos” de alternativas, ordenando-os, resolvendo uma escalarização para o problema.

2.2.3 Utilização do método FITradeoff em aplicações práticas

O método FITradeoff tem sido utilizado na resolução de diversos problemas multicritério, nos mais diferentes contextos. Bem como estudos relacionados a aperfeiçoamentos metodológicos têm sido publicados. A saber, Gusmão e Medeiros (2016) propuseram um estudo aplicado a partir de dados de uma fábrica de embalagens de vidro, para selecionar um único sistema de informação a partir de um conjunto de sistemas previamente identificados como relevantes.

Frej et al. (2017) apresentaram um modelo de decisão para resolver um problema de seleção de fornecedores em uma indústria de alimentos. Outras aplicações para seleção de fornecedores se deram em uma indústria de construção civil (Dos SANTOS et al., 2020) e no setor têxtil (RODRIGUES et al., 2020). Enquanto no estudo de Carrillo et al. (2018), os autores buscaram resolver um problema de seleção de pacotes de tecnologia agrícola para um produtor de milho, considerando as múltiplas dimensões que influenciavam suas preferências. O processo foi auxiliado pelo SAD FITradeoff, encontrando uma solução ótima.

O artigo de Kang, Junior e De Almeida (2018) propôs um modelo de decisão baseado no método FITradeoff com o objetivo de auxiliar uma tomada de decisão no contexto de planejamento energético, oito diferentes tecnologias de energia elétrica que compõem a matriz elétrica brasileira foram avaliadas em quatro dimensões. Dell'Ovo et al. (2018) realizaram uma modelagem utilizando o método FITradeoff para resolver um problema de localização de instalações de saúde em uma cidade da Itália, no contexto de decisão em grupo.

Em seu estudo, Roselli, De Almeida e Frej (2019) buscaram utilizar a neurociência para investigar como decisores avaliam a visualização gráfica no método FITradeoff a partir de um experimento neurocientífico de rastreamento ocular, intentando melhorar o sistema de apoio à decisão do FITradeoff. Além deste, outros estudos foram realizados no campo da neurociência (ROSELLI, FREJ; De ALMEIDA, 2018; De ALMEIDA; ROSELLI, 2020; DA SILVA, COSTA; De ALMEIDA, 2021).

Da Silva et al. (2019) desenvolveram um estudo que propõe a utilização do VFT com o método FITradeoff para o processo de seleção de projetos WCM em uma empresa. Como resultado, foi selecionado o projeto com maior urgência de execução. Em Martins et al. (2020), os autores apresentam um modelo para a priorização de trechos rodoviários federais do estado de Pernambuco- Brasil, com base nos níveis de criticidade e riscos enfrentados pelos usuários. Como resultado, foi possível classificar e identificar os trechos mais críticos de uma rodovia.

Uma aplicação numérica foi estabelecida usando dados realistas de um fabricante de calçados femininos em Pergher et al. (2020), com o objetivo de refletir a estrutura de preferência de um decisor nas decisões de programação da produção. O artigo considera uma abordagem de simulação de eventos discretos integrada ao método, para identificar a melhor combinação de atribuição de data de vencimento, liberação de pedido e regras de despacho da loja.

Camilo et al. (2020) buscaram determinar o protocolo de triagem mais adequado para utilizar em Unidades de Pronto Atendimento (UPA) da cidade de Natal-Brasil, diante da percepção apresentada por enfermeiras e dirigentes das unidades. Ao final, o estudo atingiu o objetivo principal. Além de observar a possibilidade de novas pesquisas. Poletto et al. (2020) propõem uma estrutura que combina a metodologia de pensamento focado em valor (VFT) e o método FITradeoff para apoiar decisões relacionadas à terceirização de tecnologia da informação (ITO). Cunha et al. (2020) abordam uma visão mais ampla do método em um problema de priorização de recursos para operações especiais na Polícia Federal brasileira, analisando dez operações policiais especiais, avaliadas em relação a quatorze critérios.

Em Fossile et al. (2020) um modelo de decisão multicritério solucionou um problema de seleção de fontes de energia, a fim de identificar qual tipo de energia renovável é mais viável para os portos brasileiros investirem. Vinte critérios foram definidos em um processo de *brainstorming* considerando princípios de gestão de sustentabilidade, literatura específica, legislação de política energética nacional e dados de projetos de energia renovável em portos.

Kang, Frej e De Almeida (2020) propuseram um novo método para resolver problemas MCMD/A de classificação de múltiplos critérios, no contexto de MAVT. A aplicação buscou resolver um problema de gerenciamento de projeto nas atividades de classificação. Ainda na área de gerenciamento de projetos, Frej, Ekel, De Almeida (2021) desenvolveram um modelo baseado em relação custo-benefício (BCR) para selecionar carteiras com informações incompletas sobre as constantes de escalonamento dos critérios, aplicado a um problema de formação de um portfólio de projetos P&D executado por uma concessionária de energia elétrica brasileira.

De Almeida, Frej e Roselli (2021) apresentaram em seu estudo um novo recurso na flexibilidade do FITradeoff, combinando e integrando dois paradigmas na modelagem de preferência: Avaliações holísticas e elicitação por decomposição. Melhorando o processo de modelagem de preferências, aumentando a eficiência e consistência do método.

Em Correa et al. (2021) os autores apresentam soluções para um problema de estação de trabalho em indústria calçadista, associando o método FITradeoff aos métodos de estruturação VFT e SODA. Concluiu-se que a combinação dos métodos foi eficaz para classificar estações de trabalho para intervenções ergonômicas.

2.3 SÍNTESE DO ESTADO DA ARTE E POSICIONAMENTO DESTE TRABALHO

Considerando que a tomada de decisão e métodos multicritério de apoio à decisão são áreas de ampla abordagem e aplicações multidisciplinares, foi realizada uma busca em bases de dados indexadas, tais como *Web of Science*, *Scopus*, *Science Direct*, para identificar trabalhos científicos que abordassem a etapa de avaliação intracritério em métodos multicritério, avaliando as metodologias e ferramentas empregadas por estes, a fim de realizar um levantamento bibliográfico que permitisse justificar a relevância da proposição trazida neste estudo.

Foram construídas expressões lógicas com os termos-chave “*Partial Information*”, “*Bisection Method*”, “*Intra-criteria evaluation*”, “*FITradeoff*”, “*MCDM*”, “*Marginal value functions*” e os conectores “*and*”, “*or*”. Onde, por meio dos resultados obtidos, foi identificado que a abordagem de melhoramento metodológico proposta atende uma necessidade que vem sendo apontada de forma crescente na literatura, em especial em problemas de critério único de síntese. Uma vez que em outros campos, pesquisas vêm sendo desenvolvidas nas últimas décadas.

Dessa forma, ao analisar o panorama percebido com o levantamento do estado da arte, fica evidente a necessidade de elicitare comportamentos mais reais para as funções valor de critérios e utilizar métodos que suportem o uso de informações parciais, ao invés de informações completas e declarações diretas de linearidade.

E possibilitar que este processo de elicitação ocorra de forma flexível e interativa utilizando um método multicritério que faz uso de informações parciais, embutido em um SAD *web*, destaca a contribuição oferecida para a literatura da área, bem como à sociedade como um todo. Possibilitando que o método *FITradeoff* seja utilizado em contextos cada vez mais complexos, ajudando decisores dos mais diferentes perfis na tomada de decisão, em aplicações reais com diferentes dimensões de impacto.

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

Em relação à etapa de avaliação intracritério, o método FITradeoff foi originalmente concebido para permitir a incorporação de funções valor não-lineares, uma vez que toda a estrutura do procedimento Tradeoff clássico é preservada. No entanto, esses valores podem não ser conhecidos com precisão ou o decisor não estar disposto a fornecê-los. Portanto, há uma oportunidade de aprimorar a etapa de avaliação intracritério do método FITradeoff, ao permitir que o decisor elicite as funções valor marginal, ao invés de especificá-las diretamente. Porém, esse processo de elicitação deve ser realizado considerando informações parciais, de forma a manter as premissas básicas do método de economia de tempo e menor esforço cognitivo.

Com base nessa motivação, o estudo propõe uma nova abordagem para aprimorar a etapa de avaliação intracritério no método FITradeoff, baseada no conhecido método da bisseção (KEENEY & RAIFFA, 1976; BELTON & STEWART, 2002), mas considerando informações parciais. Assim, a abordagem proposta trabalha com declarações de preferência estrita, ao invés dos pontos de indiferença exigidos no método clássico de bisseção. Pretende-se que, desde o início da elicitação, os valores e formas das funções de cada critério sejam mais fiéis, refletindo as relações entre as preferências do decisor e o modelo final do seu problema. Além disso, a utilização de informações parciais reduz a quantidade de informações diretas exigidas do decisor, consequentemente reduzindo o esforço cognitivo exigido durante o procedimento.

3.1 AVALIAÇÃO INTRACRITÉRIO COM BASE EM FUNÇÕES ANALÍTICAS

A atual versão do SAD FITradeoff considera a incorporação da não-linearidade em funções valor ao longo de uma especificação direta da forma da função pelo decisor. Esta especificação é fornecida ao declarar os dados de entrada do modelo no sistema, incluindo o tipo de função valor de cada critério. O *input* pode ser realizado por meio de uma entrada manual dos dados ou via preenchimento de uma planilha excel padrão, obtida no próprio SAD.

A partir de padronizações adotadas pelo sistema, o decisor consegue declarar quatro tipos diferentes de funções, sendo elas linear, exponencial, logarítmica e logística, conforme

Tabela 2. Quando são declaradas funções valor marginais não lineares, o usuário é solicitado a atribuir valores de parâmetros, onde ‘a’ ≥ 0 e ‘b’ $\neq 0$.

Tabela 2- Funções analíticas utilizadas no SAD FITradeoff.

| 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 (2021).

Uma vez inseridos os dados, os valores dos desempenhos de cada alternativa em relação aos critérios passam por um processo de normalização, utilizando as respectivas funções analíticas de cada caso. Respeitando se um critério é de maximização ou minimização, a transformação na escala é realizada e ao final, todos os valores de consequências normalizadas estão compreendidos no intervalo de 0 a 1. Seguindo para a etapa de avaliação intercritério do método.

Entretanto, a exigência de que todos os parâmetros das funções valor sejam declarados pode gerar restrições, na etapa de avaliação intracritério, ao utilizar o sistema. Especialmente para casos em que decisores não compreendam integralmente como cada critério se comporta em relação ao modelo elicitado ou até mesmo, quando acabam assumindo comportamentos lineares para fins de simplificação e realização do processo.

Desta forma, conforme exposto até o momento, é sabido sobre a dificuldade que decisores podem apresentar para determinar de maneira precisa a forma analítica de cada critério. Sendo a proposição de elicitare as formas dessas funções valor marginais a principal motivação do estudo. Para que assim, decisores não sejam exaustivamente solicitados a fornecer informações completas, mas sim, que as formas sejam descobertas por meio de informações parciais, demandando menos cognitivamente. O novo procedimento será apresentado no item 3.2 desta pesquisa.

3.1.1 Método da bisseção

Keeney e Raiffa (1976) explicam que uma estrutura de preferência é definida quando um decisor acredita que, dado um contexto específico de decisão, existe alguma estrutura de preferência particular considerada apropriada para seus julgamentos em relação a um determinado problema. E que uma função v , que associa um número real $v(x)$ a cada ponto x em um espaço de avaliação, é considerada uma função valor que representa as preferências do decisor.

Assim, uma vez que uma função valor deve representar de forma mensurável as preferências de um decisor em termos de aspiração, o método da bisseção (KEENEY; RAIFFA, 1976; BELTON; STEWART, 2002) pode ser aplicado para determinar pontos nesta escala considerada, delineando funções valor parciais, a partir de declarações de indiferença, obtendo ao final a forma da função valor marginal que identifica o comportamento descrito por um critério.

A ideia central sobre elicitare pontos de indiferença, ao aplicar o método da bisseção pode ser apresentado da seguinte maneira. Supondo uma condição de *tradeoff* válida, para qualquer valor fixo de z_1 , o tamanho do ganho em z_2 que compensa uma perda especificada em z_1 muda pelo mesmo fator (γ) ao mover de z_3 para z_4 , independentemente desse valor fixo para z_1 (BELTON; STEWART, 2002).

E é a partir da determinação destas declarações de indiferença que a função valor de um critério é extraída. Sendo recomendado em estudos, a extração de cinco pontos (KEENEY; RAIFFA, 1976; BELTON; STEWART, 2002).

Belton e Stewart (2002) apresentam uma aplicação do método para fins ilustrativos, onde um decisor obtém informações de uma agência de recrutamento de sua cidade e realiza uma análise para o critério “Disponibilidade de Pessoal”, em relação ao número de candidatos qualificados por cargo, estabelecendo uma escala local de avaliação, sendo definidos primeiramente os pontos inicial e final do intervalo analisado.

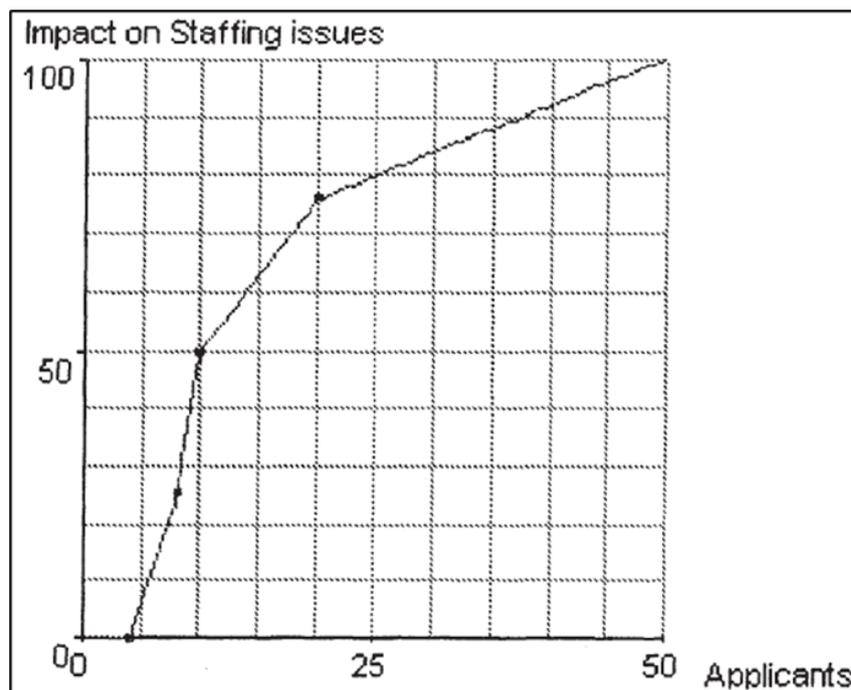
As informações disponíveis indicam que o número mínimo de candidatos esperados é de 4 pessoas, podendo alcançar o número máximo de 50. O valor do critério é crescente, ou seja, a disponibilidade de pessoal é considerada melhor, à medida que o número de candidatos por posto aumenta. E por meio do método da bisseção, o decisor é solicitado a identificar um valor na escala admissível de 4 a 50, equivalente em termos de valor preferencial, entre os dois pontos finais.

E para auxiliar na descoberta desse valor, a elicitación inicia no ponto médio na escala objetiva deste critério, fazendo o seguinte questionamento: “O acréscimo no número de candidatos de 4 para 27 é um aumento maior ou menor no valor do que um acréscimo de 27 a 50?” Supondo que o decisor declare que o aumento de 4 para 27 representa um valor melhor, uma segunda pergunta é realizada: “E o acréscimo no número de candidatos de 4 para 20 é maior ou menor no valor do que um acréscimo de 20 a 50?”.

Dessa forma, a cada resposta dada, os limites inferior e superior do intervalo analisado são atualizados, até que um ponto de indiferença, ou seja, um valor para o ponto médio do intervalo, seja encontrado, o qual identificaremos como $x_{0.5}$. Supondo que o valor declarado seja de 10 candidatos, o próximo passo do procedimento consiste em localizar outros dois pontos médios, entretanto, agora entre os intervalos de 4 e 10 candidatos e outro entre 10 e 50 candidatos, analogamente identificados como $x_{0.25}$ e $x_{0.75}$. Para isto, é realizada a mesma sistemática ilustrada para o primeiro valor de indiferença elicitado.

Por fim, presumindo que os outros dois pontos declarados pelo decisor sejam, respectivamente, 8 e 20, em posse dos cinco pontos elicitados [4, 8, 10, 20 e 50] a forma da função valor para o critério “Disponibilidade de pessoal” é finalmente extraída, conforme observado na Figura 1.

Figura 1-Função valor monotonicamente crescente de critério.



Fonte: Belton e Stewart (2002).

3.2 NOVO PROCEDIMENTO PARA AVALIAÇÃO INTRACRITÉRIO COM BASE EM INFORMAÇÃO PARCIAL

A abordagem proposta neste estudo segue uma dinâmica semelhante à apresentada para o método da bisseção e ilustrada em diversos estudos (KEENEY; RAIFFA, 1976; BELTON; STEWART, 2002; GROOTHUIS-OUDSHOORN et al., 2018; BERTANI et al., 2020), porém considerando informações parciais do decisor, ao invés de declarações de indiferença.

É considerada uma escala local, isto é, os limites superior e inferior da função valor são determinados a partir do melhor e pior valores de consequências admitidos no problema, considerando se o critério é de minimização ou maximização. Valores são comparados aos pares, questionando o decisor por qual há uma predileção maior. No entanto, ao invés de realizar uma sequência de perguntas para identificar pontos de indiferença, deseja-se encontrar *ranges* admissíveis, por meio de declarações de preferência estrita (SANTO; FREJ; De ALMEIDA, 2021).

Assim, inicialmente, a pergunta realizada para elicitación tem a seguinte estrutura: "*Considerando o critério C_i , comparando os dois intervalos abaixo, qual intervalo você prefere aumentar, a fim de obter um melhor ganho no valor do range?*". Para os critérios de minimização, o termo aumentar é substituído por diminuir/minimizar. Quanto ao valor de referência X , este é atualizado a cada resposta dada, para 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 ou o decisor não deseje prosseguir a avaliação para aquele critério. A sistemática é repetida até que os cinco valores de referência sejam determinados. Sendo o processo efetuado para cada critério avaliado na elicitación intracritério.

Uma vez que a literatura geralmente considera que cinco pontos fornecem informações suficientes para que a forma de uma função de valor seja identificada (KEENEY; RAIFFA, 1976; BELTON; STEWART, 2002), no procedimento proposto, ao total, a elicitación será conduzida em torno de três intervalos distintos. Isto é, tomando como exemplo a aplicação apresentada no item 3.1.1.1, estes intervalos seriam 4-50, 4-10 e 10-50. Ao final a função valor marginal será obtida através da linearização entre pontos notáveis destes intervalos.

Desse modo, nesta proposta do método de bisseção com uso de informações parciais, o primeiro e o último pontos da escala (0-1) serão determinados por meio da própria escala local. Assim, o pior e o melhor valores das consequências relatadas no problema de decisão

serão adotados como X_0 e X_1 , dependendo da direção do critério (minimização ou maximização). Restando elicitar os pontos $X_{0,25}$, $X_{0,5}$ e $X_{0,75}$.

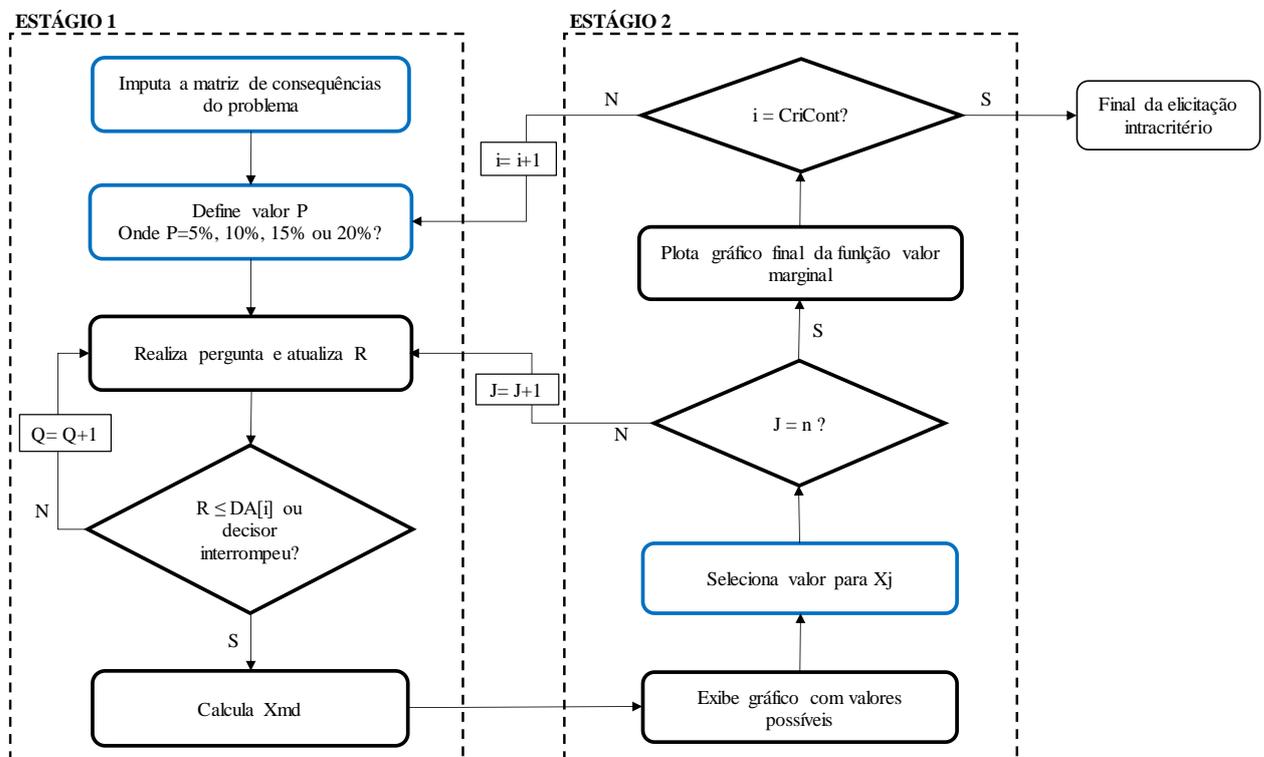
3.2.1 Processo de elicitação intracritério

A Figura 2 mostra o fluxograma do macro processo de elicitação intracritério, destacando a lógica de execução do procedimento da abordagem proposta neste estudo (SANTO; FREJ; De ALMEIDA, 2021). Iniciando pelo “Estágio 1” onde são realizados os passos até que se elicite o intervalo contendo os valores possíveis para os pontos de referência das funções valor.

Seguido do “Estágio 2”, onde o decisor define os valores que corresponde às suas aspirações e obtém a forma final da função valor de cada critério.

Na figura, os retângulos azuis representam a entrada das informações pelo decisor e os pretos o modelo de programação executado pelo sistema. As etapas de cada estágio são apresentadas com maior detalhamento em tópicos seguintes.

Figura 2- Fluxograma do macro processo de avaliação para o procedimento de elicitação intracritério.



Fonte: O autor (2021).

Q é o contador que incrementa o número de perguntas realizadas, R é a faixa de valores entre os limites superior e inferior de um intervalo. P é o valor percentual que atuará como o valor máximo tolerado para variação sobre a faixa que conterà o resultado de cada critério. i é o contador para incrementar o número de critérios e j o contador de incremento para número de rodadas de elicitação, onde, j_1 equivale a $X_{0,5}$; j_2 a $X_{0,25}$ e j_3 corresponde a $X_{0,75}$. CriCont é o número de critérios avaliados e n o número de rodadas da elicitação para um critério, sendo igual a três. DA é o critério de parada, obtido a partir da multiplicação de R por P.

Por exemplo, dado um critério com *range* R de R\$300,00 e uma variação percentual P de 10%. Sabe-se que o critério de parada DA, isto é, o intervalo de diferença entre os limites superior e inferior, terá uma diferença de R\$ 30,00

Resumidamente, após o decisor inserir a matriz de consequências para o problema, o Estágio 1 configura o início do procedimento de elicitação intracritério, onde ele define a margem de tolerância para o *range* de valores em cada um dos intervalos que serão avaliados, declarando uma variação percentual para cada critério. A partir desse ponto, a cada resposta dada pelo decisor, o sistema atualiza os limites superior e inferior do intervalo, até que o critério de parada seja atendido ou o decisor interrompa o processo.

No instante em que o modelo de programação identifica o menor range possível para o intervalo elicitado ou o decisor interrompe o processo, são estabelecidos três valores contidos na faixa avaliada. Os dois primeiros são o maior e menor valores do intervalo, além de um ponto extraído a partir de uma média simples dos dois anteriores. Iniciando o estágio 2 da elicitação.

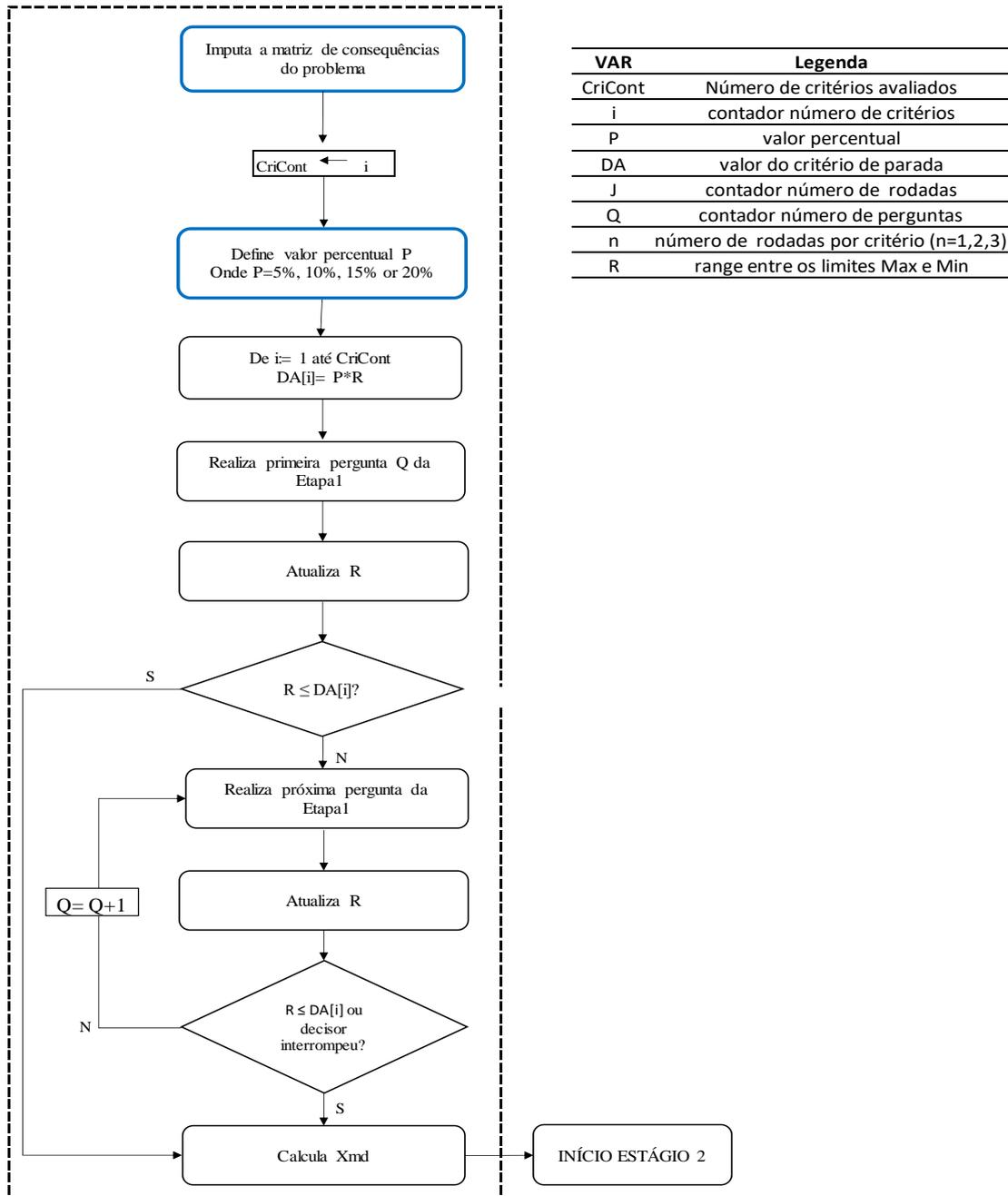
O estágio 2, por sua vez, inicia exibindo um gráfico com plote de três séries, cada uma correspondendo a um dos três pontos estabelecidos no final do estágio 1, para que o decisor escolha aquele que representa melhor o ponto médio do intervalo avaliado. Após definir um valor para x_j , todo o processo é repetido até que os três pontos sejam elicitados [$x_{0,5}$, $x_{0,25}$, $x_{0,75}$].

Ao atingir a última rodada de elicitação, o gráfico da função valor marginal para o critério avaliado é exibido para o decisor. O procedimento será repetido para cada critério avaliado, até que a função valor do último seja extraída. Encerrando o procedimento de elicitação intracritério.

3.2.1.1 Estágio 1- Introdução dos dados e início da elicitación intracritério

A Figura 3 ilustra o fluxograma expandido do Estágio 1, para o procedimento de elicitación intracritério. Sendo apresentadas algumas etapas de cálculo ou verificações consideradas importantes para compreender o conceito da proposta de avaliação.

Figura 3- Etapas do Estágio 1 para o procedimento de elicitación intracritério.



Fonte: O autor (2021).

Uma vez que sejam inseridos os dados do problema no sistema, o algoritmo buscará todos os critérios contínuos declarados, isto é, os que possuem escala natural, para que se inicie a elicitacão das funoes valor marginal destes. Em seguida, para cada critério que o decisor inicie a avaliao, um valor percentual P compreendido entre 5% e 20% deve ser declarado. E com este, o sistema calculará uma margem de tolerância para a faixa de valores de cada intervalo elicitado, isto é, o critério de parada DA , como ilustrado na Equao (3.1).

$$DA = P * R \tag{3.1}$$

Onde R é o *range* compreendido entre o maior e menor valores de consequência da escala local de cada critério, representados respectivamente como $BConseq$ e $WConseq$, conforme Equao (3.2).

$$R = BConseq - WConseq \tag{3.2}$$

Assim, o valor de DA será estabelecido a partir da multiplicaco do percentual declarado pela diferença dos pontos extremos da escala. E será utilizado como um critério de parada na elicitacão de cada intervalo. De modo que a cada atualizao dos limites superior ($LimSup$) e inferior ($LimInf$) realizada pelo sistema, para este intervalo, se a diferença absoluta dos limites obtidos for igual ou menor a DA , a rodada de elicitacão será interrompida e o decisor deverá escolher um valor que reflita melhor um ponto médio para o trecho avaliado. A Equao (3.3) apresenta a condio de parada.

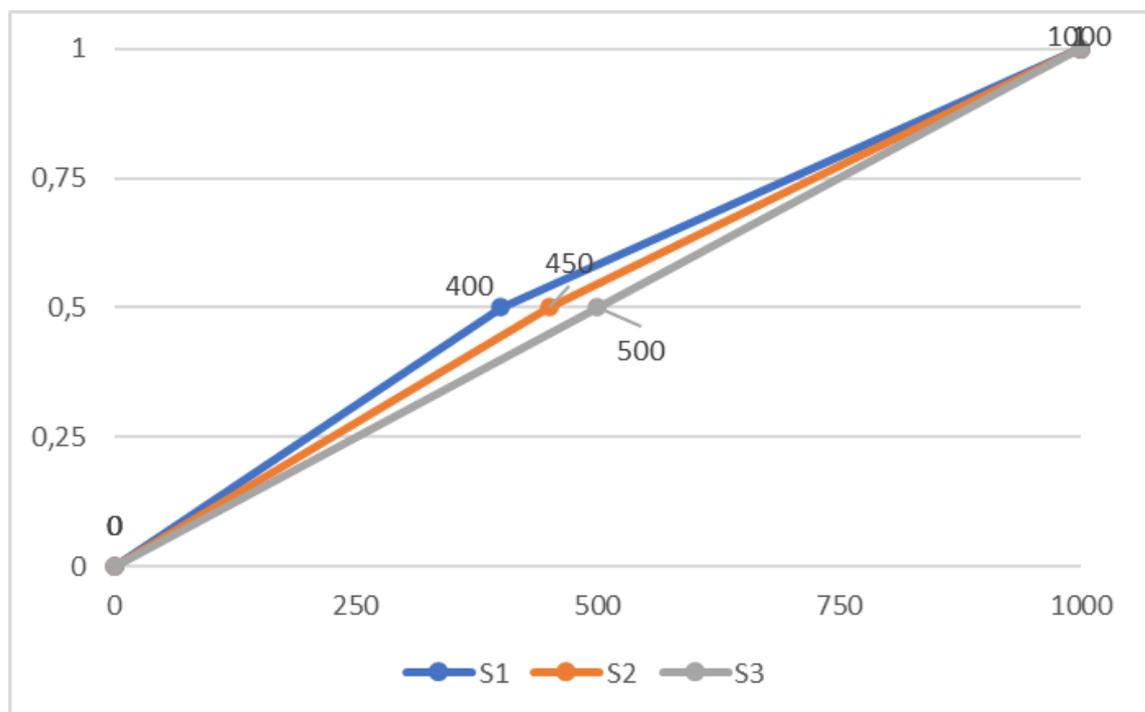
$$[abs(LimSup - LimInf) \leq DA] \tag{3.3}$$

Cada pergunta é gerada para diminuir o valor numérico entre o limite inferior e o limite superior da faixa gerada com o método da bisseco utilizando informaçoes parciais. Desse modo, para cada resposta dada, os limites são verificados e atualizados, quando possível, até que o critério de parada seja atendido ou o decisor opte por interromper a elicitacão do intervalo analisado. No instante em que uma das condioes é atendida, os valores que ocupam o maior e menor pontos do intervalo e um terceiro ponto extraído a partir de uma média simples destes, são utilizados pelo sistema, dando início ao estágio 2.

3.2.1.2 Estágio 2- Determinação dos pontos médios e obtenção da função valor marginal

Em posse dos três valores obtidos anteriormente, o estágio 2 é iniciado apresentando ao decisor um gráfico com três séries que descrevem os possíveis comportamentos do critério, em relação ao intervalo analisado. As séries dessa primeira rodada de elicitación são construídas conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 4-Gráfico com séries para o ponto $X_{0,5}$.



Fonte: O autor (2021).

Onde, para fins ilustrativos, o valor 0 é o limite inferior da escala local de consequências de um critério C_i , sendo o pior valor de consequência declarado na matriz; o valor 1000 é o limite superior da escala local de consequências, sendo o melhor valor de consequência declarado na matriz. E, obtidos no Estágio 1 da elicitación para o primeiro intervalo, 400 é o Limite mínimo do intervalo (LimInf), 500 é o Limite máximo do intervalo (LimSup) e 450 é o ponto médio do intervalo (X_{md}).

Uma vez selecionada a série preferida pelo decisor, o primeiro ponto médio ($X_{0,5}$) assumirá o valor de LimInf ou LimSup ou X_{md} , dependendo da escolha feita, iniciando a rodada de elicitación do intervalo seguinte. Para este, o processo de elicitación do Estágio 1

ocorre de forma semelhante ao descrito para o primeiro intervalo, no entanto, as perguntas são feitas para identificar valores médios entre o intervalo $[X_0, X_{0,5}]$.

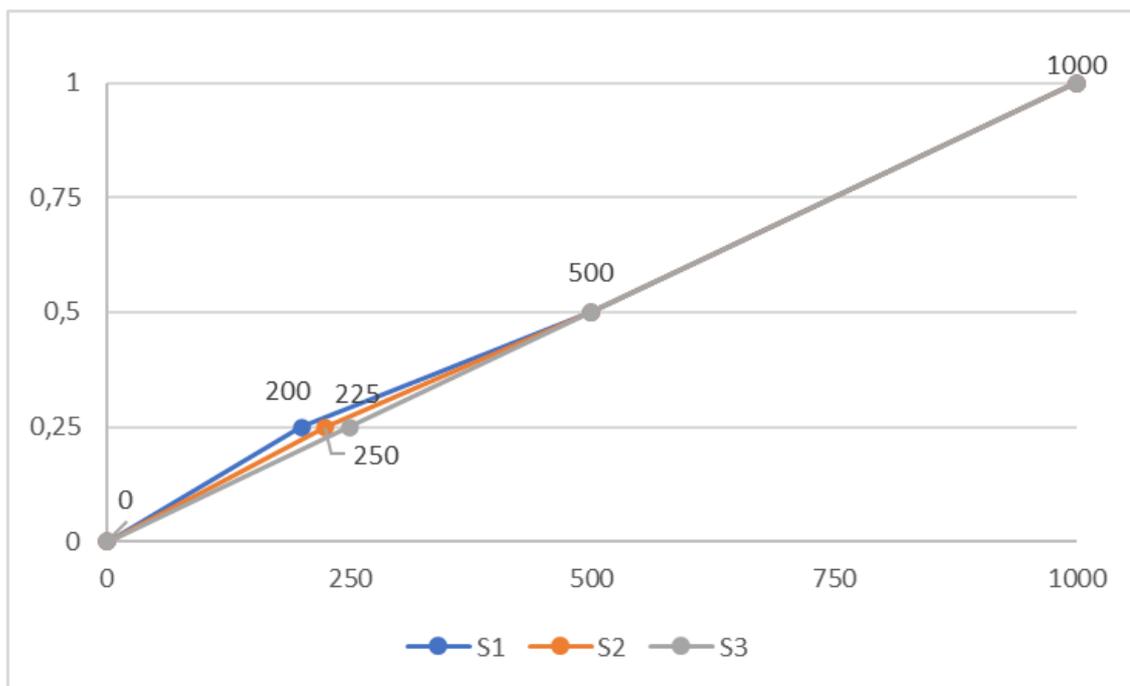
Para cada resposta dada, os limites inferior e superior são verificados e atualizados, quando possível. Até que um range igual ou inferior ao critério de parada seja alcançado ou o decisor interrompa o processo. Assim, o Estágio 2 da segunda rodada é iniciado e novamente o gráfico com três séries é apresentado ao decisor. As séries da segunda rodada são construídas com as seguintes referências, sendo ilustradas conforme Figura 5

Forma1 (S1): $X_0, \text{LimInf}, X_{0,5}, X_1$

Forma2 (S2): $X_0, X_{\text{md}}, X_{0,5}, X_1$

Forma3 (S3): $X_0, \text{LimSup}, X_{0,5}, X_1$

Figura 5- Gráfico com séries para o ponto $X_{0,25}$.



Fonte: O autor (2021).

Onde $X_{0,5}$ é o valor escolhido na rodada 1. Os demais parâmetros permanecem com a mesma interpretação.

Uma vez selecionada a série, o ponto $X_{0,25}$ assumirá o valor de LimInf ou LimSup ou X_{md} , dependendo da escolha feita, iniciando a elicitación do terceiro intervalo para o critério avaliado. Finalmente, o último ponto da Etapa 1 no processo é elicitado, mas agora as

questões são feitas para identificar valores médios entre o intervalo $[X_{0,5}, X_1]$, determinando $X_{0,75}$. As séries da terceira rodada são construídas com as seguintes referências:

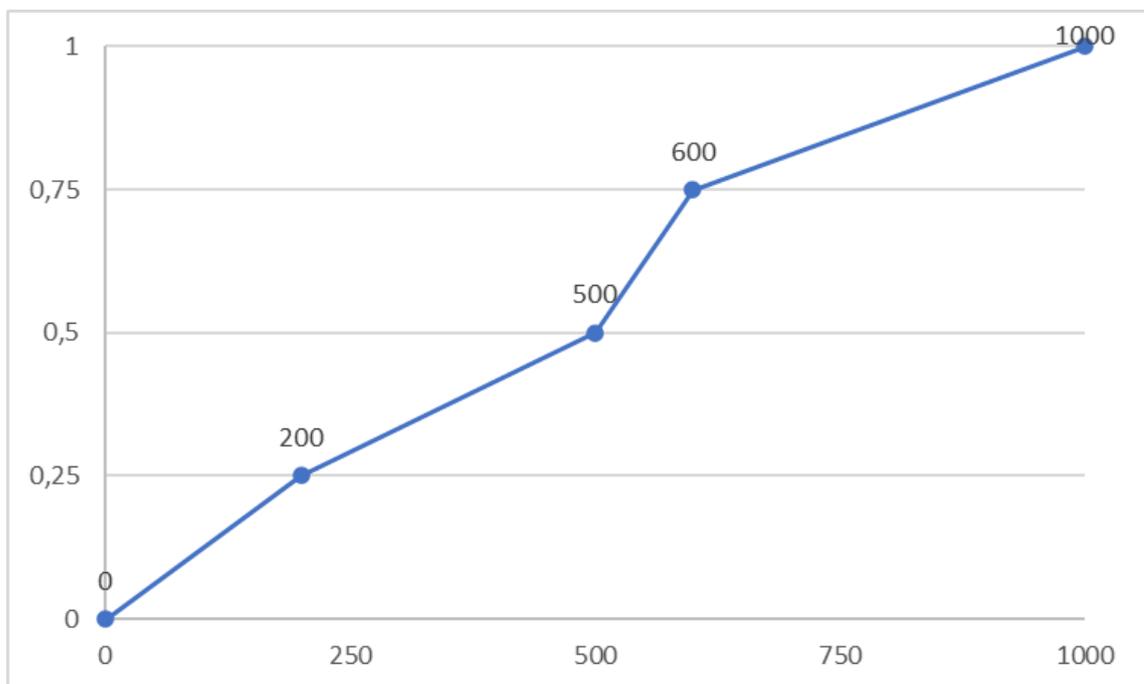
Forma1 (S1): $X_0, X_{0,25}, X_{0,5}, \text{LimInf}, X_1$

Forma2 (S2): $X_0, X_{0,25}, X_{0,5}, X_{md}, X_1$

Forma3 (S3): $X_0, X_{0,25}, X_{0,5}, \text{LimSup}, X_1$

De forma análoga, o decisor escolherá qual série representa melhor suas preferências. E ao final, elicitados os cinco pontos, obtém-se a forma da função valor marginal para o critério C_i , representada na Figura 6. Sendo os pontos finais expressos por $v(0) = 0$; $v(200) = 0,25$; $v(500) = 0,5$; $v(600) = 0,75$ e $v(1000) = 1$

Figura 6-Exemplo de gráfico final com comportamento para critério C_i .



Fonte: O autor (2021).

Assim, um terceiro estágio do procedimento é iniciado, agora para normalizar os valores das consequências do problema, por meio de uma interpolação linear com os cinco pontos de referência obtidos na elicitación intracritério.

3.2.1.3 Estágio 3- Interpolação linear para normalização de consequências

Em situações em que há muitas consequências possíveis contidas em uma faixa de valores, procedimentos de ajuste de curva, interpolação e extrapolação podem ser utilizados para obter esses valores para quaisquer outras consequências. Especialmente quando x representa um *continuum* no espaço multiatributo (KEENEY; RAIFFA, 1976),

A imprecisão nas entradas de um modelo implica que a função construída será uma aproximação. Onde estudos de simulação demonstram que aproximações lineares para cada função valor parcial de um atributo são adequadas em muitos propósitos (BELTON; STEWART, 2002).

Os autores discorrem que inicialmente uma aproximação de $u_i(z_i)$ com base em v_i segmentos lineares é definida pelos valores de $u_i(z_i)$, em cada um dos $v_i + 1$ “pontos de interrupção”. E, supõe-se que $z_{i0} < z_{i1} < \dots < z_{ivi}$, onde z_{i0} e z_{ivi} são os pontos extremos da escala definida. Então, é suficiente obter estimativas para $u_{ij} = u_i(z_{ij})$ para cada um desses pontos de interrupção. Onde, por definição, $u_{i0} = 0$, enquanto u_{ivi} será proporcional ao valor da constante de escala do critério i . E a estimativa de $u_i(z_{ij})$ em qualquer outro valor z_i pode ser obtida por meio de uma interpolação linear.

Dessa forma, para o procedimento proposto, no instante em que o decisor conclui a etapa de avaliação intracritério, extraindo a forma das funções valor marginais de cada critério avaliado, o modelo de programação inicia um “terceiro estágio” da avaliação, sendo este sem a interação do decisor. Em posse dos cinco pontos elicitados, para cada critério, é realizada a normalização das consequências x_{ij} , do critério i para cada alternativa j , por meio de uma interpolação linear entre os pontos elicitados e os valores reais de consequência imputados pelo decisor no início da elicitación intracritério, utilizando a Equação (3.4).

$$y_j = y_0 + (y_1 - y_0) * \frac{x - x_0}{x_1 - x_0} \quad (3.4)$$

Onde: y_0 e y_1 são o menor e maior valores normalizados da escala, isto é, 0 e 1. x_0 e x_1 são os respectivos valores de consequência elicitados, sendo determinados pelo decisor, no estágio 2 da etapa de avaliação intracritério, ao escolher a série que melhor correspondia às suas aspirações. E por fim, x é o valor da consequência real que se deseja normalizar e y o valor normalizado desta consequência. Sendo este último valor utilizado como *input* para a

etapa de avaliação intercritério realizada no SAD FITradeoff para concluir o processo de elicitação e solução do problema analisado.

Ilustrando como a normalização é realizada a partir da interpolação linear, utilizando a escala representada no tópico 3.2.1.2, seja C_i um critério de maximização, os valores reais de consequência para cada alternativa são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3- Consequências reais para o critério C_i .

| Alternativas | C_i |
|---------------------|-------------------------|
| Opção 1 | 0 |
| Opção 2 | 300 |
| Opção 3 | 600 |
| Opção 4 | 700 |
| Opção 5 | 800 |
| Opção 6 | 1000 |

Fonte: O autor (2021).

Após finalizar a elicitação intracritério, cinco valores são obtidos para os pontos elicitados, sendo representados pelas seguintes funções: $v(0) = 0$; $v(200) = 0,25$; $v(500) = 0,5$; $v(600) = 0,75$ e $v(1000) = 1$. Assim, para obter os valores normalizados nas consequências reais do critério C_i , interpolações lineares são realizadas em funções parciais, conforme a Equação (3.4).

Nesta avaliação, uma vez adotada uma escala local de medição, temos que $v(0) = 0$ e $v(1000) = 1$, logo $y_{i0} = 0$ e $y_{i5} = 1$. Assim, a primeira interpolação é realizada para normalizar a consequência real da opção 2 (Tabela 3), utilizando o intervalo entre os pontos 0,25 e 0,5, conforme Equação (3.5).

$$y_{i1} = 0,25 + (0,5 - 0,25) * \frac{300 - 200}{500 - 200} \Rightarrow y_{i1} = 0,2583 \quad (3.5)$$

De forma análoga os demais valores normalizados são calculados, chegando aos valores finais conforme Tabela 4.

Tabela 4- Consequências normalizadas para o critério C_i .

| | | | | | | |
|----------|---|--------|------|--------|-------|------|
| x_{ij} | 0 | 300 | 600 | 700 | 800 | 1000 |
| Y_{ij} | 0 | 0,2583 | 0,75 | 0,8125 | 0,875 | 1 |

Fonte: O autor (2021).

Este passo a passo deve ser repetido para cada critério avaliado, obtendo ao final uma matriz de valores normalizados para utilização na etapa de avaliação intercritério do problema. Encerrando o procedimento de avaliação intracritério por meio da elicitação das funções valor marginal com uso de informações parciais.

Desta forma, este capítulo apresentou a nova abordagem proposta para integrar a etapa de Avaliação intracritério do método FITradeoff em seu sistema *web*. A seguir, o Capítulo 4 apresenta um procedimento de elicitação para a priorização de atividades desenvolvidas em uma oficina mecânica, ilustrando com valores reais a metodologia proposta neste estudo.

4 APLICAÇÃO PRÁTICA: PRIORIZAÇÃO NO ATENDIMENTO DE ORDENS DE SERVIÇO EM UMA OFICINA MECÂNICA DE UMA CONCESSIONÁRIA DE VEÍCULOS

Este capítulo ilustrará a proposta de melhoramento metodológico, por meio de um problema de priorização no atendimento de ordens de serviço (OS) em uma oficina mecânica de uma concessionária de veículos, contando com o suporte de sistema de apoio à decisão web desenvolvido e implementado como uma das contribuições desta pesquisa.

A seção 4.1 descreve o cenário considerado para o problema desenvolvido. Seguida da seção 4.2 que demonstrará um processo de elicitação realizado com intermédio do SAD FITradeoff, ilustrando as telas da plataforma na etapa da elicitação intracritério para obtenção das funções valor marginais de cada critério. E por fim, a Seção 4.3, traz as análises e discussões sobre os resultados obtidos.

4.1 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

No atual cenário econômico, os desafios na indústria automotiva são grandes, exigindo redução de custos e aumento da competitividade. Diante desta situação, uma solução reside na otimização do produto e/ou processos (ROSA; SILVA; FERREIRA, 2017). Assim, a indústria automobilística vem aderindo a uma visão gerencial de longo prazo, conhecendo melhor as atividades executadas na organização, para obter maior consistência, padronização e adequação (ABPMP, 2015).

A empresa da ilustração se trata de uma concessionária de veículos com lojas localizadas no interior do Rio Grande do Sul. A unidade considerada para o problema possui sete setores, sendo eles: gerência geral, vendas, seminovos, peças, serviços, T.I, administrativo/financeiro. A concessionária é líder em vendas de carros de passeio na região, tendo assim grande diferencial competitivo diante das concorrentes. E para que este seja mantido, a empresa constantemente investe no planejamento e execução de ações de melhoria contínua em seus processos, a partir de prospecções de mercado e índices de qualidade dos seus processos e serviços.

A partir de uma demanda identificada, o SAD FITradeoff foi utilizado para apoiar a priorização dos tipos de ordens de serviço (OS) atendidas na oficina mecânica da concessionária, com o objetivo de compor um estudo de priorização das atividades dentro do

setor, melhorando assim a distribuição dos serviços aos mecânicos de diferentes especialidades.

As OSs são entregues a um programador de serviços, cabendo a este funcionário atribuir os chamados a partir de seu conhecimento *a priori*, considerando principalmente o tipo de OS e características dos mecânicos, como disponibilidade e grau de familiaridade com o tipo de serviço requisitado. Na maioria dos casos, as OS podem ser executadas por mais de um deles.

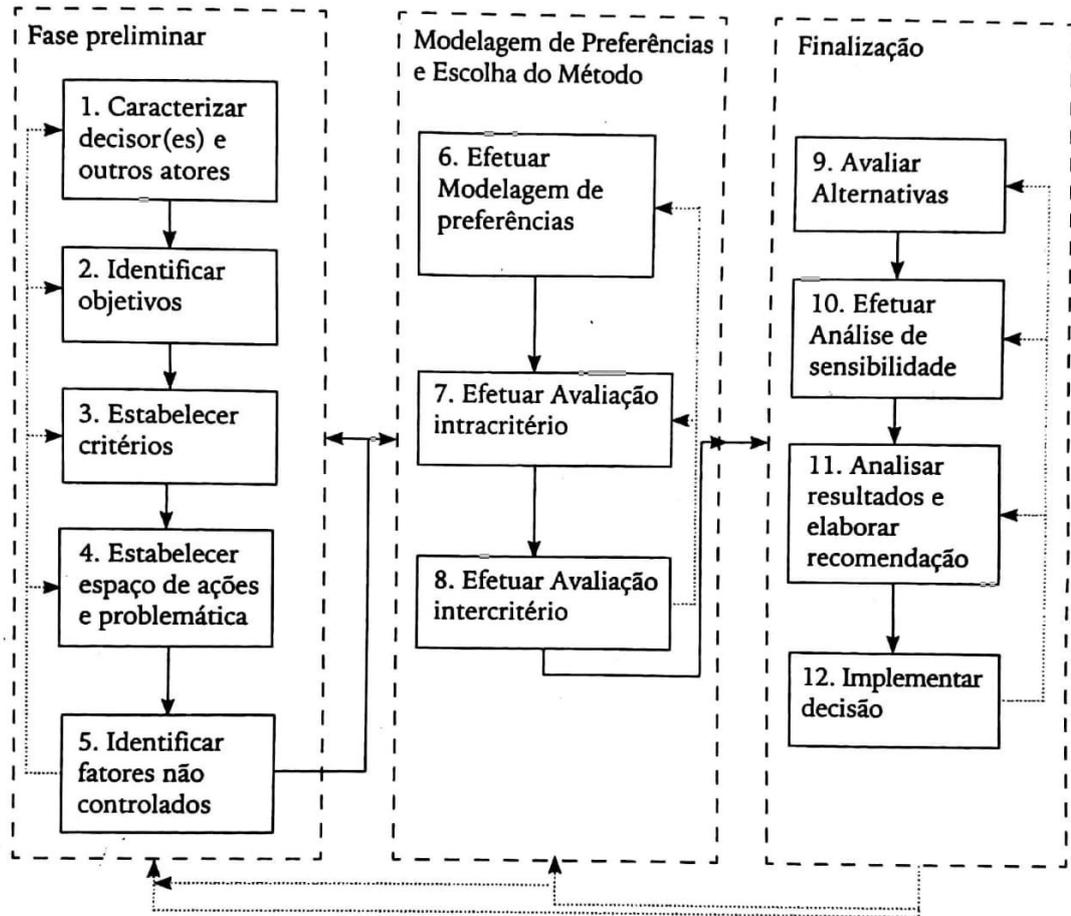
Assim, fica claro o alto nível de esforço cognitivo exigido do programador de serviços, devido quantidade de variáveis que devem ser levadas em consideração simultaneamente para a tomada de decisão e o *stress* gerado com a possibilidade da má programação dos serviços, em detrimento de decisões menos assertivas. Evidenciando também a falta de aplicação de um método que apoie este processo.

Na seção seguinte, será apresentada a modelagem do problema, com respectivas alternativas e critérios considerados para construção da matriz de consequências analisada, ilustrando a proposta de desenvolver a etapa de avaliação intracritério por meio de um processo interativo e flexível de elicitação, seguido de avaliação intercritério, contando com o apoio do sistema *web* do método FITradeoff.

4.1.1 Modelagem do problema

Para propor uma solução ao problema de priorização de serviços descrito, um modelo multicritério foi construído baseado nas doze etapas idealizadas no *framework* proposto por De Almeida (2013), ilustrado na Figura 7.

Figura 7- Framework para modelagem e estruturação de problema.



Fonte: De Almeida (2013).

A Etapa 1 consiste na caracterização dos decisores e demais atores do processo. Neste estudo, o procedimento de elicitacão foi realizado por um ex-funcionário que atuava no setor da empresa apresentada, uma vez que o intuito dessa ilustrao foi o de demonstrar como a metodologia da nova abordagem funciona. Por ter trabalhado diretamente com os mecânicos da concessionária, este possuía total conhecimento sobre os dados utilizados, as alternativas avaliadas, bem como critérios incluídos para tal

É válido ressaltar que quaisquer problemas analisados no SAD FITradeoff podem ser casos reais, sem prejuízos.

Para a segunda etapa são identificados os objetivos do problema multicritério analisado. Neste caso, o principal objetivo do processo decisório apresentado é obter uma ordem de prioridade nos tipos de OSs realizadas, a fim de maximizar a quantidade de atendimentos, otimizando o tempo efetivo de serviço do setor.

O terceiro estágio do *framework* apresenta os critérios que representam totalmente os objetivos do problema, de forma a não serem redundantes. A Tabela 5 apresenta os cinco critérios analisados, dos quais apenas um possui escala construída:

Tabela 5- Estabelecimento dos critérios do problema

| Nome do critério | Direção do critério | Tipo de escala | Significado |
|---|----------------------------|-----------------------|--|
| Número de funcionários | Maximização | Natural, contínua | Representa o efetivo disponível para cada tipo de serviço atendido na oficina mecânica. Considerado um dos critérios principais, pois é a quantidade de colaboradores especializados para cada tarefa que dita o fluxo de atendimento. |
| Horas totais de serviço | Maximização | Natural, contínua | Este critério está relacionado ao tempo despendido, em horas, no período analisado, para cada tipo de atendimento. Sendo somadas todas as horas de serviço de ordens do mesmo tipo, do momento das suas aberturas até a conclusão e saída do veículo da oficina mecânica. |
| Impacto no setor | Minimização | Construída, discreta | Este critério adota uma escala construída com valores de 1 a 5, onde os valores das consequências exprimem o grau de priorização/atenção dadas pelo gerente para casos de clientes insatisfeitos, funcionários precisando de assistência ou visibilidade diante da sede nacional, de acordo com o tipo de serviço. |
| Número de Ordens de serviço finalizadas | Maximização | Natural, contínua | Este critério expressa a quantidade de ordens de serviço atendidas completamente. Isto é, que o veículo tenha saído da oficina com o reparo totalmente concluído |

(continuação)

| | | | |
|---------------------------------|-------------|-------------------|--|
| Custo médio por tipo de serviço | Minimização | Natural, contínua | O custo médio é uma métrica utilizada no próprio setor, extraída a partir de custos dos recursos utilizados, esforço e horas empregados em cada serviço, materiais pedidos, dentre outros. |
|---------------------------------|-------------|-------------------|--|

Fonte: O autor (2021).

Ainda em relação ao critério “Impacto no setor”, exemplificando de forma mais detalhada sobre a gradação dos valores, ao declarar que determinada alternativa possuía valor 1, o decisor afirmava que o tipo de serviço apresentava um impacto muito baixo nas atividades de rotina da oficina mecânica. Então, se por algum motivo o serviço não pudesse ser concluído, este não refletiria de forma muito negativa nas demais atividades do setor, bem como a necessidade de uma ação corretiva não seria urgente. Enquanto, ao atribuir performance 5, o decisor concordava que um serviço era crucial para a dinâmica da oficina, podendo refletir negativamente sobre os outros realizados no mesmo instante. E assim, por representar alto nível de impacto na rotina do setor, ações corretivas que fossem necessárias eram reportadas imediatamente.

A Etapa 4, por sua vez, determina o espaço de ações e problemática analisados. Neste caso, as alternativas avaliadas são um espaço discreto, com os 9 principais tipos de serviço prestados. Denominados: Refrigeração, Elétrica, Motor, Diagnóstico, Suspensão, Balanceamento, Barulhos, Revisão, Acessórios. Em relação à problemática, será performada uma de ordenação (β), por se tratar de um caso de priorização. Isto é, um ranqueamento na ordem de atendimento de cada tipo de serviço no instante em que as OS começam a ser distribuídas, devendo-se contemplar todas estas. Assim, a matriz de consequências do problema é apresentada na Tabela 6.

Tabela 6- Matriz de consequências do problema.

| | Nº de funcionários | Horas totais de serviço (h) | Impacto no setor | Nº de OS finalizadas | Custo médio por tipo de serviço (R\$) |
|----------------------|---------------------------|------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|--|
| Refrigeração | 2 | 75 | 3 | 20 | 17,12 |
| Elétrica | 4 | 216 | 4 | 38 | 16,98 |
| Motor | 2 | 140 | 5 | 15 | 30,08 |
| Diagnóstico | 2 | 106 | 4 | 23 | 14,12 |
| Suspensão | 2 | 140 | 5 | 15 | 15,98 |
| Balanceamento | 1 | 47 | 5 | 3 | 14,12 |
| Barulhos | 2 | 110 | 3 | 15 | 15,11 |
| Revisão | 4 | 292 | 2 | 84 | 14,12 |
| Acessórios | 1 | 5 | 1 | 3 | 15,89 |

Fonte: O autor (2021).

Na Etapa 5 são identificados os fatores não controlados do problema. Não sendo aplicável a este caso, uma vez que todas as variáveis são determinísticas e não há meios em que estados na natureza influenciem nos valores das consequências.

Seguindo, na Etapa 6 a estrutura de preferências definida como mais adequada na representação dos julgamentos é a estrutura [P,I]. Uma vez que é possível estabelecer relações de preferência e indiferença entre pares de consequências e todas as alternativas são comparáveis entre si. Adicionalmente, os critérios são mutuamente independentes, isto é, seus valores independem uns dos outros; e por serem admitidas compensações entre as *performances* dos critérios, a racionalidade é dita compensatória.

Na sétima etapa é realizada a avaliação intracritério, sendo o foco principal deste estudo. Assim, diferentemente de outras aplicações onde o decisor adota uma simplificação do modelo ao declarar o comportamento de todos os critérios como sendo lineares ou onde fornece informações completas *a priori*, aqui, esta etapa será elicitada com o auxílio da abordagem proposta. Utilizando a estrutura do método da bissecção, mas com informações parciais, conforme supracitado na seção 3.2. A etapa de elicitação intracritério é melhor detalhada na seção 4.2.

Nas Etapas 8 e 9 é realizada a etapa de avaliação intercritério, onde é feita a elicitação das constantes de escala de cada critério considerado, são obtidos os valores globais das alternativas, por fim, chegando a um ranqueamento final com priorização dos tipos de serviço, conforme o decisor respondia à elicitação flexível com o auxílio do SAD FITradeoff. Em seguida, a etapa 10 de análise de sensibilidade foi realizada aplicando uma variação percentual sobre os valores das consequências do problema, gerando *insights* sobre a consistência da solução final apresentada ao usuário.

Por fim, nas Etapas 11 e 12, um relatório com a sugestão de solução encontrada é disponibilizado, juntamente com demais arquivos contendo os valores encontrados e gráficos com espaço de pesos admissível em cada critério. Podendo a proposta, ao final, ser formalmente apresentada, cabendo às partes interessadas avaliar sua viabilidade e ações para implementação.

Vale destacar que o foco deste estudo está concentrado na denominada “Etapa 7- Efetuar Avaliação Intracritério”. Visto que o principal objetivo da pesquisa é a proposição de um melhoramento metodológico à etapa de elicitação de preferências intracritério do método FITradeoff, apresentando o procedimento por meio das interações do decisor com o SAD. Por isso, as demais etapas são executadas e comentadas de forma mais objetiva, para fins ilustrativos de todo o procedimento de elicitação com apoio do sistema *web*.

4.2 ELICITAÇÃO DE PREFERÊNCIAS PARA AVALIAÇÃO INTRACRITÉRIO

Uma vez modelado o problema, as informações da matriz de consequências apresentada na Tabela 5 foram inseridas no SAD por meio de um modelo padrão de planilha Excel, direcionando o sistema para o menu que concede acesso à região onde o procedimento de elicitação intracritério é realizado ou para a etapa de avaliação intercritério, conforme Figura 8.

Figura 8- Região de input dos dados e menu Intracritério.

The image shows two screenshots of the FITradeoff web application interface. The top screenshot displays the data input section, and the bottom screenshot displays the intracriteria evaluation menu.

Top Screenshot: Data Input Section

- Header: FITradeoff.org, FITradeoff, Flexible and Interactive Tradeoff, FU-TXMMO-WF1
- Navigation: Back (link), Help, Reset (button)
- Form Fields:
 - Enter a name for the problem:
 - Problematic: -- No Selection -- (dropdown menu)
 - Select a file to import: Escolher arquivo (button), Nenhum arquivo selecionado (text)
- Action: Import (button)
- Warnings:
 - Please, before importing the file, make sure the spreadsheet is saved in '.xls' extension (excel 1997-2003).
 - For instructions on filling out the export spreadsheet, access the [user guide](#).
 - [Download Spreadsheet template](#)
 - [Important Information about discrete criteria](#)
- Footer: inct, INSID, CDSID UFPE, Continue (button)

Bottom Screenshot: Intracriteria Evaluation Menu

- Header: FITradeoff.org, FITradeoff, Flexible and Interactive Tradeoff, FU-TXMMO-WF1
- Section: How do you want to conduct the intracriteria evaluation?
- Options:
 - Elicit marginal value function (button with help icon)
 - Use predefined analytic functions (button with help icon)
- Footer: inct, INSID, CDSID UFPE

Fonte: O autor (2021).

Uma vez que nesta nova proposta não é necessário que o decisor explicitamente para cada critério avaliado o tipo de função analítica que o representa, com exceção dos critérios discretos, o sistema realiza a verificação se algum tipo de função analítica foi declarado. E caso faltem informações para a etapa de avaliação intracritério, apenas um botão do menu é habilitado, permitindo que o decisor siga somente para a região de elicitación intracritério.

Caso contrário, o usuário poderá optar também por utilizar as informações fornecidas na planilha, sem a necessidade de elicitar as funções valor.

Para a ilustração apresentada, o decisor não desejou declarar o tipo da função valor analítica de dois critérios, “Horas totais de serviço” e “Numero de OS finalizadas”; supondo que os demais fossem lineares. Assim, o sistema foi direcionado para a região onde o procedimento de elicitação intracritério é performado, ilustrado na Figura 9, tendo alguns de seus elementos explicados para o decisor.

Figura 9- Interface da região de elicitação intracritério.

The screenshot displays the FITradeoff software interface for Intra-Criteria Evaluation. The interface includes the following elements:

- Header:** FITradeoff.org, FITradeoff, Flexible and Interactive Tradeoff, and FU-TXMMO-WF1.
- Title:** Intra-Criteria Evaluation.
- Buttons:** Help and Reset.
- Step (a):** Select one criterion to start the elicitation: Horas totais de serviço.
- Step (b):** You can either: Declare as a linear function if you don't want to elicit the marginal value function. Or Proceed to elicitation below.
- Question:** Considering the criterion "Horas totais de serviço" comparing the two ranges below, which range do you prefer to decrease, in order to have a greater increase in the value of the range?
- Slider:** A horizontal slider with values 292,00, 148,50, and 5,00. An arrow points to the right, indicating a preference for the range from 148,50 to 5,00.
- Options:**
 - From 292,00 to 148,50 .
 - From 148,50 to 5,00 .
- Buttons:** Ok.
- Remark:** An indifference between the two ranges is equivalent to declare as a linear function above.
- Step (c):** The information related to some criteria is not complete. The criteria below shall be elicited: Horas totais de serviço; Numero de OS finalizadas.
- Footer:** inct, INSID, and CDSIP UFPE logos.

Fonte: O autor (2021).

Inicialmente o decisor deveria selecionar, um por vez, os critérios que desejasse elicitar (a), sendo disponibilizado pelo sistema a possibilidade de elicitar quaisquer critérios contínuos analisados no problema. Neste caso, sendo quatro dos cinco considerados na matriz de consequências.

Para situações em que, durante a etapa de elicitação intracritério, o decisor deseje declarar que o comportamento de determinado critério pode ser considerado linear, o componente (b) deveria ser clicado, interrompendo instantaneamente a elicitação deste critério e seguindo para o seguinte. Se deseja com este recurso garantir uma maior

flexibilidade durante o procedimento, independente do critério ter sido declarado anteriormente como linear ou não-linear ou se esta informação ainda é desconhecida. Para este procedimento, o recurso não foi utilizado.

Também foi exibido ao decisor um quadro contendo uma listagem dos critérios que ele desejou realizar a elicitação intracritério (c), isto é, aqueles onde as informações não foram completamente declaradas via planilha e deveriam ser obtidas a partir do procedimento. Neste caso, dois dos quatro critérios contínuos, “Horas totais de serviço” e “Numero de OS finalizadas”.

No entanto, destaca-se que após elicitados estes critérios, se o usuário optasse por também elicitar os demais critérios, não haveria a restrição, pois o sistema suporta esta possibilidade, reiterando a ideia da flexibilidade.

A Figura 10 ilustra a tela exibida logo após a seleção de um critério, revelando o formato das perguntas realizadas na elicitação, junto a uma visualização gráfica disponibilizada ao decisor para que este também possa acompanhar de modo visual a “proporção” entre os *ranges* que está analisando no instante da pergunta (d).

Figura 10-Perguntas da região de elicitação intracritério.

FITradeoff.org
FITradeoff
 Flexible and Interactive Tradeoff

FU-TXMMO-WF1

Intra-Criteria Evaluation Help Reset

Select one criterion to start the elicitation:
 Horas totais de serviço

You can either:
[Declare as a linear function](#) if you don't want to elicit the marginal value function ?
 Or
 Proceed to elicitation below.

The information related to some criteria is not complete. The criteria below shall be elicited:
Horas totais de serviço;
Numero de OS finalizadas;

(d) Considering the criterion "Horas totais de serviço" comparing the two ranges below, which range do you prefer to decrease, in order to have a greater increase in the value of the range?

From 292,00 to 220,25 .
 From 220,25 to 5,00 .

Ok

Remark: An indifference between the two ranges is equivalent to declare as a linear function above.

(e) [View value function graphic](#) ?

(f) Percentual variation admissible for deviation: 15 ?

inct INSTITUTO NACIONAL DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
 INSID INSTITUTO NACIONAL DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E DECISÃO
 CDSID/UFPE CENTER FOR DECISION-DRIVEN AND INFORMATION DEVELOPMENT

Fonte: O autor (2021).

Onde, para critérios de maximização a pergunta busca o incremento na *performance* das consequências e para critérios de minimização o decréscimo destas. Devido à premissa básica em utilizar informações parciais por meio de um processo flexível de elicitación, outra possibilidade oferecida ao decisor é a de não precisar fornecer respostas até que se encontre o menor intervalo possível do critério elicitado.

Assim, após responder a primeira pergunta, o decisor poderia clicar sobre o *link* (e) a qualquer instante, mesmo que o critério de parada ainda não fosse satisfeito, direcionando o sistema para a exibição gráfica das séries extraídas a partir dos valores de consequências obtidas até o momento. Esta visualização é apresentada por meio de um gráfico de barras ou um gráfico de linhas, para que no momento da decisão pelo ponto de referência, o decisor possa utilizar o tipo de visualização que se sentir mais confortável para análise.

Uma vez nesta região, o decisor tem a opção de retornar para a elicitación ou selecionar uma das séries, seguindo para etapa seguinte do processo. Em relação à liberação do componente após uma resposta dada, esta ocorre devido a restrição de que um mesmo ponto y não pode admitir dois valores distintos de consequência $v(y)$. Deste modo, nenhuma das séries do ponto elicitado no instante assumiria o mesmo valor de x_0 ou x_1 .

Por fim, o sistema sugere um valor *default* de 15% para atuar como variação percentual no cálculo da diferença máxima entre o menor e maior valores do range de cada critério (f), por ser uma informação que por vezes decisores podem não ter total compreensão sobre quais valores impactariam sobre a variação em cada critério. Entretanto, caso desejasse, o usuário poderia alterá-lo, explicitando-o a cada novo critério elicitado.

Assim, apresentada a dinâmica para navegação no sistema *web* FITradeoff, o primeiro critério selecionado para elicitación foi “Horas totais de serviço”, sendo de minimização. A variação de 15% foi adotada, assim, a elicitación dos pontos seria interrompida quando os limites inferior e superior de cada intervalo analisado distasse no máximo em 43 horas. A Figura 11 ilustra o momento em que a primeira pergunta era respondida pelo decisor.

Figura 11- Primeira pergunta do ponto $x_{0,5}$ para critério "Horas totais de serviço".

FITradeoff.org
FITradeoff
 Flexible and Interactive Tradeoff

FU-TXMMO-WF1
 Help Reset

Intra-Criteria Evaluation

Select one criterion to start the elicitation:
 Horas totais de serviço

You can either:
[Declare as a linear function](#) if you don't want to elicit the marginal value function ?
 Or
 Proceed to elicitation below.

The information related to some criteria is not complete. The criteria below shall be elicited:
Horas totais de serviço;
Numero de OS finalizadas;

Considering the criterion "Horas totais de serviço" comparing the two ranges below, which range do you prefer to decrease, in order to have a greater increase in the value of the range?

From 292,00 to 148,50 .
 From 148,50 to 5,00 .

Remark: An indifference between the two ranges is equivalent to declare as a linear function above.

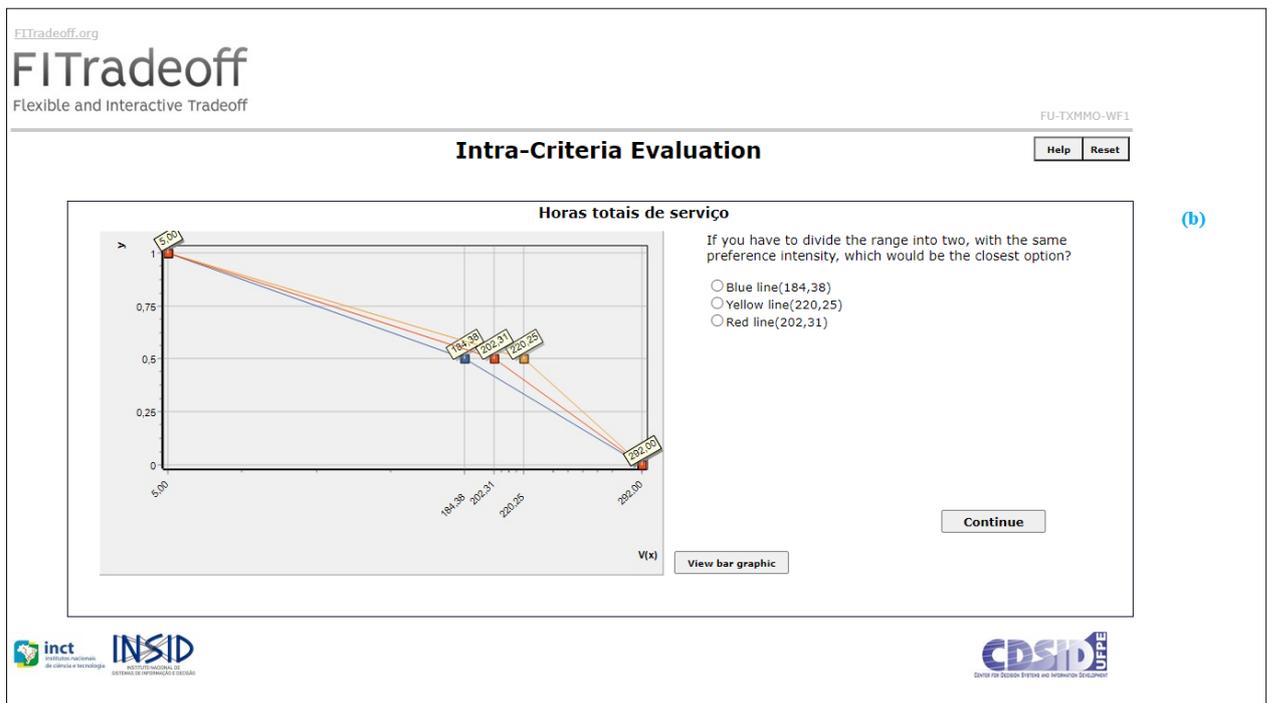
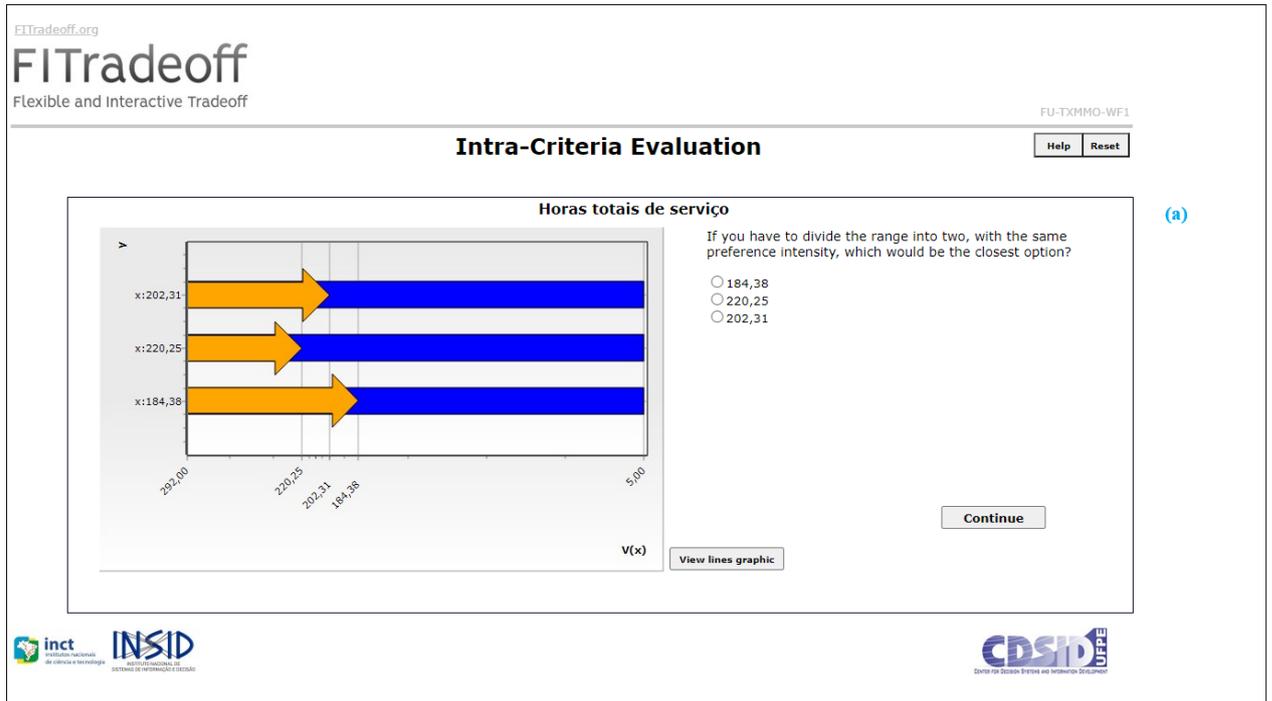
Percentual variation admissible for deviation: 15 ?



Fonte: O autor (2021).

Considerando o primeiro intervalo analisado [292; 5], por se tratar de um critério de minimização, foi perguntado ao decisor se para ele representava mais o decréscimo de 292 horas de serviço para 148,5 ou o decréscimo de 148,5 horas para 5. Onde o decisor declarou representar mais o decréscimo de 292 para 148,5, gerando então a segunda pergunta da elicitação. Após três perguntas respondidas, os valores superior e inferior do intervalo elicitado para o ponto $x_{0,5}$ alcançaram o valor DA utilizado no critério de parada.

A visualização gráfica das três séries com os possíveis valores de consequências para o critério avaliado foi habilitada. Na qual, a Figura 12 traz os gráficos de séries, logo após o momento em que o decisor foi informado sobre a identificação do menor *range*. Desse modo, como mencionado, inicialmente um gráfico de barras **(a)** exibe os três valores de referência possível para representação do ponto $x_{0,5}$. Podendo o decisor alternar para a visualização do gráfico de linhas **(b)**, caso se sinta mais familiarizado para realizar a avaliação. O intuito de fornecer dois tipos de gráfico é reforçar a premissa da flexibilidade durante elicitação e consequente redução do esforço cognitivo do usuário.

Figura 12- Exibições gráficas para o ponto $x_{0,5}$.

Fonte: O autor (2021).

Assim, o decisor optou pela curva representada pela série azul, atribuindo o valor $v(0,5) = 184,38$. Em seguida, deu-se início à elicitacão do valor para o ponto $x_{0,25}$, considerando o intervalo $[292; 184,38]$, uma vez que o decisor declarou que 184,38

representava o ponto médio da função valor para o critério “Horas totais de serviço”. A Figura 13 registra o instante em que a primeira pergunta desta segunda rodada foi feita.

Figura 13- Primeira pergunta do ponto $x_{0,25}$ para critério "Horas totais de serviço".

The screenshot displays the FITradeoff software interface for an Intra-Criteria Evaluation. At the top, the title "FITradeoff" is shown with the subtitle "Flexible and Interactive Tradeoff". The current session is identified as "FU-TXMMO-WF1". The main heading is "Intra-Criteria Evaluation", with "Help" and "Reset" buttons to the right.

The interface prompts the user to "Select one criterion to start the elicitation:", with "Horas totais de serviço" selected in a dropdown menu. It offers two options: "Declare as a linear function" (if the user doesn't want to elicit the marginal value function) or to proceed to elicitation. The elicitation question asks: "Considering the criterion 'Horas totais de serviço' comparing the two ranges below, which range do you prefer to decrease, in order to have a greater increase in the value of the range?".

Two ranges are presented on a horizontal scale:

- Range 1: From 292,00 to 238,19 (highlighted in orange with a right-pointing arrow).
- Range 2: From 238,19 to 184,38 (highlighted in blue).

 Radio buttons indicate that the first range is selected. An "Ok" button is located below the ranges.

A remark states: "An indifference between the two ranges is equivalent to declare as a linear function above." Below this, the "Percentual variation admissible for deviation" is set to 15.

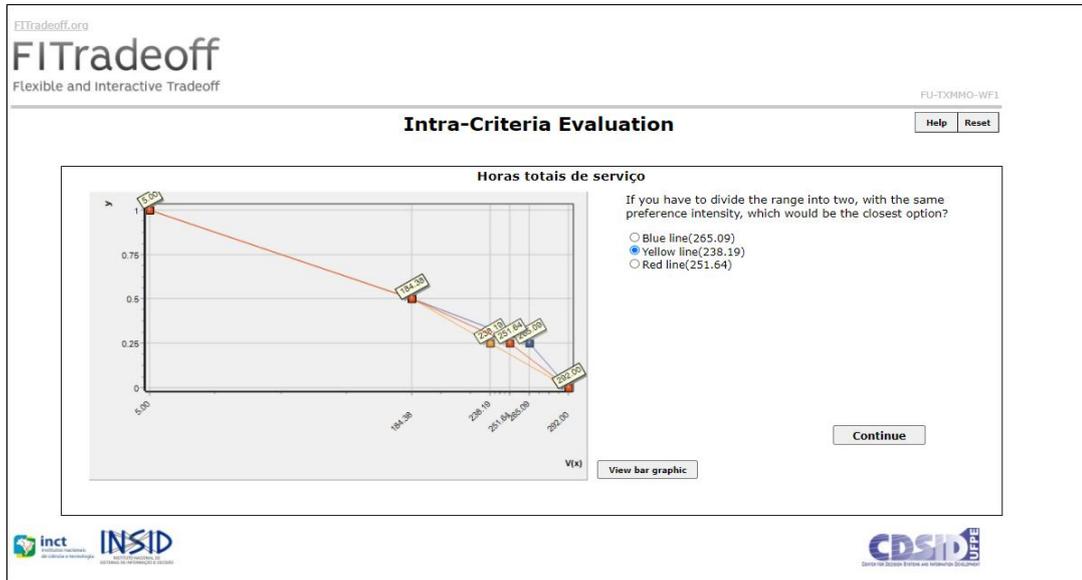
Logos for INCT (Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia), INSID (Instituto Nacional de Segurança de Informação e Tecnologia), and CDSID/UFPE (Centro de Estudos em Sistemas Dinâmicos e em Teoria da Decisão) are visible at the bottom.

Fonte: O autor (2021).

Desta forma, considerando a elicitação para o intervalo abaixo do ponto médio, foi perguntado ao decisor se para ele era mais preferível o decréscimo de 292 horas de serviço para 238,19 ou de 238,19 para 184,38 horas. Onde o decisor declarou representar mais o decréscimo de 292 para 238,19. Gerando então a segunda pergunta da elicitação e atualização dos intervalos.

Ao responder a segunda questão, os valores superior e inferior do intervalo elicitado para o ponto $x_{0,25}$ atenderam ao critério de parada. E um novo gráfico de séries foi exibido, conforme apresentado na Figura 14. Sendo, desta vez, escolhida a curva amarela, atribuindo o valor $v(0,25) = 238,19$.

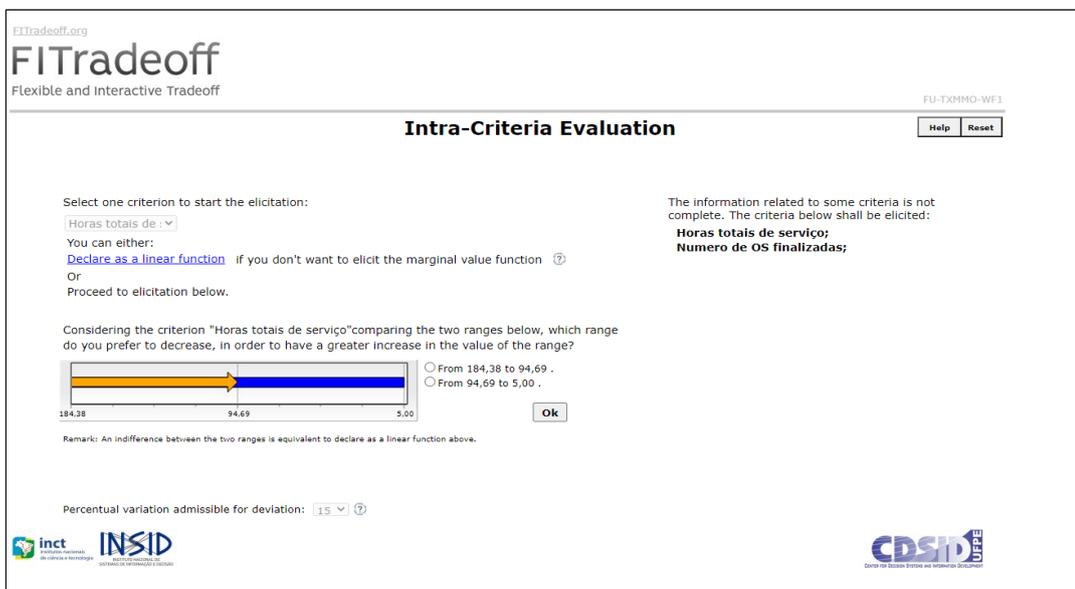
Figura 14- Gráfico de séries para o ponto $x_{0,25}$.



Fonte: O autor (2021).

Em seguida, iniciou-se a terceira rodada de elicitacão, desta vez para o valor do ponto $x_{0,75}$, considerando o intervalo [184,38; 5]. A Figura 15 registra o instante em que o decisor responde a primeira pergunta.

Figura 15- Primeira pergunta do ponto $x_{0,75}$ para critério " Horas totais de serviço ".

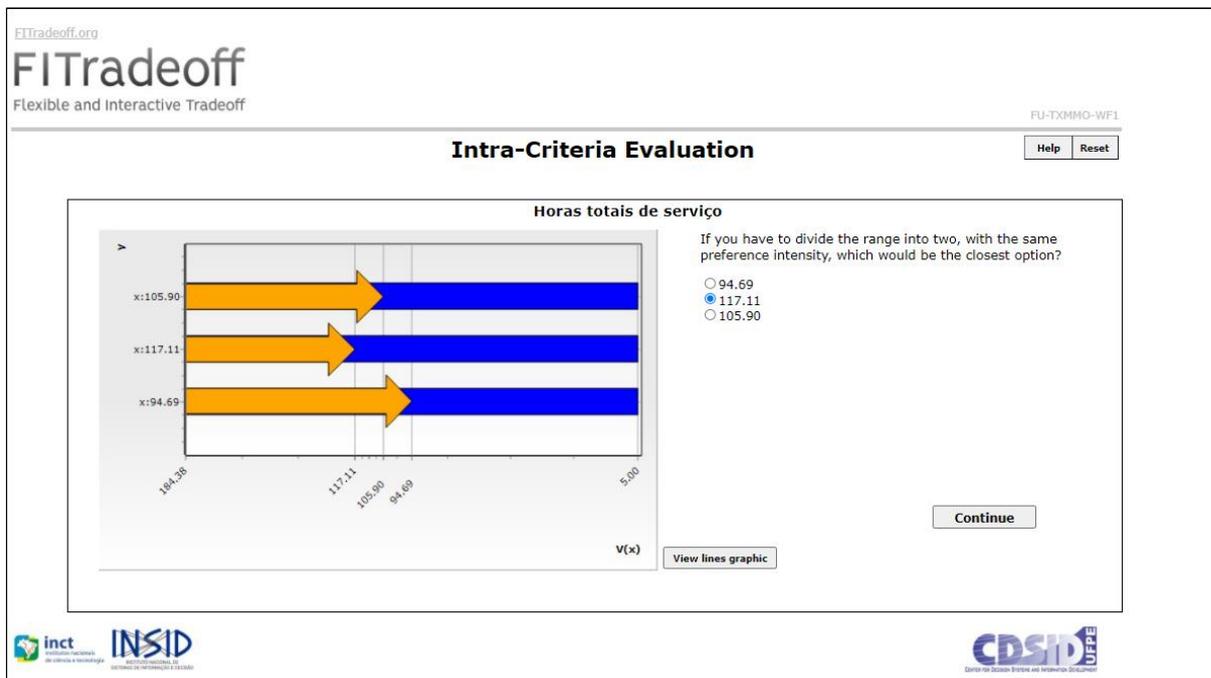


Fonte: O autor (2021).

Assim, na primeira pergunta o decisor deveria declarar se para ele era mais preferível diminuir as horas de serviço de 184,38 para 94,69 ou de 94,69 horas para 5. Onde ele afirmou que o decréscimo de 184,38 para 94,69 representava mais seus interesses, consequentemente, atualizando o valor do limite do intervalo.

Desta vez foram necessárias três respostas para que o critério de parada fosse atendido. Interrompendo a elicitación do *range* e exibindo ao decisor o gráfico de barras, conforme ilustrado na Figura 16.

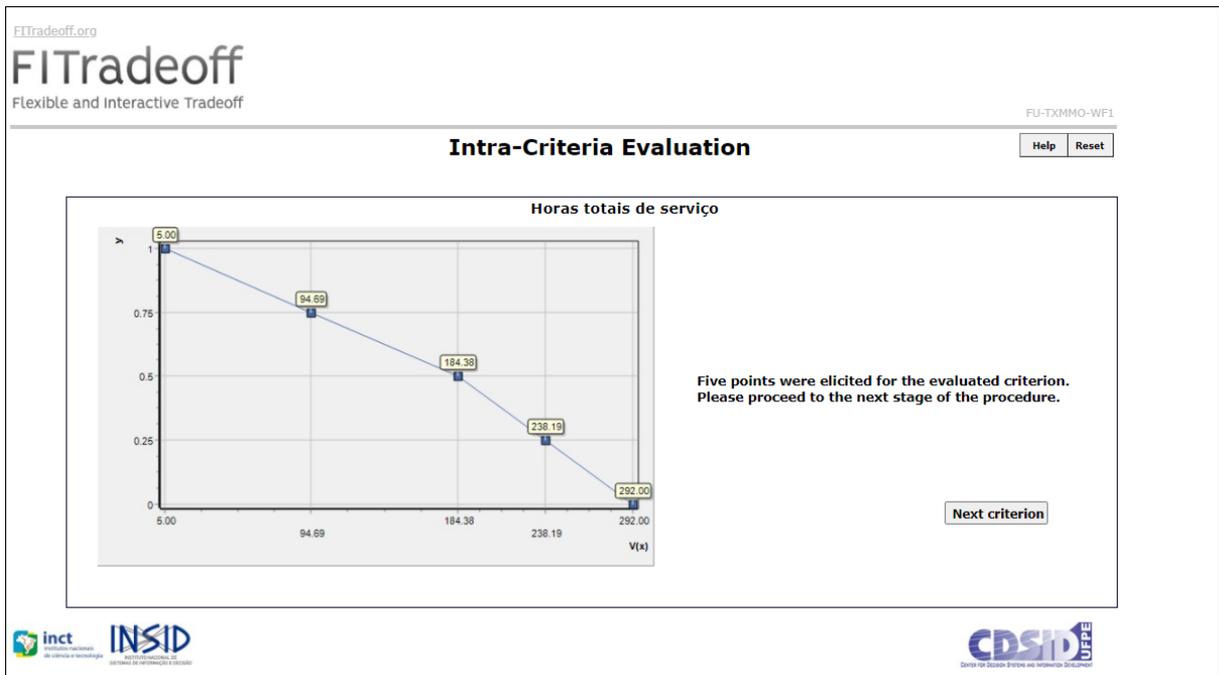
Figura 16- Gráfico de séries para o ponto $x_{0,75}$



Fonte: O autor (2021).

Ao observar as três séries, o decisor optou pelo valor $v(0,75) = 94,69$ e obtendo a forma final da função valor para o critério “Horas totais de serviço”, apresentada na Figura 17.

Figura 17- Forma final da função valor para o critério “Horas totais de serviço”.



Fonte: O autor (2021).

Finalizadas as três rodadas de perguntas para o primeiro critério avaliado, deu-se início à elicitação do segundo critério “Número de OS finalizadas”, sendo ele de maximização. A variação de 15% foi mantida, assim, o intervalo analisado não ultrapassaria 12,15 unidades. A Figura 18 ilustra o momento em que a terceira pergunta era respondida pelo decisor, considerando que agora o intervalo analisado é [3; 84].

Figura 18- Terceira pergunta do ponto $x_{0,5}$ para critério " Número de OS finalizadas ".

FITradeoff.org
FITradeoff
 Flexible and Interactive Tradeoff

FU-TXMMO-WF1
 Help Reset

Intra-Criteria Evaluation

Select one criterion to start the elicitation:

You can either:
[Declare as a linear function](#) if you don't want to elicit the marginal value function ?
 Or
 Proceed to elicitation below.

Considering the criterion "Numero de OS finalizadas" comparing the two ranges below, which range do you prefer to increase, in order to have a greater increase in the value of the range?

From 3,00 to 53,63 .
 From 53,63 to 84,00 .

OK

Remark: An indifference between the two ranges is equivalent to declare as a linear function above.

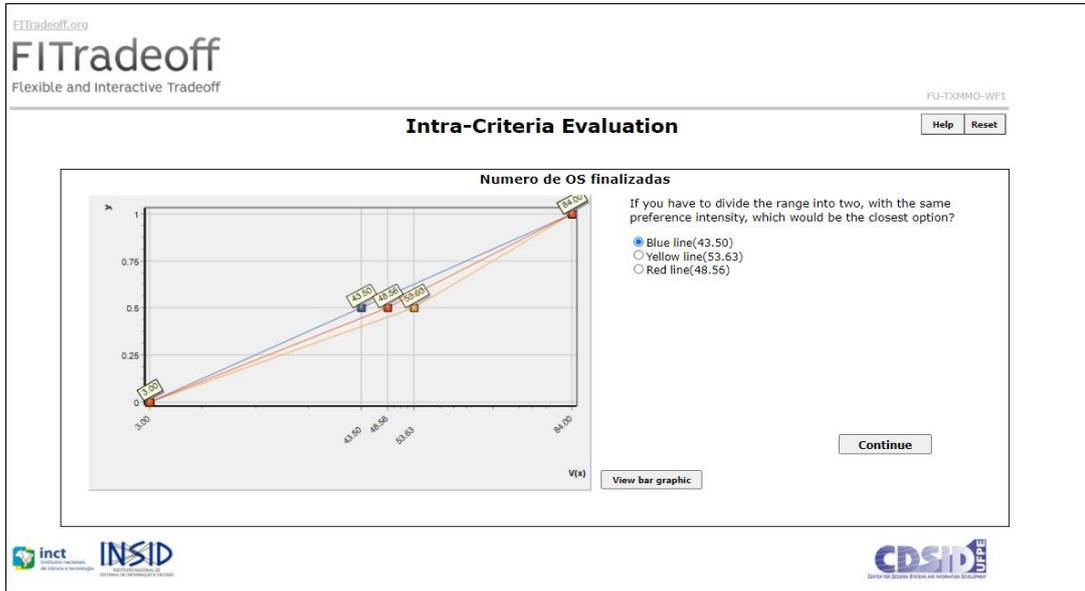
[View value function graphic](#) ?

Percentual variation admissible for deviation: ?

Fonte: O autor (2021).

Na terceira pergunta da elicitação do ponto $x_{0,5}$, por exemplo, o decisor declarou que era mais significativo o acréscimo de 3 para 53,63 unidades, isto é, era desejável atender maior quantidade de ordens. Após confirmar esta resposta, o gráfico de séries foi exibido, perguntando ao decisor qual dos três valores representaria melhor o ponto médio da função valor. A Figura 19 apresenta o momento da escolha, ao exibir o gráfico de linhas.

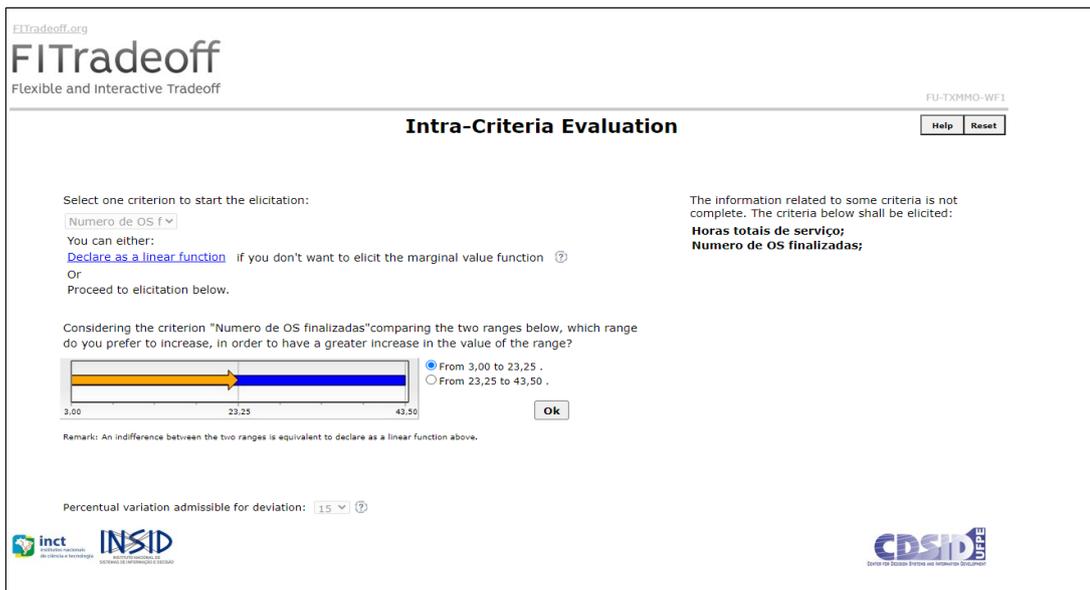
Figura 19- Gráfico de séries para o ponto $x_{0,5}$.



Fonte: O autor (2021).

A curva azul foi a selecionada, declarando para o critério “Número de OS finalizadas” o ponto $v(0,5) = 43,5$. Após, deu-se início à elicitación do valor $x_{0,25}$, considerando o intervalo [3; 43,5]. A Figura 20 registra o momento da primeira pergunta feita na segunda rodada.

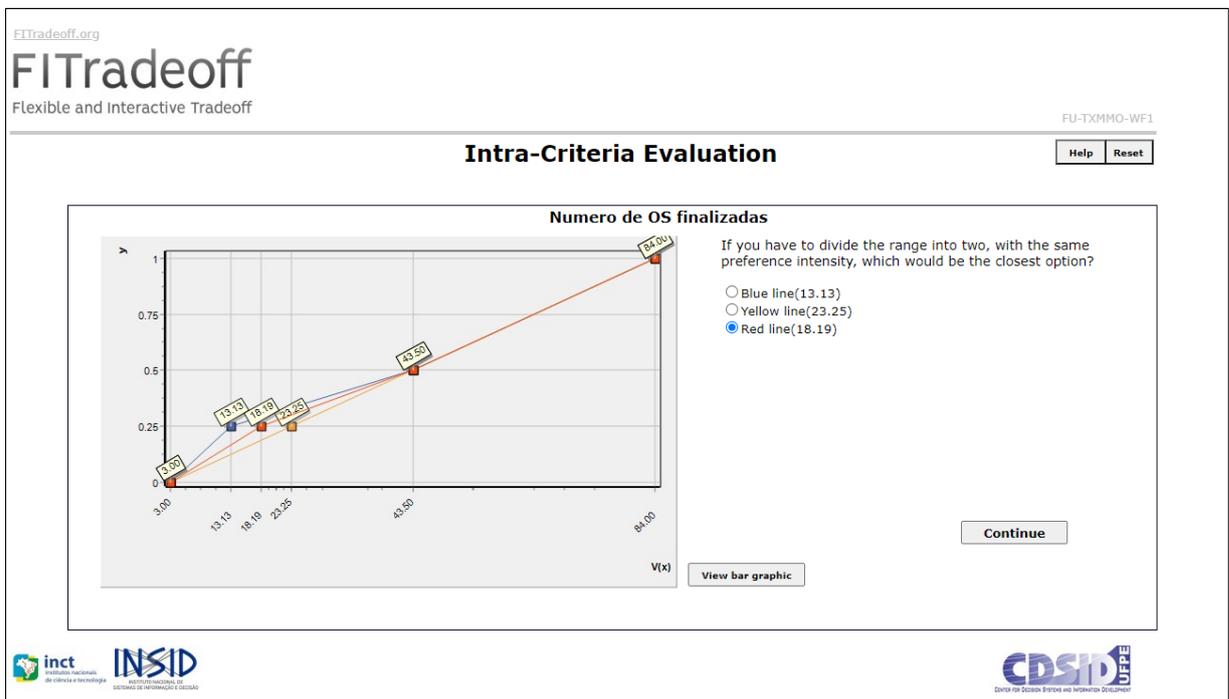
Figura 20- Primeira pergunta do ponto $x_{0,25}$ para critério " Número de OS finalizadas".



Fonte: O autor (2021).

Desta forma, considerando a elicitación para o intervalo abaixo do ponto médio, foi perguntado ao decisor se para ele era mais preferível aumentar o número de OS de 3 para 23,25 ou de 23,25 para 43,5. Onde o mesmo preferiu um aumento no valor de 3 para 23,25, gerando a segunda pergunta da elicitación. Que ao ser respondida, o critério de parada do critério foi atendido e o gráfico de linhas com as séries para o ponto $x_{0,25}$ exibido, conforme Figura 21.

Figura 21- Gráfico de séries para o ponto $x_{0,25}$.



Fonte: O autor (2021).

Novamente o decisor selecionou a série vermelha, concluindo que $v(0,25) = 18,19$. Em seguida, foi iniciada a terceira rodada de elicitación, desta vez para o valor do ponto $x_{0,75}$, considerando o intervalo [43,5; 84]. A Figura 22 registra o instante em que o decisor responde a primeira pergunta realizada na elicitación.

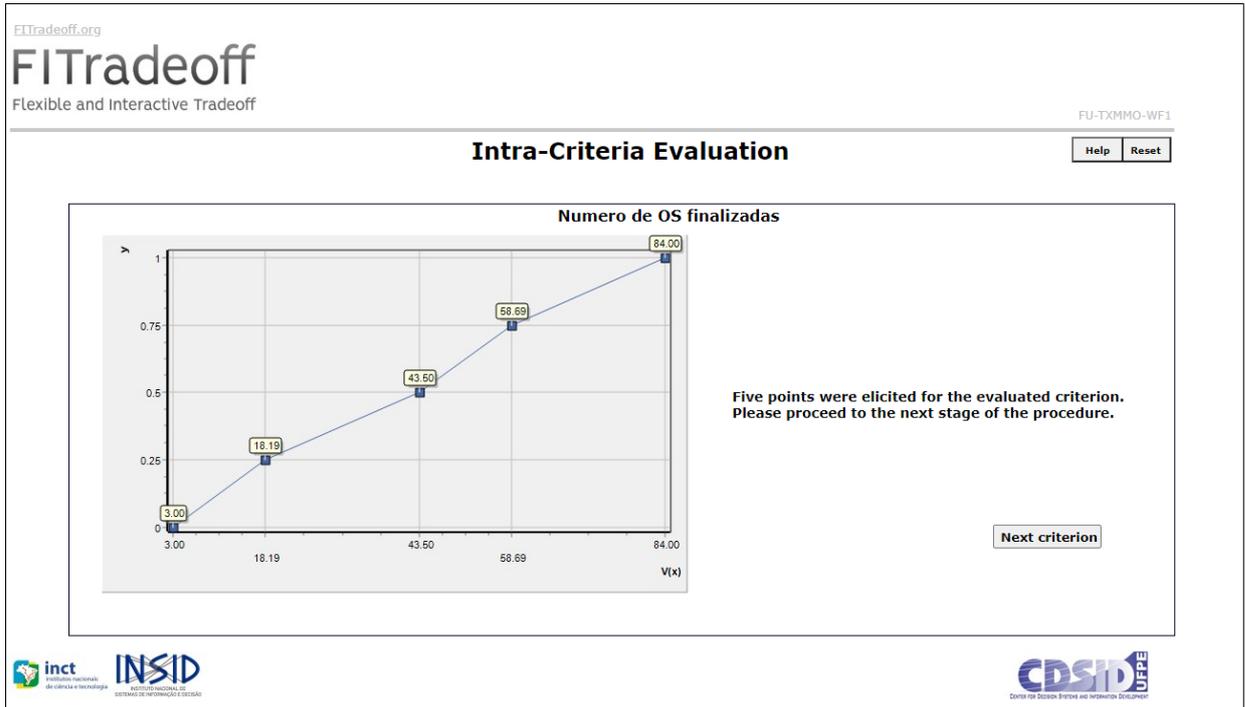
Figura 22- Primeira pergunta do ponto $x_{0,75}$ para critério " Número de OS finalizadas".

The screenshot shows the FITradeoff software interface. At the top left, it says 'FITradeoff.org' and 'FITradeoff Flexible and Interactive Tradeoff'. On the top right, it says 'FU-TXMMMO-WF1' and has 'Help' and 'Reset' buttons. The main title is 'Intra-Criteria Evaluation'. Below this, it asks to 'Select one criterion to start the elicitation:' with a dropdown menu showing 'Numero de OS f'. It then asks 'You can either: Declare as a linear function if you don't want to elicit the marginal value function' or 'Proceed to elicitation below.' To the right, it states 'The information related to some criteria is not complete. The criteria below shall be elicited: Horas totais de serviço; Numero de OS finalizadas;'. The main question is 'Considering the criterion "Numero de OS finalizadas" comparing the two ranges below, which range do you prefer to increase, in order to have a greater increase in the value of the range?'. Below this is a horizontal bar with a yellow arrow pointing right from 43,50 to 63,75, and a blue bar from 63,75 to 84,00. There are two radio button options: 'From 43,50 to 63,75' and 'From 63,75 to 84,00'. An 'Ok' button is also present. At the bottom left, there are logos for 'inct' and 'INSID'. At the bottom right, there is a logo for 'CDSID UFPE'. A 'Percentual variation admissible for deviation: 15' is also visible.

Fonte: O autor (2021).

Na terceira resposta dada o critério de parada foi atendido. Assim, o gráfico de séries para o ponto $x_{0,75}$ foi exibido e após declarar $v(0,75) = 58,69$ unidades, o gráfico com a forma final da função valor marginal para o critério “Número de OS finalizadas” foi exibido, conforme ilustrado na Figura 23.

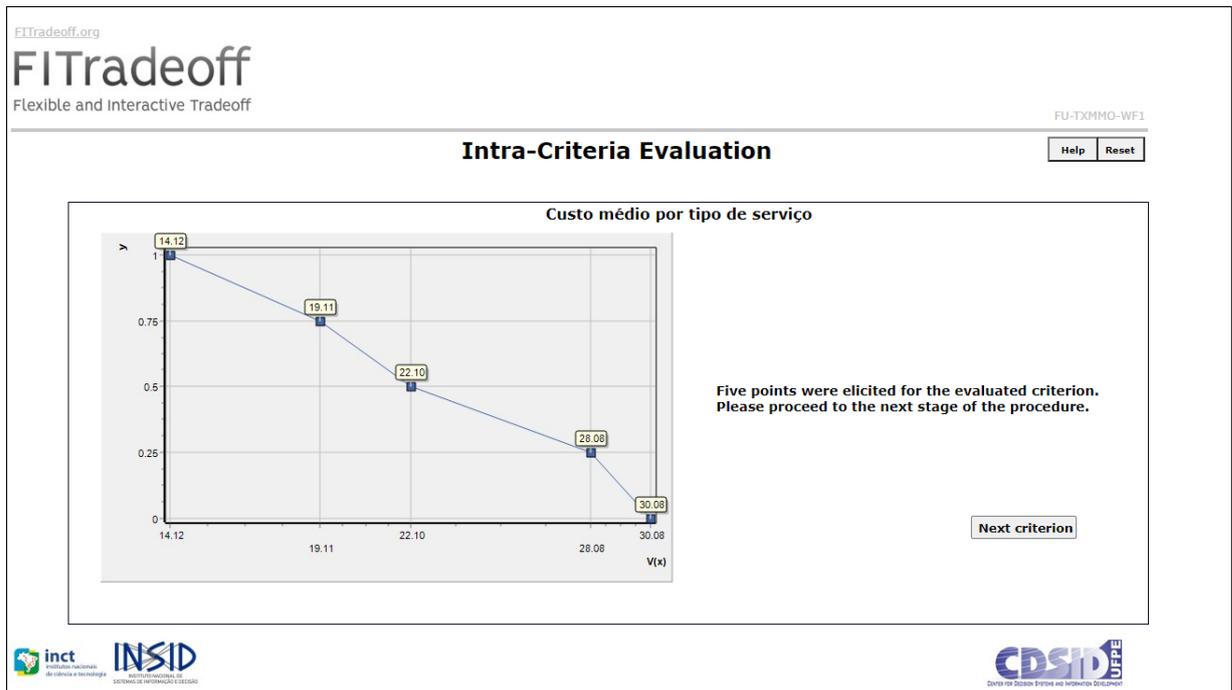
Figura 23- Forma final da função valor para o critério “Número de OS finalizadas”.



Fonte: O autor (2021).

Ao concluir a elicitação dos critérios “Horas totais de serviço” e “Número de OS finalizadas”, como desejado, o decisor optou por elicitar um terceiro critério, que envolvia a minimização do “Custo médio por tipo de serviço”. Ao total, sete perguntas foram respondidas até que se obtivesse os valores e forma final da função valor marginal do critério. Esta última, ilustrada na Figura 24.

Figura 24- Forma final da função valor para o critério “Custo médio por tipo de serviço”.



Fonte: O autor (2021).

Após elicitar o terceiro critério, o decisor finalizou a etapa de avaliação intracritério, uma vez que para “Número de funcionários” as informações haviam sido declaradas anteriormente, via Excel. Um aviso foi exibido ao decisor, solicitando que o mesmo confirmasse a ação.

Desse modo, toda vez que acionado o link “Stop Elicitation”, a elicitação intracritério é encerrada, utilizando as informações declaradas inicialmente, caso existam, complementarmente às elicidadas na realização do processo. Vale destacar que este recurso passa a ficar disponível somente após todos os critérios imputados com informações incompletas serem elicitados, nesta aplicação, por exemplo, quando finalizadas as elicitações dos critérios “Horas totais de serviço” e “Número de OS finalizadas”. A Figura 25 registra o momento em que a pergunta de confirmação é realizada.

Figura 25- Interface de confirmação para finalizar avaliação intracritério.

FITradeoff.org
FITradeoff
 Flexible and Interactive Tradeoff

FU-TXMMO-WF1
 Help Reset

Intra-Criteria Evaluation

Select one criterion to start the elicitation:
 Número de func

You can either:
 Declare as a linear function if you don't want to elicit the marginal value function. Or
 Proceed to elicitation below.

Considering the criterion "Número de f"
 do you prefer to increase, in order to h

1.00 2.50 4.00

Remark: An indifference between the two ranges is equivalent to declare as a linear function above.

Percentual variation admissible for deviation: 15

The information related to some criteria is not complete. The criteria below shall be elicited:
Horas totais de serviço;
Numero de OS finalizadas;

If you leave this page, you will be directed to the Inter-criteria evaluation. For the remaining criteria, the information stated in the spreadsheet will be considered for intra-criteria evaluation. Are you sure you want to leave?

Cancel Confirm

Stop elicitation

Logos: inct, INSID, CDSID UFPR

Fonte: O autor (2021).

Finalizada a etapa 07 de avaliação Intracritério, o sistema foi direcionado para o módulo seguinte, seguindo para a realização das fases 08, 09 e 10 do *framework* proposto por De Almeida (2013). Iniciando com isso a etapa de elicitação flexível da avaliação Intercritério. Obtendo um *ranking* final como proposta de solução para o estudo de priorização no atendimento das ordens de serviço de acordo com o tipo de serviço demandado da oficina mecânica.

4.3 AVALIAÇÃO INTERCRITÉRIO, ELABORAÇÃO DE RECOMENDAÇÃO E ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Para as etapas 08 e 09, de avaliação intercritério, inicialmente o decisor ordenou as constantes de escala dos critérios analisados, em relação às suas preferências. Sendo definido que “Número de funcionários” > “Horas totais de serviço” > ‘Número de OSs finalizadas’ > Impacto no setor” > “Custo médio por tipo de serviço”. A Figura 26 ilustra o momento em que o decisor confirma a ordenação no SAD *web* do método FITradeoff.

Figura 26- Ordenação das constantes de escala dos critérios.

The screenshot displays the FITradeoff software interface. At the top, it says "FITradeoff Flexible and Interactive Tradeoff" and "FU-TXMMO-WF1". The main heading is "Ranking of criteria scaling constants By overall evaluation". Below this, there are two main sections: I. Consider a hypothetical alternative: and 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). A bar chart shows five criteria (C1 to C5) with their scaling constants (B1:4, B2:5, B3:5, B4:84, B5:14,12). A dialog box asks "Do you agree with the final order found?" with "YES" and "NO" buttons. The right panel shows a list of chosen scaling constants: 1.C1-Número de funcionários, 2.C2-Horas totais de serviço, 3.C4-Numero de OS finalizadas, 4.C3-Impacto no setor, 5.C5-Custo médio por tipo de serviço. Logos for INCT, INSID, and CDSID UFPE are visible at the bottom.

Fonte: O autor (2021).

No passo seguinte foi iniciado o processo de elicitacão flexível, onde o decisor optou em realizar a avaliao utilizando a elicitacão por decomposio. Declarando, entre comparaes aos pares, qual valor de consequência era mais preferível em relao ao seu julgamento. A Figura 27 exibe o instante em que a segunda pergunta era realizada ao decisor.

Figura 27- Segunda pergunta da elicitación flexível.

FITradeoff.org
FITradeoff
 Flexible and Interactive Tradeoff

FU-TXMMO-WF1
 Help Reset

Which consequence do you prefer?
 Answer the questions by choosing one option

Consequence A

C1 X1:2,5

C2 W2:292

C3 W3:3

C4 W4:1

C5 W5:30,08

Consequence B

C1 W1:1

C2 B2:5

C3 W3:3

C4 W4:1

C5 W5:30,08

Options:

Consequence A

Consequence B

Indifferent

No Answer

Inconsistency

OK

Questions Answered: 1
 Number of levels: 1

Show Current Results

Legend of criteria scaling constants:

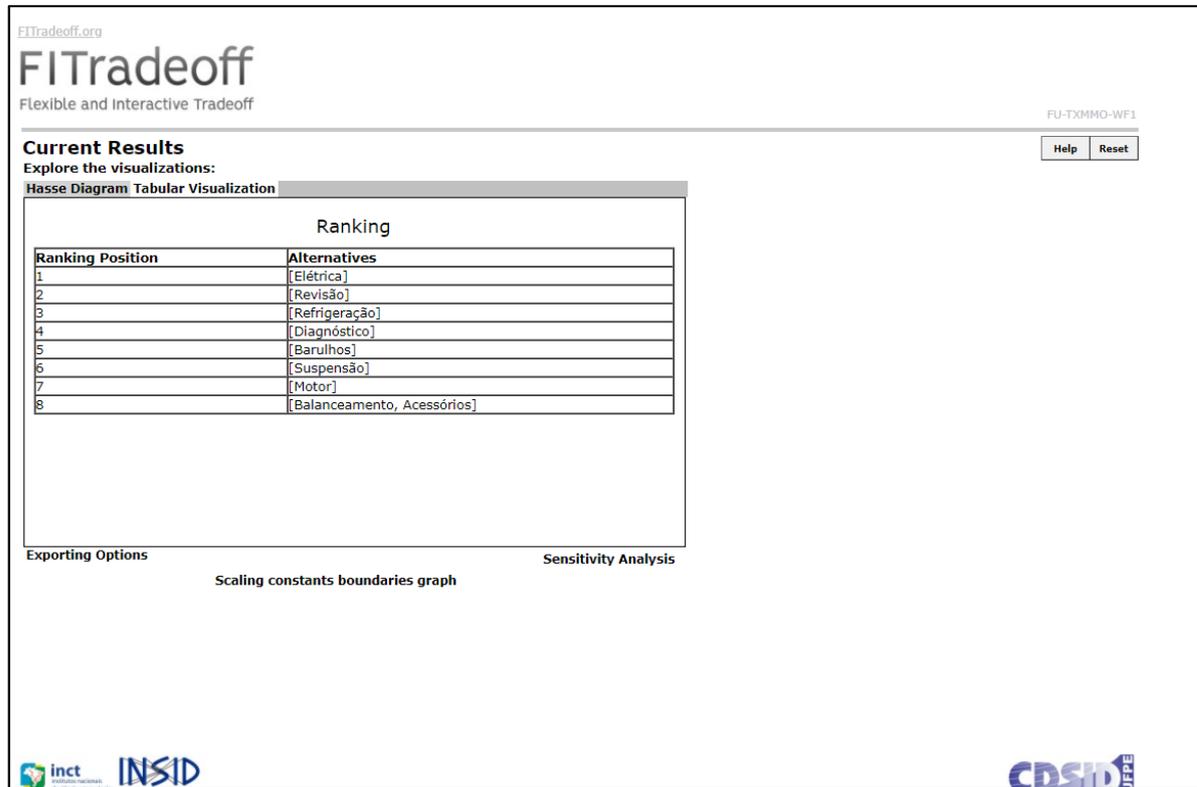
C1 - Número de funcionários
 C2 - Horas totais de serviço
 C3 - Numero de OS finalizadas
 C4 - Impacto no setor
 C5 - Custo médio por tipo de serviço

inct
INSID
CDSID UFPE

Fonte: O autor (2021).

Ao total, dezesseis respostas foram dadas até que o sistema apresentasse como solução final uma pré-ordem completa, como exibido na Figura 28.

Figura 28- Solução final fornecida pelo SAD web.

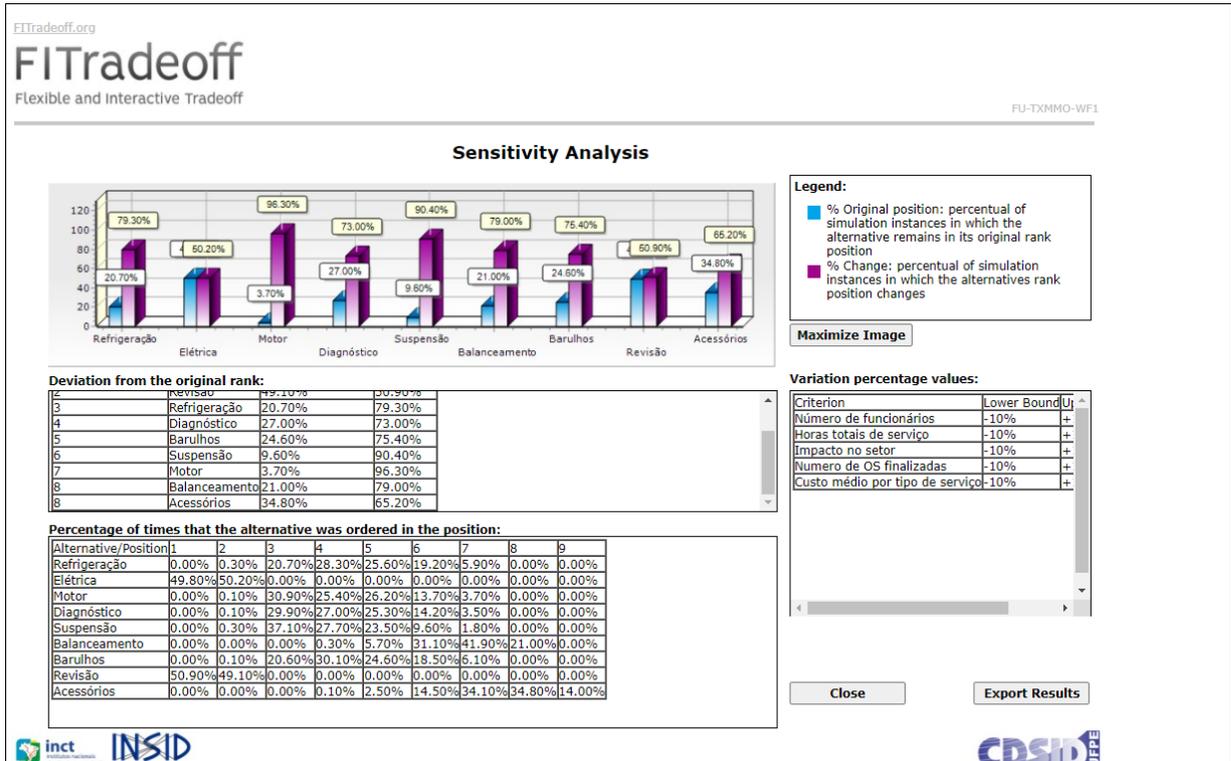


Fonte: O autor (2021).

Sendo priorizadas os tipos de serviço na seguinte ordem: Elétrica, Revisão, Refrigeração, Diagnóstico, Barulhos, Suspensão, Motor e [Balanceamento, Acessórios]. É possível observar que as alternativas Balanceamento e Acessórios mantiveram-se com relações de indiferença. Ou seja, dado o nível de informações obtidas e as respostas fornecidas durante a etapa de avaliação Intercritério, estes dois tipos de serviço mantiveram-se sem que nenhum dominasse o outro em termos do valor global de suas *performances*.

Assim, foi possível sugerir que outros aspectos de interesse fossem utilizados para avaliar estas alternativas. Ou que o próprio decisor, de acordo com seu conhecimento, estabelecesse uma hierarquia nestes, baseado na observação direta dos valores de cada consequência $v_i(x_{ij})$. Para fins de melhor entendimento sobre a solução, foi realizada uma análise de sensibilidade (AS) variando em 10% o valor das consequências de todos os critérios considerados no problema. A Figura 29 traz a interface final após concluída a AS, onde pôde-se fazer novas observações.

Figura 29- Resultado final da Análise de sensibilidade- Módulo de ordenação.



Fonte: O autor (2021).

Observando o percentual de variação no ranqueamento das alternativas “Balanceamento” e “Acessórios”, em relação à solução original, percebe-se que, respectivamente, estas mudaram suas posições em 79% e 65,2% dos cenários simulados na AS. Dos quais, a alternativa “Balanceamento” permaneceu na sétima posição do ranking em 41,9% dos casos, enquanto a alternativa “Acessórios” na oitava posição em 34,8% dos cenários.

Desse modo, por exemplo, poderia ser estudada a possibilidade de o serviço “Balanceamento” ser priorizado em relação ao do tipo “Acessórios”. Por fim, a partir destas análises, o decisor poderia tomar sua decisão final, repassando-a aos demais integrantes do setor para formular ações operacionais. Bem como discutindo com a esfera superior para planejamento das ações estratégicas futuras.

4.4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Através da ilustração apresentada na seção anterior é possível discutir alguns aspectos sobre a proposta de melhoramento metodológico ao realizar a etapa de avaliação intracritério, por meio de um procedimento flexível de elicitação com uso de informações parciais.

Inicialmente é válido observar que, em termos gerais, nenhum dos critérios elicitados apresentaram comportamento linear, após obtidos os três pontos ($x_{0,5}$, $x_{0,25}$ e $x_{0,75}$). O que reforça a defesa apresentada por autores da área sobre a necessidade de estudar meios e desenvolver metodologias que elicitem as preferências dos decisores deste o momento de avaliação intracritério. Uma vez que, em alguns casos, as simplificações podem introduzir os chamados “erros de modelagem”, conforme apresentado por Edwards e Barron (1994). Gerando distorções em relação ao resultado final exibido após etapa de avaliação Intercritério.

Em relação à forma da função valor encontrada para o primeiro critério elicitado, “Horas totais de serviço”, é possível perceber pequenos decréscimos a cada intervalo observado, estando os melhores valores de consequência acima do ponto médio, o que de fato reflete as aspirações declaradas pelo decisor durante a elicitação. Neste, é no ponto $x_{0,5}$ que se percebe o ponto de inflexão da curva.

Quanto ao critério “Número de OS finalizadas”, este apresentou maior a variação no comportamento da própria função valor marginal. Com isso, argumenta-se que se de fato este critério houvesse sido declarado como linear, uma distorção na modelagem poderia ocorrer quando combinado a outros fatores do problema analisado. Uma vez que os valores de consequências elicitados para os três pontos se distribuíram de forma desuniforme. É possível inferir também que é no ponto médio da função onde se percebe novo crescimento da curva, sendo o valor de 43,5 exatamente a metade da escala local analisada.

Por fim, no critério de minimização “Custo médio por tipo de serviço”, o decisor havia informado inicialmente que este se tratava de um critério com comportamento linear. Mas após realizar a elicitação intracritério para este, foi possível analisar que nos intervalos de [1; 0,75] e [0,5; 0,25] a função possui grandes intervalos de decrescimento. Dando à função valor marginal final, um comportamento irregular em seu decaimento.

Em linhas gerais a elicitação intracritério não provocou dúvidas e para todos os critérios elicitados, um número de perguntas considerado baixo foi suficiente para gerar os gráficos de séries para avaliação do decisor quanto aos possíveis valores que cada um dos pontos elicitados poderia adotar.

Para a elicitação do primeiro intervalo $[0;1]$ de todos os critérios, que busca pelo ponto médio das funções, foram necessárias três respostas até que o critério de parada de cada um fosse alcançado. Este fato pode ter sido ocasionado naturalmente por ser o de maior variação no espaço possível de soluções, ou seja, por considerar todo o intervalo de consequências de cada atributo, da máxima à mínima.

Por fim, diante do exposto, o Capítulo 4 apresentou a ilustração de um problema de priorização de tipos de serviços desenvolvidos na oficina mecânica de uma concessionária de veículos. Com o auxílio da versão *web* de um sistema de apoio à decisão, um decisor utilizou o método FITradeoff para obter uma ordem final e realizar análise de sensibilidade do resultado para compor o estudo desenvolvido. Primeiramente foi realizada a etapa de avaliação Intracritério, por meio da elicitação das funções valor de três critérios dos cinco considerados no problema, demonstrando a metodologia da abordagem proposta. Em seguida, o decisor realizou a etapa de avaliação intercritério, comparando aos pares os desempenhos de alternativas a partir de julgamentos preferências, em um processo flexível de elicitação até que se obtivesse o ranqueamento final priorizando os tipos de OS atendidas no setor. Observações gerais foram feitas a respeito do comportamento das funções valor marginais de cada critério elicitado e sobre esforço do decisor ao longo da elicitação intracritério e utilização do sistema. Adicionalmente, foram interpretados os cenários obtidos com a AS performada.

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. Bem como traz sugestões para futuros trabalhos e investigações sobre aspectos que ainda podem ser explorados.

5.1 CONCLUSÕES

O presente estudo apresentou uma nova proposta de elicitação de preferências para a etapa de avaliação intracritério do método FITradeoff com uso de informação parcial, intentando melhorias metodológicas no sistema *web* FITradeoff.

Por meio de uma adaptação no método da bisseção, o decisor pôde elicitar a forma da função valor marginal de critérios em seu problema, declarando apenas julgamentos de preferência estrita. Ao invés de necessariamente fornecer informações completas sobre o comportamento destes, especialmente quando casos de não linearidade.

Assim, utilizar informações parciais em um processo que faça uso do método da bisseção se mostra muito pertinente em problemas MAVT. O que pode ser vantajoso para os decisores no momento da elicitação de funções valor, ao explorar de forma gradual o espaço de ações destes problemas. Além de não exigir informações precisas, permitindo um processo de aprendizagem construtiva.

Em oposição a diversos modelos encontrados atualmente na literatura, esta pesquisa busca utilizar os próprios valores de desempenho de cada critério para determinar o espaço de consequências admissível, dado um problema multicritério. Estabelecendo dessa forma uma escala de medição local dos atributos avaliados, o que reforça o intuito de executar a modelagem de acordo com as circunstâncias que surjam.

Por meio da apresentação do procedimento proposto, ao ilustrar um problema multicritério de priorização da ordem no atendimento de serviços em uma oficina mecânica, foi possível visualizar a dinâmica de interação do decisor com o SAD *web* do método FITradeoff, constatando ao final que as funções valor analisadas de fato não possuíam comportamento linear, apresentando pontos de inflexão mais ou menos perceptíveis.

Assim, o desenvolvimento e implementação da proposta na versão *web* do sistema executou de forma satisfatória a elicitação de preferências na etapa de avaliação intracritério. Permitindo que o restante do processo fosse continuado, até que uma solução final fosse

apresentada ao decisor. Ressaltando o aspecto de que toda a elicitación, desde a modelagem do problema, considerou as aspirações do decisor de forma interativa.

Desta forma, considera-se que este entendimento sobre o problema gerou discussões enriquecedoras, uma vez que foi possível visualizar as formas finais das funções valor de cada critério elicitado, compreendendo melhor a postura do decisor diante de cada aspecto analisado, percebendo o impacto destes no problema como um todo.

Assim, eliciar as funções em um processo gradual contribuiu na diminuição do esforço cognitivo e *stress* do decisor. Ao não ser imposto que o mesmo declarasse informações completas para modelagem do problema ou simplesmente considerasse uma simplificação ao linearizar todos os atributos.

Outro aspecto do estudo é a geração de um impacto positivo a partir da utilização da proposta de melhoramento metodológico para a etapa de avaliação intracritério do método FITradeoff (SANTO; FREJ; De ALMEIDA, 2021), possibilitando que o mesmo seja utilizado em contextos cada vez mais complexos, ajudando decisores dos mais diferentes perfis, na tomada de decisão multicritério, ao integrarem suas percepções em todas as etapas de um processo de elicitación, desde a concepção da modelagem do problema. O que se mostra relevante em termos de apoiar processos decisórios que diariamente são desenvolvidos dentro das corporações e instituições de Pesquisa e Desenvolvimento.

Isto contribui para que menos erros sejam gerados em detrimento de informações distorcidas ou desconhecimento de como se comportam os critérios analisados em um problema multicritério. O que pode atribuir maior veracidade às soluções aplicadas, atuando diretamente sobre a geração positiva de impactos econômicos em cada solução apresentada a um decisor.

Esta possibilidade assoma a viabilidade da contínua expansão de aplicações utilizando o método FITradeoff, onde se pode usar um sistema de apoio à decisão *web* em diferentes tipos de problemática, ampliando sua contribuição para a sociedade, ao solucionar de forma interativa problemas reais, normalmente dinâmicos e complexos. Este fato permite também uma contribuição literária acerca das metodologias e métodos desenvolvidos na área de apoio ao processo decisório.

Em termos ambientais, por exemplo, ao considerar um problema onde um decisor deseja selecionar uma fonte limpa de energia para integrar o projeto de matriz energética de uma cidade, poder contar com o suporte de um sistema *web* que possui método estruturado, desde a modelagem de preferências, e elicitando a cada etapa de avaliação comportamentos

fiéis ao que se espera de cada alternativa e critério, diminui as chances de um impacto negativo sobre a decisão e implantação final da solução encontrada, gerando maior satisfação à cadeia de envolvidos, bem como, proporcionando uma solução ambientalmente viável e sustentável ao sistema analisado.

Por fim, a partir do cumprimento dos objetivos desta pesquisa e resultados observados ao longo de sua aplicação, novos aspectos relevantes para serem avaliados foram percebidos, abrindo outras possibilidades de estudo e aprofundamento.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Diferentes estudos tratam sobre a importância de integrar os julgamentos de valor e aspirações de decisores à modelagem de problemas MCDM/A. E é na etapa de avaliação intracritério que grande parte destes estudos continuam apontando aspectos potenciais para investigação. Sendo assim, é interessante que a abordagem proposta neste estudo seja performada em aplicações reais, permitindo que se elicitam as funções valor dos critérios, ao invés de utilizar funções analíticas prontas. Possibilitando mais contribuições metodológicas na área de análise e decisão multicritério.

Adicionalmente é sugerido que estudos realizem comparações entre as soluções finais e processo de elicitação encontradas a partir da nova proposta e a partir da abordagem que utiliza funções analíticas prontas. Extraindo sua eficiência em relação à etapa de avaliação intracritério.

Outro aspecto de potencial exploração para estudos futuros é a realização de experimentos na área de neurociência em processos de tomada de decisão para avaliar a carga cognitiva exigida em todo o processo de elicitação. Considerando a abordagem proposta como uma etapa adicional de elicitação.

Um outro aspecto ainda atrelado a estudos de neurociência é a compreensão da carga cognitiva representada nos diferentes modos que o decisor pode guiar a elicitação intracritério, tendo em vista as ferramentas e flexibilidade disponibilizadas pelo SAD. Além de como esta varia entre a abordagem que utiliza funções analíticas prontas *versus* a nova proposta. É visto também a necessidade da investigação sobre o papel de um analista no processo de elicitação e como este pode auxiliar o decisor, junto ao sistema *web*.

É ressaltada também a necessidade de incorporar no sistema *web* FITradeoff a elicitação intracritério de critérios de escala construída, permitindo que o decisor também extraia a

forma da função valor marginal de critérios discretos que sejam considerados em seu problema.

REFERÊNCIAS

- ABDELLAOUI, M.; BLEICHRODT, H.; PARASCHIV, C. Loss aversion under prospect theory: A parameter-free measurement. *Management Science*, 53(10): 1659-1674, 2007.
- BELTON, V.; STEWART, T. Multiple criteria decision analysis: an integrated approach. Springer Science & Business Media, 2002.
- BERTANI, N.; BOUKHATEM, A.; DIECIDUE, E.; PERNY, P.; VIAPPIANI, P. Fast and Simple Adaptive Elicitations: Experimental Test for Probability Weighting. SSRN, 2021.
- CAMILO, D. G. G.; De SOUZA, R. P.; FRAZÃO, T. D. C.; Da COSTA JUNIOR, J. F. 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.
- CBOK, Business Process Management. Guia para o gerenciamento de processos de negócio corpo comum de conhecimento. Association of Business Process Management Professionals. ABPMP BPM CBOK, v. 3, 2015.
- CHAPMAN, J.; SNOWBERG, E.; WANG, S.; CAMERER, C. Loss attitudes in the US population: Evidence from dynamically optimized sequential experimentation (DOSE). National Bureau of Economic Research, 2018.
- CORREIA, L. M. A. M.; Da SILVA, J. M. N.; LEITE, W. K. S.; LUCAS, R. E. C.; COLAÇO, G. A. A multicriteria decision model to rank workstations in a footwear industry based on a FITradeoff-ranking method for ergonomics interventions. *Operational Research*, 1-37, 2021.
- Da CUNHA, C. P. C. B.; DE MIRANDA MOTA, C. M.; DE ALMEIDA, A. T.; FREJ, E. A.; ROSELLI, L. R. P. 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.
- 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.
- De ALMEIDA, A. Processo de decisão nas organizações: construindo modelos de decisão multicritério. Rio de Janeiro: Editora Atlas SA, 2013.

De ALMEIDA, A. T.; De ALMEIDA, J. A. ; COSTA, A. P. C. S. ; De ALMEIDA-FILHO, A. T. “A New Method for Elicitation of Criteria Weights in Additive Models: Flexible and Interactive Tradeoff”, *European Journal of Operational Research*, v. 250, p. 179-191, 2016.

De ALMEIDA-FILHO, A. T.; De ALMEIDA, A. T.; COSTA, A. P. C. S. A flexible elicitation procedure for additive model scale constants. *Annals of Operations Research*, 259: 65-83, 2017.

De ALMEIDA, A. T.; GEIGER, M.; MORAIS, D. C. Challenges in multicriteria decision methods. *IMA Journal of Management Mathematics*, 29(3): 247–252, 2018.

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.; 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.

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.; ROSELLI, L. R. P.; DA SILVA, A. L. G.; ALENCAR, L. H. A supplier selection model for a wholesaler and retailer company based on FITradeoff multicriteria method. *Mathematical Problems in Engineering*, 2020.

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.

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.

FREJ, E. A.; ROSELLI, L. R. P.; DE ALMEIDA, J. A.; DE ALMEIDA, A. T. A multicriteria decision model for supplier selection in a food industry based on FITradeoff method. *Mathematical Problems in Engineering*, 2017.

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*, 19(4): 909-931, 2019.

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.

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

2020.

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

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.

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

JACQUET-LAGREZE, E.; SISKOS, J. Assessing a set of additive utility functions for multicriteria decision-making, the UTA method. *European journal of operational research*, 10(2), 151-164, 1982.

JASZKIEWICZ, A; SŁOWIŃSKI, R. The LBS-discrete interactive procedure for multiplecriteria analysis of decision problems. In: *Multicriteria Analysis*. Springer, 320-330, 1997.

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.

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.

KEENEY, R.L.; RAIFFA, H. *Decision analysis with multiple conflicting objectives*. New York: Cambridge University Press, 1976.

KEENEY, R. L. Value-focused thinking: Identifying decision opportunities and creating alternatives. *European Journal of operational research*, 92(3): 537-549, 1996.

LAHDELMA, R.; MIETTINEN, K.; SALMINEN, P. Ordinal criteria in stochastic multicriteria acceptability analysis (SMAA). *European Journal of Operational Research*, 147(1): 117-127, 2003.

MARDANI, A.; JUSOH, A.; ZAVADSKAS, E. K. Fuzzy multiple criteria decision-making techniques and applications—Two decades review from 1994 to 2014. *Expert systems with Applications*, 42(8): 4126-4148, 2015.

MARSH, Kevin et al. Multiple criteria decision analysis for health care decision making - emerging good practices: report 2 of the ISPOR MCDA Emerging Good Practices Task Force. *Value in health*, 19(2): 125-137, 2016.

MARSH, K.; IJZERMAN, M.; THOKALA, P.; BALTUSSEN, R.; BOYSEN, M.; KALÓ, Z.; Devlin, N. Multiple criteria decision analysis for health care decision making - emerging

good practices: report 2 of the ISPOR MCDA Emerging Good Practices Task Force. *Value in health*, 19(2), 125-137, 2016.

MARTINS, M. A.; GARCEZ, T. V.; De GUSMÃO, A. P. H.; SILVA, L. G.; De ALMEIDA, J. A. Multicriteria Model Based on FITradeoff Method for Prioritizing Sections of Brazilian Roads by Criticality. *Mathematical Problems in Engineering*, 2020.

MARTTUNEN, M.; LIENERT, J.; BELTON, V. Structuring problems for Multi-Criteria Decision Analysis in practice: A literature review of method combinations. *European Journal of Operational Research*, 263(1): 1-17, 2017.

MENDES, J. A. J.; FREJ, E. A.; De ALMEIDA, A. T.; De ALMEIDA, J. A. Evaluation of flexible and interactive tradeoff method based on numerical simulation experiments. *Pesquisa Operacional*, 40, 2020.

MONTIBELLER, G.; VON WINTERFELDT, D. Cognitive and motivational biases in decision and risk analysis. *Risk analysis*, 35 (7): 1230-1251, 2015.

NARULA, S. C.; VASSILEV, V. S.; GENOVA, K. B.; VASSILEVA, M. V. A reference neighbourhood interactive method for solving a class of multiple criteria decision analysis problem. *IFAC Proceedings Volumes*, 37(19), 131-137, 2004.

OLIVEIRA, G. D.; DIAS, L. C. The potential learning effect of a MCDA approach on consumer preferences for alternative fuel vehicles. *Annals of Operations Research*, 1-21, 2020.

PERGHER, I.; FREJ, E. A.; ROSELLI, L. R. P. Integrating simulation and FITradeoff method for scheduling rules selection in job-shop production systems. *International Journal of Production Economics*, 227: 107669, 2020.

POLETO, T., CLEMENTE, T. R. N., de GUSMÃO, A. P. H., SILVA, M. M.; COSTA, A. P. C. S. Integrating value-focused thinking and FITradeoff to support information technology outsourcing decisions. *Management Decision*, 2020.

RODRIGUES, L. V. S.; CASADO, R. S. G. R.; CARVALHO, E. N. D.; SILVA, M. M. Using FITradeoff in a ranking problem for supplier selection under TBL performance evaluation: an application in the textile sector. *Production*, 30, 2020.

ROSA, C., SILVA, F. J. G., FERREIRA, L. P. Improving the quality and productivity of steel wire-rope assembly lines for the automotive industry. *Procedia Manufacturing*, 11, 1035-1042, 2017.

ROSELLI, L. R. P.; FREJ, E. A.; DE ALMEIDA, A. T. Neuroscience experiment for graphical visualization in the FITradeoff decision support system. In *International Conference on Group Decision and Negotiation*. Springer, 56-69, 2018.

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.; DE ALMEIDA, A. T. The use of the success-based decision rule to support the holistic evaluation process in FITradeoff. *International Transactions in Operational Research*, 2021.

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, M. M.; GUSMÃO, A. P. H.; De ANDRADE, C. T. A.; SILVA, W. The integration of VFT and FITradeoff multicriteria method for the selection of WCM projects. In *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (SMC)*, 1513-1517, 2019.

SLACK, N.; CHAMBERS, S; JOHNSTON, R. *Administração da produção*. São Paulo: Editora Atlas, 2009.

STEWART, T. J. Use of piecewise linear value functions in interactive multicriteria decision support: A Monte Carlo study. *Management Science*, 39(11): 1369-1381, 1993.

TOUBIA, O.; JOHNSON, E.; EVGENIOU, T.; DELQUIÉ, P. Dynamic experiments for estimating preferences: An adaptive method of eliciting time and risk parameters. *Management Science*, 59(3): 613-640, 2013.

VASCONCELOS, G. R.; MOTA, C. M. de M. Exploring multicriteria elicitation model based on pairwise comparisons: Building an interactive preference adjustment algorithm. *Mathematical Problems in Engineering*, 2019.

ZUHEROS, C.; CÁMARA, E. M.; VIEDMA, E. H.; HERRERA, F. Sentiment Analysis based Multi-Person Multi-criteria Decision Making methodology using natural language processing and deep learning for smarter decision aid. Case study of restaurant choice using TripAdvisor reviews. *Information Fusion*, 68: 22-36, 2020.