



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

RODRIGO JOSÉ LEITE CAVALCANTE

**ANÁLISE DO EFEITO DO GRAU DE CONHECIMENTO SOBRE A AVALIAÇÃO
INTRACRITÉRIO DO SISTEMA DE APOIO À DECISÃO (SAD) DO MÉTODO
FITRADEOFF: um estudo com eye-tracking**

Caruaru
2024

RODRIGO JOSÉ LEITE CAVALCANTE

**ANÁLISE DO EFEITO DO GRAU DE CONHECIMENTO SOBRE A AVALIAÇÃO
INTRACRITÉRIO DO SISTEMA DE APOIO À DECISÃO (SAD) DO MÉTODO
FITRADEOFF: um estudo com eye-tracking**

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

Área de Concentração: Otimização e Gestão da Produção

Orientador: Prof. Dr. Anderson Lucas Carneiro de Lima da Silva

Caruaru

2024

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Nasaré Oliveira CRB/4 - 2309

C376a Cavalcante, Rodrigo José Leite.
Análise do efeito do grau de conhecimento sobre a avaliação intracritério do sistema de apoio à decisão (SAD) do método FITradeoff: um estudo com eye-tracking. / Rodrigo José Leite Cavalcante. – 2024. 66 f.; il.: 30 cm.

Orientador: Anderson Lucas Carneiro de Lima da Silva.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Produção, 2024.
Inclui Referências.

1. FITradeoff 2. Neurociência em decisão. 3. Eye-tracking. I. Silva, Anderson Lucas Carneiro de Lima da (Orientador). II. Título.

CDD 658.5 (23. ed.)

UFPE (CAA 2024-005)

RODRIGO JOSÉ LEITE CAVALCANTE

**ANÁLISE DO EFEITO DO GRAU DE CONHECIMENTO SOBRE A AVALIAÇÃO
INTRACRITÉRIO DO SISTEMA DE APOIO À DECISÃO (SAD) DO MÉTODO
FITRADEOFF: um estudo com eye-tracking**

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: Otimização e Gestão da Produção.

Aprovada em: 27/02/ 2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Anderson Lucas Carneiro de Lima da Silva (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Profa. Dra. Thárcylla Rebecca Negreiros Clemente (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Profa. Dra. Mariana Rodrigues de Almeida (Examinadora Externa)
Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN

Dedico este trabalho à minha querida mãe, Sofia Chaves (in memoriam), cujo amor incondicional, exemplo inspirador, força incansável e honestidade inabalável moldaram meu caminho na vida.

Sua capacidade de celebrar cada vitória, por menor que fosse, sempre me incentivou a seguir em frente, com o olhar voltado para o alto e guiado por princípios elevados. As dificuldades ao longo desse percurso foram imensas sem o seu colo reconfortante e o seu abraço acolhedor. No entanto, mesmo ausente fisicamente, você permaneceu presente em meu coração e na fotografia em minha mesa de estudos, que eu contemplava inúmeras vezes ao longo deste processo.

Nos encontraremos de novo. Mas não agora. Não agora.

Com todo o meu amor e gratidão, mãe.

AGRADECIMENTOS

Agradeço profundamente a todas as pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho acadêmico.

Agradeço, acima de tudo, a Deus que dá força ao cansado e renova as forças de quem não tem nenhum vigor. Só a graça e misericórdia dEle nos permite levantar da cama e seguir em busca de cada sonho.

À minha amada esposa, Sarah Dulce, dedico um agradecimento especial. Sua constante presença, apoio incondicional e compreensão foram essenciais para que eu pudesse dedicar-me integralmente a este projeto. Seu amor e paciência foram verdadeiros pilares de apoio durante os momentos de intensa concentração e isolamento.

Não poderia deixar de mencionar minha querida sogra, Socorro Carneiro, que sempre me acolheu como um filho e compartilhou comigo cada vitória como se fosse sua própria conquista. Sua preocupação e carinho foram fontes de inspiração e conforto ao longo desta jornada.

Ao meu orientador, Anderson Carneiro, expresso minha profunda gratidão por sua orientação sábia, apoio inestimável e paciência incansável. Sua dedicação e disponibilidade foram fundamentais para superar os desafios acadêmicos e alcançar os resultados almejados. Sem sua orientação e encorajamento, este trabalho não teria sido possível.

Agradeço também aos meus colegas de mestrado, cuja colaboração e incentivo foram imprescindíveis ao longo deste percurso acadêmico. Suas contribuições e energia positiva tornaram a jornada mais leve e enriquecedora, desde o primeiro dia de aula até a conclusão deste trabalho.

Por fim, expresso minha gratidão aos meus amigos e familiares, cujo apoio inabalável e entusiasmo foram fontes constantes de motivação e inspiração. Suas palavras de encorajamento e celebração tornaram esta conquista ainda mais significativa. Sou imensamente grato por ter pessoas tão especiais ao meu lado, torcendo pelo meu sucesso.

A todos vocês, meu mais sincero obrigado por fazerem parte desta jornada e por tornarem este momento possível. Que nossas trajetórias continuem a se cruzar e a se fortalecer no caminho do conhecimento e da realização pessoal.

RESUMO

No contexto empresarial, caracterizado por decisões frequentemente intrincadas, é essencial adotar uma metodologia estruturada para oferecer o suporte necessário na resolução de problemas que envolvem múltiplos critérios. O atual estudo tem como objetivo avaliar, a partir de resultados gerados por experimentos comportamentais em decisão, o processo de alocação de atenção e a exploração visual dos participantes para expressar suas preferências num problema de escolha de smartphones. A etapa escolhida para a análise foi a da avaliação intracritério. 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. Foi utilizado o método multicritério FITradeoff com apoio de ferramenta da abordagem de Neurociência em Decisão e dados neurofisiológicos correlacionados com a atenção num determinado campo visual que foram coletados através dos sinais do *Eye-Tracker*. A etapa analisada foi a avaliação intracritério, que mensura as escalas de valor para cada critério a ser considerado na decisão. Os resultados mostraram que a análise dos movimentos oculares revelou padrões distintos de comportamento entre os grupos com e sem conhecimento. O grupo com conhecimento demonstrou um comportamento mais analítico e focado, especialmente em áreas relacionadas aos critérios de escolha e à interpretação dos gráficos. Por outro lado, o grupo sem conhecimento apresentou uma maior atenção aos critérios iniciais e uma fixação ocular mais intensa nas primeiras etapas do processo. A análise intracritério dos movimentos oculares permitiu identificar padrões específicos de fixação, fornecendo insights adicionais sobre o processo cognitivo dos participantes durante a tomada de decisão. Esses resultados têm implicações importantes para o aprimoramento do Sistema de Apoio à Decisão (SAD) utilizado no método FITradeoff, visando melhorar a eficácia e a precisão das escolhas realizadas pelos usuários em diversas áreas. Este estudo contribuiu para o avanço do conhecimento na área de tomada de decisão multicritério, fornecendo uma base sólida para pesquisas futuras e para a aplicação prática do método FITradeoff em contextos sociais, ambientais e econômicos diversos.

Palavras-chave: Método FITradeoff; Neurociência em Decisão; *Eye-Tracking*.

ABSTRACT

In the business context, characterized by often intricate decisions, it is essential to adopt a structured methodology to provide the necessary support in solving problems involving multiple criteria. The aim of the current study is to evaluate, based on results generated by behavioral decision experiments, the process of allocating attention and the visual exploration of participants to express their preferences in a smartphone choice problem. The stage chosen for the analysis was intracriteria evaluation. For single criterion synthesis set methods, intra-criteria evaluation consists of eliciting the marginal value function for each criterion, playing a decisive role in cases where this function is not linear. The FITradeoff multi-criteria method was used with the support of a tool from the Decision Neuroscience approach and neurophysiological data correlated with attention in a given visual field, which was collected using Eye-Tracker signals. The stage analyzed was the intra-criteria evaluation, which measures the value scales for each criterion to be considered in the decision. The results showed that the analysis of eye movements revealed distinct patterns of behavior between the groups with and without knowledge. The group with knowledge showed a more analytical and focused behavior, especially in areas related to the choice criteria and the interpretation of the graphs. On the other hand, the group without knowledge showed greater attention to the initial criteria and more intense eye fixation in the early stages of the process. Intra-criteria analysis of eye movements made it possible to identify specific patterns of fixation, providing additional insights into the participants' cognitive process during decision-making. These results have important implications for improving the Decision Support System (DSS) used in the FITradeoff method, with a view to improving the effectiveness and accuracy of the choices made by users in various areas. This study has contributed to the advancement of knowledge in the area of multi-criteria decision-making, providing a solid basis for future research and for the practical application of the FITradeoff method in a variety of social, environmental and economic contexts.

Keywords: FITradeoff Method; Neuroscience in Decision; Eye-Tracking.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Estrutura desta dissertação.	18
Figura 2 – EEG-fMRI da Unicamp. Amplificador de EEG (a) conectado à toca (b) dentro da RM. Cabeça repousa sobre o travesseiro de polietileno (c).	24
Figura 3 – Eye-tracker em formato de óculos.	25
Figura 4 – Eye-tracker integrado em monitor.	25
Figura 5 – Ilustração do EEG.	26
Figura 6 – Experimento.	31
Figura 7 – Fluxograma etapas do SAD do FITradeoff	32
Figura 8 – Interface do SAD do FITradeoff - Login	33
Figura 9 – Interface do SAD do FITradeoff - Escolha da problemática	34
Figura 10 – Interface do SAD do FITradeoff - Página Input	35
Figura 11 – Interface do SAD do FITradeoff - Escolha das consequências	36
Figura 12 – Interface do SAD do FITradeoff - Ordenação dos critérios	36
Figura 13 – Interface do SAD do FITradeoff - Escolha de paradigma	37
Figura 14 – Interface do SAD do FITradeoff - Elicitação por decomposição	38
Figura 15 – Interface do SAD do FITradeoff - Avaliação Holística	38
Figura 16 – Interface do SAD do FITradeoff - Resultados parciais	39
Figura 17 – Interface do SAD do FITradeoff - Escolha dos critérios	40
Figura 18 – Interface do SAD do FITradeoff - Declarar ou não como Linear	40
Figura 19 – Interface do SAD do FITradeoff - Escolha dos ranges de valores	41
Figura 20 – Interface do SAD do FITradeoff - Função Valor marginal	42
Figura 21 – Áreas de Interesse	43
Figura 22 – Headmaps da interface do SAD FITradeoff na Bissecção 01. (A): Bissecção 01 participantes com conhecimento. (B): Bissecção 01 participantes sem conhecimento.	48
Figura 23 – Headmaps da interface do SAD FITradeoff. (A): Bissecção 02 participantes com conhecimento. (B): Bissecção 02 participantes sem conhecimento.	49
Figura 24 – Headmaps da interface do SAD FITradeoff. (A): Bissecção 03 participantes com conhecimento. (B): Bissecção 03 participantes sem conhecimento.	50
Figura 25 – Headmaps da interface do SAD FITradeoff. (A): Bissecção 04 participantes com conhecimento. (B): Bissecção 04 participantes sem conhecimento.	51
Figura 26 – Headmaps da interface do SAD FITradeoff. (A): Bissecção 05 participantes com conhecimento. (B): Bissecção 05 participantes sem conhecimento.	52
Figura 27 – Headmaps da interface do SAD FITradeoff. (A): Bissecção 06 participantes com conhecimento. (B): Bissecção 06 participantes sem conhecimento.	53
Figura 28 – Headmaps da interface do SAD FITradeoff. (A): Bissecção 07 participantes com conhecimento. (B): Bissecção 07 participantes sem conhecimento.	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela Input – Problema Padrão de Escolha de Smartphone	30
Tabela 2 – Significado Áreas de Interesse	43
Tabela 3 – Teste Estatístico Bisseção 01	47
Tabela 4 – Comparação Tempo de fixação entre grupos Bisseção 01	47
Tabela 5 – Teste Estatístico Bisseção 02	48
Tabela 6 – Comparação Tempo de fixação entre grupos Bisseção 02	48
Tabela 7 – Comparação Tempo de fixação entre grupos Bisseção 03	50
Tabela 8 – Teste Estatístico Bisseção 04	50
Tabela 9 – Teste Estatístico Bisseção 05	51
Tabela 10 – Teste Estatístico Bisseção 06	52
Tabela 11 – Comparação Tempo de fixação entre grupos Bisseção 06	53
Tabela 12 – Teste Estatístico Bisseção 07	53
Tabela 13 – Teste de Wilcoxon na comparação entre as etapas	56
Tabela 14 – Teste de Wilcoxon na comparação entre as etapas	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AOI	Área de Interesse
BOLD	Blood oxygenation level dependent
CAAE	Certificado De Apresentação Para Apreciação Ética
DM	Decisão Multicritério
DSS	Decision Support Systems
EEG	Eletroencefalograma
EUA	Estados Unidos da América
IHC	Interface Humano-Computador
ITO	Infrastructure Outsourcing
MAVT	Teoria do Valor Multi-Atributo
MCDM	Multiple-Criteria Decision Making
PPL	Programação Linear
RM	Ressonância Magnética
SAD	Sistema de apoio a Decisão
SI	Segurança da Informação
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TI	Tecnologia da Informação
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
VFT	Value-Focused Brainstorming
WCM	World Class Manufacturing
fMRI	Ressonância Magnética Funcional

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Justificativa	15
1.2	Objetivos do Trabalho	15
1.2.1	Objetivo Geral	15
1.2.2	Objetivos Específicos	16
1.3	Metodologia	16
1.4	Estrutura do Trabalho	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO E REVISÃO DA LITERATURA	19
2.1	Referencial Teórico	19
2.1.1	Método FITradeoff	19
2.1.2	Neurociência em Decisão	21
2.2	Revisão da Literatura	26
2.2.1	Aplicações do método FITradeoff	26
2.2.2	Estudos de Neurociência com o método FITradeoff	27
2.2.3	Síntese do estado da arte e posicionamento deste trabalho	29
3	EXPERIMENTO	30
3.1	Problema de Escolha de Smartphone	30
3.2	Amostras	30
3.3	Etapas do SAD do FITradeoff	31
3.4	Avaliação Intracritério	39
3.5	Ferramentas de Neurociência	42
3.5.1	Áreas de interesse (AOI)	42
3.5.2	Métricas utilizadas	44
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	45
4.1	Comparação entre grupos com e sem conhecimento ao longo da avaliação intracritério	46
4.1.1	Resultados Bissecção 01	46
4.1.2	Resultados Bissecção 02	48
4.1.3	Resultados Bissecção 03	49
4.1.4	Resultados Bissecção 04	50
4.1.5	Resultados Bissecção 05	51
4.1.6	Resultados Bissecção 06	52
4.1.7	Resultados Bissecção 07	53
4.2	Comparação entre subetapas da avaliação intracritério para cada grupo	54

4.2.1	Grupo com conhecimento	54
4.2.2	Grupo sem conhecimento	56
4.3	Considerações Finais	58
5	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS . . .	59
5.1	Conclusões	59
5.2	<i>Insights</i> e recomendações	60
5.2.1	<i>Insights</i>	60
5.2.2	Recomendações	60
5.3	Limitações e sugestões para trabalhos futuros	61
	REFERÊNCIAS	63

1 INTRODUÇÃO

Os métodos multicritério podem ser utilizados para solucionar uma variedade de problemas de decisão que venham surgir, sendo mais recomendados ainda em contextos organizacionais por envolver um maior número de pessoas, recursos, dinheiro e material. Esses problemas são classificados como multiobjetivos e são utilizados de situações que exigem o desenvolvimento de projetos otimizados de acordo com objetivos conflitantes. Ou objetivos que, vistos simultaneamente, competem entre si, então a melhoria de um leva à deterioração dos outros. Em busca de maior assertividade no processo decisório, o método FITradeoff Almeida *et al.* (2016) tem sido aplicado em muitas situações de decisão (ALMEIDA *et al.*, 2015).

O principal objetivo da análise multicritério é ajudar a pessoa que é chamada de ator ou tomador de decisão neste contexto a expressar suas preferências na presença de ambiguidades, fragmentação e fatores de incerteza que dificultam mais sua decisão. São muito comuns em aplicações reais em situações conflitantes como: a opção x é melhor que y , em se tratando de alguns de seus recursos, mas não é recomendado considerando outros. Na prática, uma perspectiva geralmente não é suficiente para cobrir todas as informações necessárias e contradições relacionadas ao problema. Então, a importância da análise de decisão multicritério. Escolhendo uma solução final para um problema de otimização multiobjetivo, os critérios de decisão são geralmente derivados de múltiplos objetivos e as preferências do tomador de decisão são utilizadas para resolver conflitos inerentes à atividade. Um grande número de alternativas torna esta escolha ainda mais difícil, criando uma necessidade de investigação que pode servir de base para compreensão do comportamento dos decisores, sendo de grande valia para o desenvolvimento da pesquisa científica.

Para resolver esse *gap*, surge a neurociência com natureza multidisciplinar que permite a utilização de suas ferramentas em diferentes áreas do conhecimento como: direito, engenharia, economia, medicina e biologia. Em se tratando de estudos em tomada de decisão, a neurociência é utilizada como uma ferramenta de apoio para entender como diferentes aspectos podem influenciar nos processos decisórios. Análises de movimentação ocular e dilatação da pupila usando o *Eye-Tracking* e as análises das potências das ondas cerebrais captadas pelo o EEG (eletroencefalograma), conseguem fornecer um gigantesco volume de dados que se tratados corretamente têm o potencial de demonstrar: quais aspectos influenciam nas tomadas de decisões, o comportamento do Decisor, se fontes externas atrapalharam o processo, qual foi o esforço cognitivo empregado, realizar testes de usabilidade de software e/ou interfaces, dentre outras (ETTINGER; KLEIN, 2016; DEBENER *et al.*, 2016). Desse modo, é possível gerar melhorias nos processos de decisões através do aperfeiçoamento de técnicas e ferramentas de suporte ou no próprio processo de interação entre o decisor e seu ambiente. Como representado na obra de BARBOSA (2021), que investigou como o posicionamento dos elementos de design influencia o nível de atenção que os consumidores prestam às embalagens de alimentos de conveniência.

Ainda nessa perspectiva, como exemplo de pesquisas desenvolvidas, temos a obra de

Silva *et al.* (2022), que investigou o processo de elicitación de preferências com Flexível e Interativo Tradeoff (FITradeoff), utilizando eletroencefalografia e rastreamento ocular aplicado a uma amostra de alunos de graduação e pós-graduação. Outro exemplo é o trabalho de Roselli e Almeida (2022), que obteve como objetivo melhorar a avaliação holística no FITradeoff. O estudo gerou recomendações que podem subsidiar o analista durante o processo de assessoria junto ao decisor. Usando um eletroencefalograma, as atividades Alfa e Teta foram monitoradas de uma amostra de vinte e sete estudantes de engenharia de gestão.

Desse modo, o objetivo deste estudo é descobrir como os tomadores de decisão tomam decisões com base em uma avaliação abrangente utilizando o método FITradeoff. Para atingir este objetivo de pesquisa, foi proposto o uso da neurociência para promover a compreensão do sistema neural e poder contribuir para o estudo do comportamento de tomada de decisão na avaliação intracrterio. O rastreamento ocular foi utilizado para coletar variáveis fisiológicas que não estão sob o controle do tomador de decisão para fazer análises e recomendações sobre diversos problemas de MCDM/A apresentados. Outra área de foco desta pesquisa está relacionada ao uso de regiões de interesse (AOI), que são desenhos feitos a partir de imagens projetadas por software de rastreamento ocular, necessários para extrair diferentes métricas e realizar análises com dados de movimento ocular.

Assim, este trabalho se propõe a continuar investigando o processo de elicitación de preferências com o FITradeoff, avaliando o efeito do grau de conhecimento em métodos multicritério sobre o comportamento do decisor ao interagir com o sistema de apoio a decisão (SAD) no qual o FITradeoff é implementado. Por meio de uma pesquisa em sítios eletrônicos especializados em vendas de aparelhos do tipo *smartphone*, foi proposto um caso concreto onde se propôs a seleção de um *smartphone* a partir de sete critérios de avaliação: (i) preço medido em R\$; (ii) qualidade das fotos medida em uma escala likert de 5 pontos de modo que, quanto maior a nota, melhor; (iii) armazenamento/memória medido em gigabytes; (iv) duração da bateria medida em horas de duração; (v) tamanho da tela medido em polegadas; (vi) design do aparelho medido em uma escala likert de 5 pontos de modo que, quanto maior a nota, melhor; e (vii) ano de lançamento do aparelho.

Para conduzir análises sobre atenção e busca de informações, os movimentos dos olhos foram registrados usando um Tobii X-120 Eye-Tracker do fabricante Tobii (Tobii Technology, Estocolmo, Suécia), com precisão de 0,5º e taxa de amostragem de 120 Hz, que captura olhares em ângulos de até 35º, enquanto para registrar as respostas dos olhos e os cliques do mouse foi usado o Tobii Studio.

Frente ao exposto, esse trabalho por meio dessa ferramenta e os critérios mencionados tem como objetivo de contribuir para o aperfeiçoamento do SAD do FITradeoff e analisar a tomada de decisão diante de um problema de escolha de *smartphone*.

1.1 Justificativa

A presente pesquisa se justifica porque se propõe a estudar na prática a combinação entre aspectos do comportamento de tomada de decisão e métodos multicritério de apoio à decisão, investigando como os tomadores de decisão fornecem preferências na etapa de avaliação intracritério. A compreensão do funcionamento do cérebro humano tornou-se uma área fundamental de estudo, especialmente diante das crescentes descobertas que revelam os mecanismos neurais por trás das escolhas individuais. Logo, este estudo se justifica por sua colaboração para evolução da literatura relacionada à realidade comportamental dos decisores na tomada de decisão de problemas MCDM/A e integra os resultados para desenvolvimento da área de Neurociência em Decisão (Decision Neuroscience). Assim sendo, a utilização da abordagem da neurociência integrada à decisão multicritério se mostra relevante no sentido de analisar o comportamento dos decisores na etapa de avaliação intracritério do Sistema de Apoio à Decisão (SAD) do FITradeoff.

Nesse contexto, o método FITradeoff (ALMEIDA *et al.*, 2016; ALMEIDA *et al.*, 2021) foi utilizado por possuir uma abordagem interativa e flexível de modo a requerer menos informações por parte do tomador de decisão. Nesse método, a primeira etapa é a intracritério onde ocorrerá elicitación de função valor para modelos aditivos, na qual o decisor pode declarar as funções como sendo lineares ou não lineares, e caso sejam não lineares o decisor pode elicitar estas no SAD. No entanto, faz-se necessário que as instruções sejam entendidas pelo decisor, para que ele consiga fazer o melhor uso destas informações para o fornecimento de preferências ao longo do processo decisório. Nesse contexto, os aspectos comportamentais mensurados por variáveis como o tempo de fixação, capturadas por ferramentas de neurociência podem auxiliar no melhor entendimento da alocação de atenção, esforço cognitivo e aprendizado no processo decisório.

Desse modo, este estudo se propôs a combinar aspectos do comportamento dos decisores aos métodos de apoio a decisão multicritério, investigando como os decisores fornecem preferências durante a definição da função valor intracritério. Com isso, pode-se melhor compreender o processo de decisão, obter o grau de conhecimento, e até mesmo auxiliar o analista no aconselhamento feito ao decisor durante o processo decisório, além de gerar sugestões para melhoria do SAD.

1.2 Objetivos do Trabalho

1.2.1 Objetivo Geral

O presente estudo tem como objetivo geral investigar de forma ampla o comportamento do decisor durante a avaliação intracritério no método FITradeoff para obtenção de insights e oportunidades de melhorias do processo decisório e do SAD do método FITradeoff, por meio da análise dos movimentos oculares, tendo como apoio a ferramenta de neurociência – Eye-Tracking.

1.2.2 Objetivos Específicos

Para alcançar o objetivo geral, foram definidos os objetivos específicos:

- 1) Explorar os processos cognitivos durante a avaliação intracritério no FITradeoff por meio da captura de dados de movimentos oculares utilizando a ferramenta eye-tracking;
- 2) Analisar diferenças nos níveis de conhecimento do decisor e como isso interfere na tomada de decisão e no processo decisório;
- 3) Obter insights e gerar recomendações de melhorias para a interação entre decisor e analista; e
- 4) Obter insights e gerar recomendações de melhorias para o sistema de apoio a decisão.

1.3 Metodologia

Esta seção descreve os procedimentos metodológicos empregados para investigar a tomada de decisão multicritério com uso da abordagem de neurociência. A pesquisa adotou uma abordagem mista, integrando métodos qualitativos e quantitativos para analisar a relação entre neurociência e processos decisórios complexos. Qualitativa, pois foram feitos estudos e análises dos dados de movimentos oculares obtidos para que se tenha uma melhor compreensão interpretativa e quantitativa, uma vez que foram realizadas análises estatísticas para se chegar aos resultados esperados. Esses dados foram coletados entre os meses de abril e setembro de 2023.

As amostras usadas nos experimentos foram compostas por dois grupos distintos: 21 alunos que cursavam a disciplina Tomada de Decisão Multicritério para alunos de graduação e pós-graduação; e 19 pessoas que não obtiveram nenhum contato com a disciplina. Em ambos os grupos, havia a característica de estarem ativos no mercado de trabalho com função de decisão.

A coleta de dados consistiu em várias etapas. Inicialmente, foram utilizados questionários e entrevistas para capturar informações qualitativas sobre percepções e processos decisórios dos participantes. Além disso, a técnica de eye-tracking foi empregada para registrar os movimentos oculares durante a avaliação das alternativas no FITradeoff.

A pesquisa utilizou questionários semiestruturados de pré-experimento focado no perfil dos participantes (nome, idade, gênero, cor, formação, dentre outros) e um pós-experimento focado no grau de dificuldade encontrado (se achou difícil, qual a etapa mais difícil, qual a mais fácil, dentre outros), entrevistas detalhadas e a tecnologia de eye-tracking para capturar os dados. Além disso, foram aplicados testes específicos de neurociência cognitiva para avaliar aspectos neurocognitivos durante o processo de tomada de decisão.

Os dados quantitativos foram submetidos a análises estatísticas no R-Studio para identificar padrões e relações entre os critérios de decisão. Os dados qualitativos foram analisados por meio de análise de conteúdo no software Tobii Studio.

Este estudo foi conduzido em conformidade com os princípios éticos estabelecidos para a pesquisa acadêmica. Todas as informações dos participantes foram tratadas com confidencialidade, garantindo anonimato e proteção dos dados. Houve uma explanação para os participantes dos equipamentos e procedimentos técnicos, além disso, os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) do Comitê de Ética.

1.4 Estrutura do Trabalho

Esta dissertação está organizada em 5 partes distintas, cada uma abordando um aspecto específico relacionado à interação entre a neurociência e a tomada de decisões, conforme detalhado a seguir:

O Capítulo I, Introdução, apresenta uma visão geral do tema, incluindo a contextualização do estudo, os objetivos, a relevância do tema e a estrutura do trabalho.

No Capítulo II, tem-se a fundamentação teórica e a revisão bibliográfica, onde são explorados as bases teóricas relacionadas ao Método FITradeoff e a Neurociência em Decisão, incluindo conceitos-chave, teorias relevantes e estudos anteriores sobre o assunto. Na revisão bibliográfica, realizada com o objetivo de aprofundar e investigar o uso de neurociência no contexto MCDM/A, foram divididos em 2 seções: Aplicações do Método FITradeoff e Estudos de Neurociência com o Método FITradeoff.

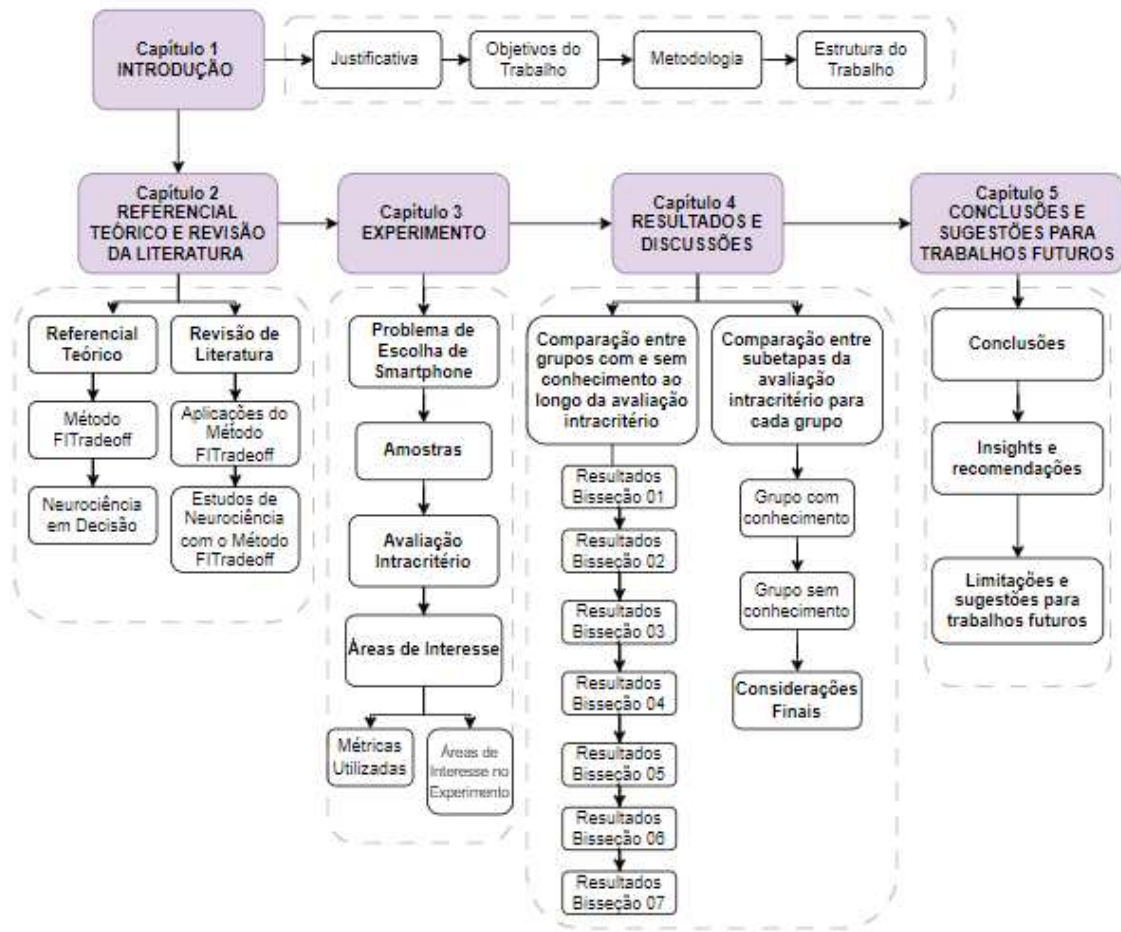
No Capítulo III, foi explicado o experimento e suas particularidades visando investigar o processo de avaliação intracritério no SAD do FITradeoff com auxílio de ferramentas de neurociência. O capítulo é ainda dividido em quatro seções: Problema de Escolha de Smartphone, Amostras, Avaliação Intracritério, Áreas de Interesse.

O Capítulo IV apresenta os resultados das análises realizadas por meio dos experimentos realizados. Nele, são apresentados e discutidos os resultados da comparação entre grupos com e sem conhecimento para cada subetapa da avaliação intracritério, bem como, entre subetapas diferentes dentro de cada grupo.

O Capítulo V é composto pelas conclusões na primeira seção, bem como a apresentação dos *insights* obtidos e recomendações de melhoria, finalizando com as limitações e sugestões para o desenvolvimento de trabalhos futuros.

A estrutura da dissertação está melhor representada pela Figura 1.

Figura 1 – Estrutura desta dissertação.



O autor 2024

2 REFERENCIAL TEÓRICO E REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Referencial Teórico

2.1.1 Método FITradeoff

Segundo Eden *et al.* (1983), os problemas têm como característica a complexidade, a simultaneidade e o conflito de interesses de vários decisores com diferenças de poder e, para um certo momento, podem ser caracterizados como situações em que se deseja que alguma coisa seja diferente de como ela é, mas não se está muito seguro de como obtê-la. As relações interpessoais e o processo decisório nas organizações podem se tornar muito complicados e confusos. É visto, de acordo com Almeida (2013), que um modelo de decisão é composto por uma representação simplificada, porém formal do problema que esteja sendo analisado, utilizando suporte de um método de decisão multicritério, o *Multi-Criteria Decision Making/Aiding* (MCDM/A). Sendo assim, o contexto da problemática determina a complexidade do problema, enquanto os métodos multicritério visam resolver estes, considerando as preferências do Decisor de forma a conduzir um processo racional com apoio de modelos matemáticos. Em um problema de decisão multicritério, uma das questões mais relevantes é a elicitación das constantes de escala para o processo de agregação (ALMEIDA *et al.*, 2016).

Existem vários procedimentos que podem ser utilizados na elicitación de constantes de escala no modelo de agregação aditivo, a exemplo do tradeoff tradicional (KEENEY; RAIFFA, 1993) e do SWING (WINTERFELDT; EDWARDS, 1986). O procedimento de tradeoff tradicional possui uma estrutura axiomática mais robusta, entretanto, estudos mostraram que este procedimento apresenta certas inconsistências (WEBER; BORCHERDING, 1993).

O método de elicitación por tradeoff requerer um esforço cognitivo muito grande por parte do decisor na hora de fazer comparações entre as consequências, pois o decisor deve estabelecer o valor exato de determinado critério que causa indiferença entre duas consequências.

Muitas vezes, o decisor não tem capacidade de especificar corretamente este valor, portanto não é muito confiável assumir que esta informação pode ser obtida de maneira consistente no processo decisório (ALMEIDA *et al.*, 2016).

Devido a estas limitações do método tradeoff tradicional, um novo método de elicitación por tradeoff interativo e flexível, ou FITradeoff (ALMEIDA *et al.*, 2016), que realiza a elicitación por tradeoff flexível e interativo e tem como objetivo a elicitación de constantes de escala durante a construção de modelos de decisão no contexto da Teoria do Valor Multi-Atributo (MAVT). Ainda, visa efetuar o processo de elicitación de tal forma que requer menos informações por parte do decisor. A ideia da elicitación flexível veio a partir da visão de que nem sempre todas as informações solicitadas ao decisor na maioria dos métodos podem ser necessárias para resolver o problema.

Para que fique claro o desenvolvimento do pensamento sobre a forma de elicitación do

FITradeoff, algumas definições precisam ser explanadas. Na Equação 2.1, $v(a_i)$ representa o valor global da alternativa a_i , k_j representa a constante de escala do critério j ($j = 1, \dots, m$) e $v_j(x_{ij})$ é o valor da consequência x_{ij} , que consiste na avaliação da alternativa a_i no critério j , medido em uma escala de 0-1 de acordo com a função de valor marginal do critério j . As constantes de escala de critérios são normalizadas e somam 1, de acordo com a Equação 2.2.

$$v(a_i) = \sum_{j=1}^m k_j v_j(x_{ij}) \quad (2.1)$$

$$\sum_{j=1}^m k_j = 1 \quad (2.2)$$

Neste novo método, o decisor não precisa encontrar o ponto exato de indiferença entre duas consequências, pois ele irá estabelecer apenas relações de preferência estrita entre elas, exercendo, assim, um menor esforço cognitivo na hora de compará-las. É relevante destacar que o método FITradeoff permite que o decisor expresse suas preferências utilizando das duas perspectivas de modelagem de preferências: a elicitacão por decomposiçã e a avaliaçã holística.

Na primeira etapa no FITradeoff há a avaliaçã intracritério, realizada conforme procedimentos de elicitacão de funçã valor para modelos aditivos. Em seguida, é solicitado ao decisor a ordenaçã das constantes de escala dos critérios.

Dando continuidade à elicitacão, sã realizadas as etapas de exploraçã do espaç de consequências e elicitacão das constantes de escala dos critérios, onde o decisor expressa suas preferências para comparações de desempenho entre critérios adjacentes por meio de consequências, a elicitacão por decomposiçã. Dessa forma, para cada par de critérios adjacentes do ranking da ordenaçã, compara-se a melhor consequências para o critério pior, com um valor de consequências intermediário para o critério mais bem colocado.

Já na avaliaçã holística, o decisor compara alternativas por meio da visualizaçã gráfica dos resultados parciais obtidos, na tentativa de definir relações de dominâncias entre elas. As alternativas sã ilustradas em diferentes formas de visualizaçã gráfica, permitindo ao decisor a avaliaçã de todas de uma vez ou de grupos de alternativas ou individualmente e, essa informaçã preferencial é incluída no PPL e pode ser utilizada caso o decisor deseje encerrar o processo (ALMEIDA *et al.*, 2021). A combinaçã dos dois paradigmas: elicitacão por decomposiçã e avaliaçã holística, intensifica o recurso de flexibilidade do FITradeoff, melhora a eficiências desta abordagem ao incorporar mais informações de preferências de um paradigma diferente e, melhora sua consistências, uma vez que o analista pode dar um melhor suporte ao decisor ao aconselhar qual tipo de informaçã de preferências é mais adequada a cada etapa do processo de decisã (ALMEIDA *et al.*, 2021).

O desenvolvimento metodológico do método FITradeoff foi explorado para quatro tipos de problemáticas: FITradeoff para problemática de escolha, desenvolvido inicialmente por Almeida *et al.* (2016) e posteriormente desenvolvido com a combinação de dois paradigmas: elicitación por decomposição e avaliação holística, em de Almeida *et al.* (2021). A problemática de escolha, como destaca Almeida (2013) tem como objetivo esclarecer a decisão pela escolha de um subconjunto do espaço de ações, e tem como a otimização seu caso particular de problemática. Há ainda o FITradeoff para problemática de ordenação (FREJ *et al.*, 2019). FITradeoff para problemática de classificação, desenvolvido por Kang *et al.* (2020) e Frej *et al.* (2021) apresentaram o FITradeoff para problemática de portfólio, aplicando um modelo de relação custo-benefício.

2.1.2 Neurociência em Decisão

Mesmo com a correta utilização das ferramentas matemáticas nos processos decisórios, há a possibilidade desses meios não serem totalmente satisfatórios para o Decisor. Pois, muitos desses resultados não estão vinculados apenas à parte de modelagem matemática do processo, mas também engloba as áreas do estudo cognitivo (BARRETT, 2017).

De acordo com Eagleman (2015), há diversos fatores conscientes e inconscientes que afetam as decisões tomadas diariamente. Logo, os estudos dos processos decisórios necessitam do apoio da neurociência para a melhor compreensão de como os fatores externos e internos podem impactar a tomada de decisão. Idade, experiências passadas, situação socioeconômica, crenças, vieses cognitivos e decisões passadas são fatores que influenciam bastante as futuras escolhas que serão realizadas. Desse modo, decisões feitas no passado impactam diretamente aquelas que serão feitas no futuro, uma vez que quando o impacto algo é positivo, o decisor geralmente realiza a mesma escolha buscando um resultado semelhante (DIETRICH, 2010).

É relevante mencionar que o ser humano é influenciado diretamente pelo seu arredor de modo que seu inconsciente encontra informações que normalmente não são percebidas ou notadas pelo consciente, esse processo é conhecido como sendo o *priming*. Um exemplo de quando ocorre um *priming* é quando ao se tirar a foto de uma pessoa sorrindo o fotógrafo acaba mesmo que sem querer sorrindo também. Dessa forma, esse processo impacta nas escolhas que são realizadas mesmo sem ser percebido de forma consciente. O exemplo mencionado demonstra como que o estudo sobre os aspectos comportamentais possibilita a obtenção de informações acerca dos processos externos que impactam diretamente os decisores, mesmo que eles não sejam percebidos pelo consciente destes (KAHNEMAN *et al.*, 2011).

A compreensão de diversos aspectos acerca das escolhas que diversas pessoas realizam no seu cotidiano (mesmo em se tratando de decisões que irão ser prejudiciais a longo prazo, como é o caso do uso de drogas) é feita pela análise comportamental. Nesse sentido, a obra de Madden e Bickel (2010) aborda a questão da recompensa a longo prazo versus a recompensa a curto prazo como é o caso de utilizar substâncias ilícitas, participar de jogos de apostas e assim ter um prazer imediato. Já Kahneman *et al.* (2011) discute o tópico acerca de como as escolhas

realizadas e as conclusões chegadas pelas pessoas é afetada pelos seus sistemas cerebrais: o sistema um e o sistema dois. O sistema um é automático e identifica conexões causais entre os eventos, já o sistema dois depende dos fatos e sugestões do meio e da memória associativa.

Desde o início da aplicação da teoria da utilidade, a incorporação dos estudos acerca dos aspectos comportamentais na tomada de decisão é observada, quando se derivava as constantes de escala para obter as preferências dos decisores e assim mostrar resultados relevantes para a pesquisa descritiva no uso prescritivo da análise da decisão para a partir do conhecimento das influências comportamentais poder diminuir e evitar que erros acontecessem na tomada de decisão (WEBER; BORCHERDING, 1993). Já a aplicação da neurociência nos estudos dos processos decisórios começou a se dar de forma mais impactante a partir da década de 1990, com a aplicação multidisciplinar da psicologia em conjunto com a economia e a neurociência, utilizando técnicas e ferramentas da neurociência para entender mais profundamente os impactos da mente humana na tomada de decisão (GLIMCHER; RUSTICHINI, 2004).

Diversas técnicas de neurociências como EEG, fMRI, *Eye-tracking* vêm sendo utilizadas a fim de analisar o desenvolvimento e a fisiologia cerebral. Desenvolvidas inicialmente para a aplicação clínico-hospitalar, os métodos neurocientíficos vêm ganhando espaço e notoriedade em diversas searas.

A neurociência vem sendo incorporada ao meio jurídico como elemento probatório no Processo Penal, principalmente nos países que utilizam o sistema da *common law*, como Canadá, EUA e Inglaterra (BERTONI, *et al.*). Ainda, vem sendo utilizada na investigação de decisões econômicas, onde diversos trabalhos podem ser encontrados na literatura, a Neuroeconomia, se refere ao termo inglês *Neuroeconomics* (RANGEL *et al.*, 2008; GLIMCHER; RUSTICHINI, 2004; FEHR; CAMERER, 2007; MOHR *et al.*, 2010). Essa abordagem tem possibilitado que a teoria clássica da economia seja reavaliada, para que aspectos importantes e antes não considerados, façam parte dos modelos desenvolvidos. Com isto, a Neuroeconomia vem sendo desenvolvida em análises para investigar o comportamento de decisores quando estes estão frente a decisões econômicas visando entender as preferências expressadas e complementar as abordagens clássicas já usadas.

A Neurociência também vem sendo usada para investigar decisões de consumidores no momento de escolher e comprar produtos, esta abordagem é conhecida como “*Consumer Neuroscience*” e se faz presente na literatura. Outra abordagem com a neurociência, é o Neuromarketing, este que foi criado para auxiliar no desenvolvimento de produtos desejáveis para o mercado consumidor (KHUSHABA *et al.*, 2013; MORIN, 2011). Para estas abordagens, o uso das ferramentas de neurociência, que conseguem coletar dados de mensuração de variáveis fisiológicas, é de grande importância, visto que estas viabilizam a identificação das preferências dos consumidores, mesmo que estes não as expressem de forma consciente (GOUCHER-LAMBERT *et al.*, 2017).

Além das áreas já mencionadas, a neurociência é ainda utilizada para investigar o comportamento dos usuários quando estes interagem com Sistemas de Informação (SI), esta

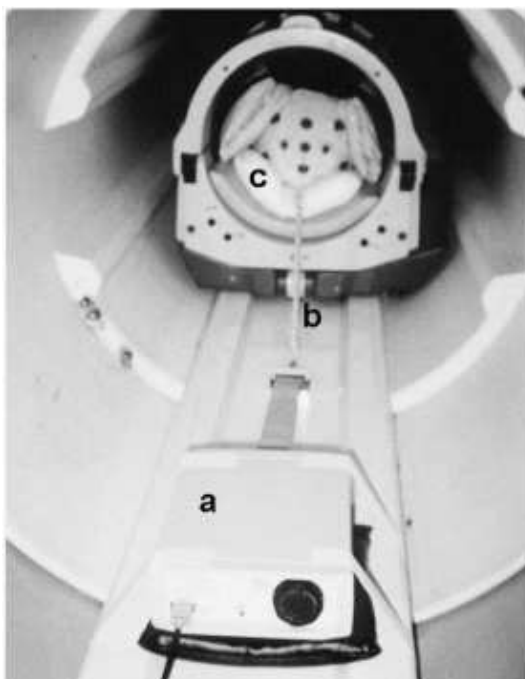
abordagem se chama “NeuroIS”, esta que também apresenta trabalhos na literatura acerca de suas pesquisas. A abordagem de NeuroIS, possibilita o desenvolvimento de sistemas que melhor se adequem as necessidades de seus usuários, pois a neurociência pode compreender aspectos antes não percebidos acerca da interação do usuário com o SI (RIEDL *et al.*, 2014).

Dessa maneira, é possível perceber que a Neurociência consegue colaborar com diversas áreas de conhecimento, onde acaba apresentando grande relevância para a aquisição de insights sobre o comportamento dos decisores, contribuindo ainda para o avanço dos estudos desenvolvidos por estas diversas áreas.

Além de estudar as relações cognitivas envolvendo o cérebro humano, a neurociência se utiliza de ferramentas para que seja possível captar dados referentes a aspectos físicos e psicológicos relacionados a respostas do nosso corpo, como sinais cerebrais e medidas fisiológicas de excitação. Conforme destaca Bell *et al.* (2018), por entre as ferramentas de neurociência desenvolvidas até então, as ferramentas mais comumente utilizadas são a Imagem por Ressonância Magnética Funcional (fMRI), o Rastreamento Ocular (Eye -Tracking), e a Eletroencefalografia (EEG).

A fMRI (ferramenta de imagem por ressonância magnética funcional) se trata de uma tecnologia não invasiva que faz uso de ondas de rádio e de campos magnéticos para realizar a medição da atividade neural do cérebro humano. Essa ferramenta tem o objetivo de registrar os sinais e variações das atividades de acordo com o nível de BOLD – *Blood Oxygen Level-Dependent*, que corresponde ao nível de oxigênio no sangue durante o experimento. A fMRI (Figura 2), apesar de possuir alta resolução, apresenta uma baixa resolução temporal (MÜLLER-PUTZ *et al.*, 2015). Até recentemente, esta era a ferramenta e a técnica neurofisiológica mais utilizada na área de estudos em neurociência do consumidor, utilizada na medição da resposta a estímulos de marketing e experimentos de tomada de decisão em modelagem de processos decisórios (SMIDTS *et al.*, 2014).

Figura 2 – EEG-fMRI da Unicamp. Amplificador de EEG (a) conectado à toca (b) dentro da RM. Cabeça repousa sobre o travesseiro de polietileno (c).



SERCHELI et al., (2015).

Há ainda um segundo equipamento bastante utilizado nos estudos de neurociência, o Eye-Tracker. De acordo com Ettinger e Klein (2016), o Eye-Tracker permite que sejam obtidas informações acerca dos processos cognitivos a partir dos movimentos dos olhos, incluindo dados pupilométricos que abrangem a dilatação da pupila, o movimento realizado pelos olhos, o tipo de movimento realizado, quanto tempo o usuário fixou o olhar em determinado lugar entre outros. Essas informações permitem que sejam avaliados como o decisor analisou visualmente determinada situação antes de realizar determinada escolha, sendo uma fonte rica de informações. O rastreamento ocular auxilia na determinação do foco de atenção do usuário do equipamento, permitindo ver o caminho realizado pelos olhos do sujeito e os locais onde a visão foi fixada, além dos movimentos oculares e as medidas pupilométricas. A dilatação da pupila é um dos dados mais ricos para informar sobre os limiares de decisão, uma vez que quando enfrentada uma situação que requer um esforço cognitivo, os olhos informam as reações a partir da dilatação da pupila, ou seja, os olhos permitem que seja analisado a intensidade do processamento de informação no cérebro (LAENG *et al.*, 2012).

Segundo Goldberg e Wichansky (2003), importa destacar a existência de dois tipos: aqueles em que o participante necessita de transportar um dispositivo próprio (por exemplo, óculos), como mostrado na Figura 3 e aqueles totalmente não intrusivos que registam o movimento ocular à distância, normalmente colocados e integrados no monitor (Figura 4). Enquanto os primeiros são adequados para as atividades em que o participante deve ter total liberdade para se mover (sobretudo a cabeça), os últimos são muito menos intrusivos, gerando menos ruído nos

processos de avaliação.

Figura 3 – Eye-tracker em formato de óculos.



BARRETO, (2012).

Figura 4 – Eye-tracker integrado em monitor.



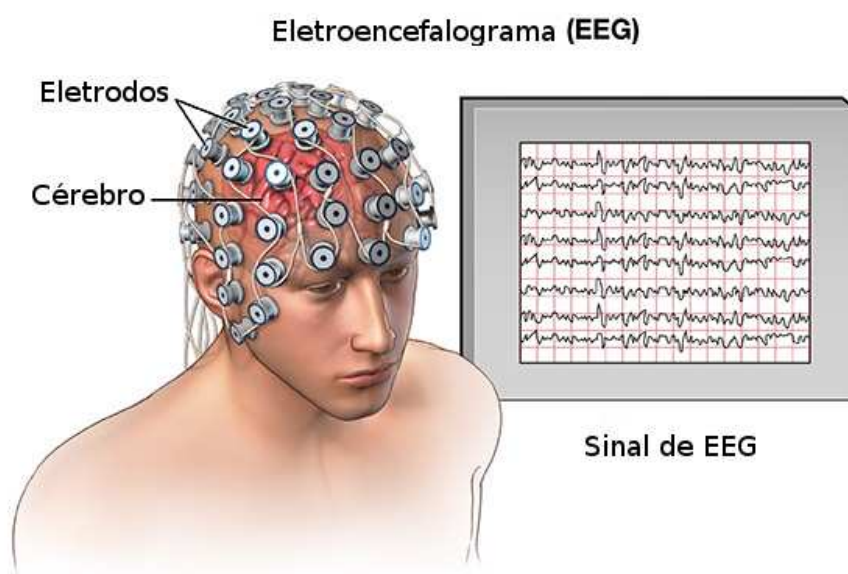
BARRETO, (2012).

Como já mencionado, o papel do Eye-tracker é simplesmente o de aferir, na rotação ocular, para onde se dirige a visão central, e conseqüentemente determinar que zona da cena visual está a ser percebida com maior nitidez em cada momento. O resto da cena visual é processada em paralelo através da visão periférica, que não permite identificar claramente os objetos ou elementos presentes –por exemplo, não podemos ler através da visão periférica; mas que permite detectar alterações capazes de guiar ou atrair a atenção.

A terceira ferramenta conhecida como eletroencefalografia (EEG), representa uma técnica de metodologia não invasiva que faz uso de eletrodos aplicados ao couro cabeludo de um determinado usuário para se realizar a medição das alterações na atividade elétrica do cérebro deste. O EEG (Figura 5) captura as variações nas ondas cerebrais cujas amplitudes correspondem a determinados estados mentais, exemplos são: estados de sono, estados de vigília (indivíduo

acordado), estados de relaxamento, entre outros (MÜLLER-PUTZ *et al.*, 2015). Levantada como desvantagem deste método, a resolução temporal, registra a atividade neural em milissegundos. Contudo, esta ferramenta possui uma baixa resolução espacial, onde está depende diretamente do número de eletrodos usados, e pode ter suas gravações afetadas e/ou prejudicadas devido à captação de movimentos oculares e musculares, ou até mesmo a interferência de objetos eletrônicos (ARIELY; BERNS, 2010).

Figura 5 – Ilustração do EEG.



CRESTE, (2017).

2.2 Revisão da Literatura

Na elaboração desta pesquisa, se faz importante ainda, revisar na literatura quais são os estudos sobre tomada de decisão e neurociência que estão sendo realizados. Inicialmente, realizando exploração de pesquisas de diferentes áreas de decisão que utilizaram o modelo multicritério de elicitação flexível o FITradeoff, bem como adentrando nas ferramentas de neurociência usadas em pesquisas e, adiante a revisão foca nos estudos que se direcionam em realizar análise em decisão multicritério.

2.2.1 Aplicações do método FITradeoff

Assim como já mencionado, os métodos multicritério podem ser utilizados para solucionar uma infinidade de problemas de decisão de que venham surgir, tais métodos são ainda mais recomendados em casos de decisões nas organizações, por envolver um maior número de pessoas, recursos, dinheiro e material. Em busca de maior eficiência no processo decisório, o método FITradeoff (ALMEIDA *et al.*, 2016) tem sido aplicado em muitas situações de decisão prática (ALMEIDA *et al.*, 2015).

Como exemplo de trabalhos e pesquisas desenvolvidas com a utilização deste método multicritério, temos a obra de Frazão *et al.* (2021), esta que tem o objetivo de desenvolver um novo modelo de priorização das vítimas do SAMU/192, baseado na metodologia de decisão multicritério, levando em consideração a escassez de recursos. Foi formado um painel de especialistas e um grupo de discussão que definiu os limites do problema e identificou os critérios de avaliação para a escolha da vítima, entre quatro alternativas ilustradas a partir de cenários hipotéticos de situações de emergência – doenças clínicas e traumáticas de prioridade absoluta. Para a priorização, foi utilizado um método matemático aditivo que agrega critérios em uma versão flexível e interativa, o FITradeoff.

Outro exemplo de pesquisa desenvolvida foi a de Lacerda *et al.* (2021), que teve como objetivo propor um modelo de decisão multicritério para resolver um problema de seleção de local para uma estação redutora de pressão em uma empresa de distribuição de gás natural. Para tanto, o modelo MCDM se baseia em uma abordagem compensatória, o método Flexível e Interativo de Tradeoff (FITradeoff), que é um método de função de valor (ALMEIDA *et al.*, 2016), auxiliado por meio de Decisão Sistemas de Apoio (DSS). Foi realizada uma análise em uma distribuidora brasileira de gás natural, visto que a empresa escolhida está passando por um plano de expansão de sua rede e deve realizar estudos desta natureza.

Uma outra pesquisa foi a de Pergher *et al.* (2020), que teve o objetivo de refletir acerca da estrutura de preferência do Decisor nas decisões de agendamento, esta obra leva em consideração a relação entre o método compensatório flexível e interativo (FITradeoff) com as atividades de job-shop, para identificação da melhor data de vencimento, liberação de pedido e regras de despacho de loja. Ainda em 2020, a obra de Poletto *et al.* (2020), aborda o problema de decisão de terceirização de tecnologia da informação (TI) (ITO), fazendo uso do método FITradeoff para apoio a decisão.

Outros diversos trabalhos foram desenvolvidos usando o método multicritério FITradeoff em 2019, como a obra de Silva *et al.* (2019a)), este que tinha o objetivo de definir a melhor localização para a construção de uma nova Delegacia Estadual de Polícia Militar. Ainda em 2019, Silva *et al.* (2019b) decidiu resolver por meio do FITradeoff um problema relacionado ao sistema de manufatura de classe mundial. Seu objetivo foi o uso do método de estruturação de problemas do pensamento focado em valor (VFT) com o método FITradeoff para fornecer maior coerência e eficiência em todo o processo de seleção de projetos do WCM.

Por fim, no ano de 2018, temos um artigo que propõe um modelo de decisão baseado no método FITradeoff com o objetivo de auxiliar na tomada de decisão multicritério no contexto do planejamento energético do país (KANG *et al.*, 2018).

2.2.2 Estudos de Neurociência com o método FITradeoff

Conhecer os processos neurais por trás da tomada de decisões pode ajudar indivíduos a aprimorar suas habilidades de autocontrole, gerenciamento de estresse e tomada de decisões

mais ponderadas e conscientes. Para líderes e gestores, compreender como o cérebro funciona pode fornecer insights sobre como motivar equipes, resolver conflitos e tomar decisões mais eficazes para alcançar objetivos organizacionais.

A natureza multidisciplinar da neurociência permite que sua utilização de suas ferramentas em diferentes áreas do conhecimento como: direito, engenharia, economia, medicina e biologia. Em se tratando de estudos em tomada de decisão, a neurociência é utilizada como uma ferramenta de apoio, uma vez que a engenharia passou a recorrer a recursos da neurociência para entender como diferentes aspectos podem influenciar nos processos decisórios. Análises de movimentação e conforto da pupila usando o *Eye-Tracking* (ETTINGER; KLEIN, 2016) e as análises das potências das ondas cerebrais captadas pelo EEG (DEBENER *et al.*, 2016), conseguem fornecer um gigantesco volume de dados que se tratados corretamente têm o potencial de demonstrar: quais aspectos influenciam nas tomadas de decisões, o comportamento do Decisor, se fontes externas atrapalharam o processo, qual foi o esforço cognitivo empregado, realizar testes de usabilidade de software e/ou interfaces, dentre outras.

Como já supracitado, diversos fatores podem atingir e assim influenciar na forma de decidir, os fatores externos são responsáveis por causarem impacto direto no estímulo, afetando diretamente as decisões que serão tomadas pelas pessoas. A título de exemplo de trabalhos e pesquisas desenvolvidas com a utilização de Neurociência com o método FITradeoff, temos a obra de Silva *et al.* (2022), que investigou o processo de elicitación de preferências com Flexível e Interativo Tradeoff (FITradeoff), utilizando eletroencefalografia e rastreamento ocular aplicado a uma amostra de alunos de graduação e pós-graduação. Enquanto o FITradeoff ofereceu maior flexibilidade na avaliação dos avanços recentes na área, o experimento realizado incorporou paradigmas presentes em outros métodos desenvolvidos para a racionalidade compensatória.

Outro exemplo é o trabalho de Roselli e Almeida (2022), que teve como objetivo melhorar a avaliação holística no processo de tomada de decisão FITradeoff. O estudo gerou recomendações que podem subsidiar o analista durante o processo de assessoria junto ao tomador de decisão. Uma ferramenta de neurociência foi aplicada para conduzir um estudo comportamental. Usando um eletroencefalograma, as atividades Alfa e Teta foram monitoradas de uma amostra de vinte e sete estudantes de engenharia de gestão. Ainda em 2022, Silva *et al.* (2022), buscou realizar uma análise sobre os aspectos cognitivos durante o processo de elicitación usando FITradeoff em que os sujeitos resolveram problemas de decisão desenvolvidos por eles mesmos. Duas ferramentas de neurociência, o Eye-Tracker e um EEG de 14 canais foram usados para coleta de dados neurológicos e psicofisiológicos.

Já em 2021, temos o trabalho de Almeida *et al.* (2021), cujo objetivo foi propor a regra de decisão baseada no sucesso. Com base nessa regra, são feitas recomendações sobre a avaliação holística. A primeira é que esta regra pode ajudar o analista a aconselhar DMs com informações sobre a probabilidade de sucesso da visualização. Em segundo lugar, esta regra sugere melhorias que podem ser feitas no design do FITradeoff DSS. Nesse contexto, três experimentos de neurociência foram conduzidos para investigar como um DM usa os gráficos para avaliar um

problema MCDM/A.

Por último, em 2019, como exemplo de utilização da Neurociência com o método FITradeoff, há a pesquisa de Roselli *et al.* (2019), que usou a neurociência para investigar como os tomadores de decisão avaliam a visualização gráfica no método FITradeoff. Nesse contexto, foi desenvolvido um experimento de neurociência usando rastreamento ocular, cujo objetivo principal era melhorar o sistema de apoio à decisão FITradeoff e, além disso, forneceu informações para o analista sobre a aplicação da visualização gráfica em problemas de tomada/auxílio à decisão multicritério.

2.2.3 Síntese do estado da arte e posicionamento deste trabalho

A revisão da literatura revela uma ampla gama de estudos relacionados à tomada de decisão e neurociência, destacando a aplicação do método multicritério FITradeoff em diversas áreas. Os estudos abrangem desde aplicações práticas, como priorização de vítimas em situações de emergência e seleção de locais para instalações industriais, até reflexões teóricas sobre estruturas de preferência e regras de decisão.

Uma série de trabalhos demonstra a aplicação eficaz do FITradeoff em problemas complexos de decisão, como a seleção de projetos de tecnologia da informação e a localização de instalações públicas. Esses estudos evidenciam a flexibilidade e a utilidade desse método em diferentes contextos organizacionais e de planejamento.

Além disso, há uma crescente integração da neurociência no estudo da tomada de decisão, utilizando ferramentas como eletroencefalografia e rastreamento ocular para investigar os processos cognitivos subjacentes às escolhas. Essa abordagem permite uma compreensão mais profunda dos mecanismos neurais envolvidos na avaliação de opções e na elaboração de preferências.

O diferencial deste trabalho reside na análise comparativa do comportamento de dois grupos distintos: um com conhecimento prévio sobre o processo de tomada de decisão e outro sem esse conhecimento. Enquanto a literatura existente oferece insights valiosos sobre os métodos e aplicações do FITradeoff, este estudo busca preencher uma lacuna ao investigar como o conhecimento prévio influencia o processo de decisão. Ao incorporar a neurociência, este trabalho oferece uma perspectiva inovadora sobre os aspectos cognitivos da tomada de decisão, contribuindo para uma compreensão mais abrangente desse fenômeno complexo.

3 EXPERIMENTO

Este capítulo descreve um experimento realizado para modular o processo de tomada de decisão por meio de uma avaliação geral do método FITradeoff, que combina temas de neurociências e suas ferramentas.

As métricas apresentadas neste capítulo viabilizaram a realização das análises, tanto descritivas como estatísticas, dos dados apresentados no presente experimento. É importante ressaltar que não foram analisados no presente trabalho os dados provenientes do EEG. As análises foram feitas com o auxílio dos softwares Tobii Studio (Mapas de Calor) e R-Studio. Os resultados recolhidos e analisados são apresentados no capítulo seguinte.

3.1 Problema de Escolha de Smartphone

Foi apresentado um problema padrão de escolha de smartphone para ser analisado no SAD do FITradeoff pelos participantes. O problema era composto por 7 critérios e 7 alternativas como se pode ver a seguir na Tabela 1. No que se refere a descrição dos *smartphones*, alguns são aparelhos mais caros com boas especificações técnicas, enquanto outras são de aparelhos mais simples.

Tabela 1 – Tabela Input – Problema Padrão de Escolha de Smartphone

Crítérios / Alternativas	Preço (R\$)	Qualidade das Fotos	Memória / Armazenamento (GB)	Bateria (horas)	Tamanho da Tela (polegadas)	Design	Ano de Lançamento
Smartphone 1	9.269,00	5	512	25	6,7	5	2023
Smartphone 2	6.999,00	5	128	20	6,1	5	2022
Smartphone 3	8.549,00	5	256	25	6,8	5	2023
Smartphone 4	1.349,00	3	128	18	6,6	2	2021
Smartphone 5	4.549,00	4	128	18	6,1	4	2022
Smartphone 6	2.199,00	3	128	20	6,5	3	2023
Smartphone 7	942,00	1	32	18	6,2	1	2020

O autor (2024).

3.2 Amostras

Sobre as amostras usadas nos experimentos, essa foi composta por dois grupos distintos: 21 alunos que cursavam a disciplina Tomada de Decisão Multicritério (DM) para alunos de graduação e pós-graduação; e 19 pessoas que não tiveram nenhum contato com a disciplina. Vale ressaltar que o presente experimento considerou grau de conhecimento para o participante que tenha cursado a disciplina DM e possua entendimento dos conceitos relevantes ao ponto de estar apto em nível de aplicação. Em ambos os grupos, havia a característica de estarem ativos no mercado de trabalho com função de decisão. Ainda, o grupo com conhecimento era composto

por 13 homens e 8 mulheres. Já o grupo sem conhecimento era composto por 14 homens e 5 mulheres. A faixa etária do experimento foi entre 22 e 41 anos de idade.

No experimento, preliminarmente houve uma explanação para os participantes dos equipamentos e procedimentos técnicos, além disso, os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) do Comitê de Ética da UFPE (CAAE - 69253017.0.0000.5208), que é o documento no qual é explicitado o consentimento livre e esclarecido do participante e/ou de seu responsável legal, de forma escrita, contendo todas as informações necessárias, em linguagem clara e objetiva, de fácil entendimento, para o mais completo esclarecimento sobre a pesquisa a qual se propõe participar. Ainda, foi utilizada a ferramenta EEG, para que fossem analisadas outros tipos de métricas em estudos futuros.

Os movimentos oculares foram registrados usando o Tobii X-120 Eye-Tracker da Tobii, enquanto o Tobii Studio foi usado para gravar e realizar algumas análises e tratamentos dos dados das reações apresentadas. Os registros desses movimentos foram registrados conforme estrutura demonstrada a seguir na Figura 6.

Figura 6 – Experimento.

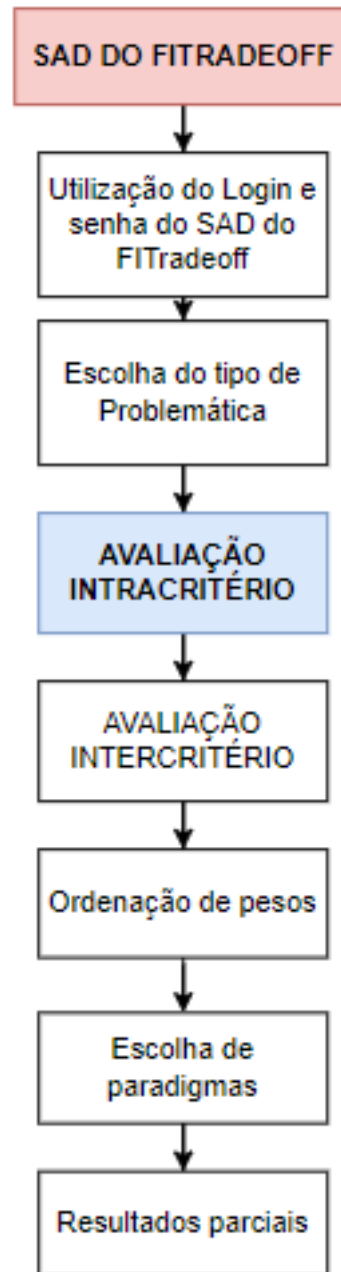


O autor (2024).

3.3 Etapas do SAD do FITradeoff

O participante seguirá o experimento conforme demonstrado na Figura 7.

Figura 7 – Fluxograma etapas do SAD do FITradeoff



O autor (2024).

Será demonstrado detalhamento de algumas dessas etapas de utilização do SAD. Lembrando que, conforme destacado na Figura 7, a etapa analisada no experimento será a de avaliação intracritério.

Após a identificação da Tabela Input, o participante usará login e senha cadastrados no SAD do FITradeoff conforme Figura 8.

Figura 8 – Interface do SAD do FITradeoff - Login

FITradeoff.org
FITradeoff
Flexible and Interactive Tradeoff

FU-T3MMM-WF1a

Help

E-mail:

Password:

[Forgot password?](#)

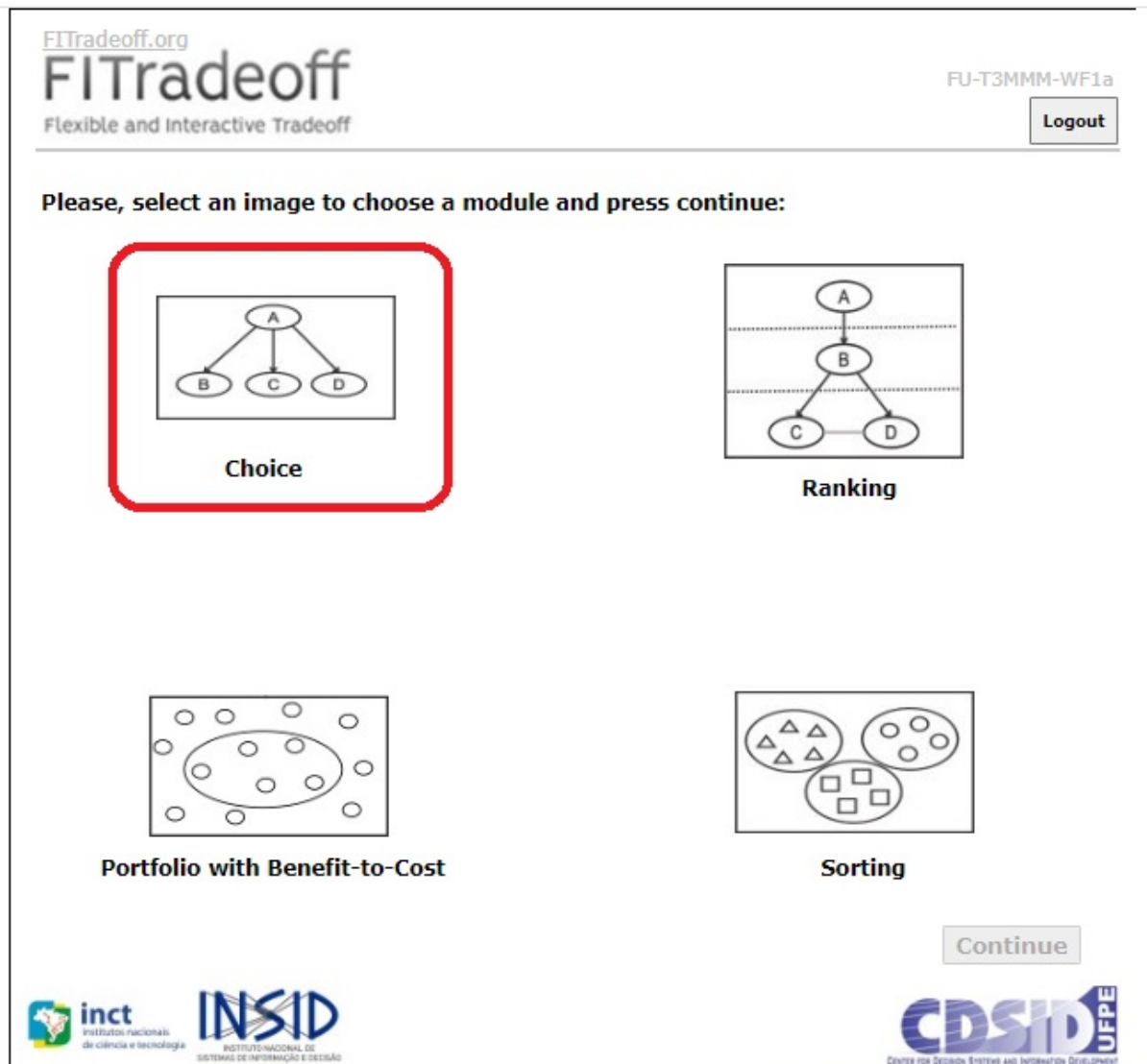
Back Enter

inct
INSID
CDSID UFPE

SAD FITradeoff (2024).

Em seguida, a equipe do experimento orientou o participante para escolher o tipo de problemática, que no caso será a de escolha (*Choice*) conforme Figura 9.

Figura 9 – Interface do SAD do FITradeoff - Escolha da problemática



SAD FITradeoff (2024).

A partir disso, se iniciará a avaliação intracritério para elicitación das funções valores intracritério. Esta etapa será analisada mais detalhadamente na seção 3.4 deste trabalho.

Uma vez definidas as funções valor dos critérios, o decisor poderá seguir para a primeira tela da etapa de avaliação intercritério.

Após inseridas as informações do problema, será exibida ao usuário a página “Input”, onde são exibidas todas as informações imputadas pelo decisor (Figura 10).

Figura 10 – Interface do SAD do FITradeoff - Página Input

Input Data:

Criteria:	Price (Rs)	Photo quality	Memory/Storage (GB)	Battery (hours)	Screen Size (inches)	Design	Release
0-Cont Min; 1-Cont Max; 2-Disc Min; 3- Disc Max; 4- Int Min; 5- Int Max:	0	3	1	1	1	3	1
Number of levels of discrete criteria	0	5	0	0	0	5	0

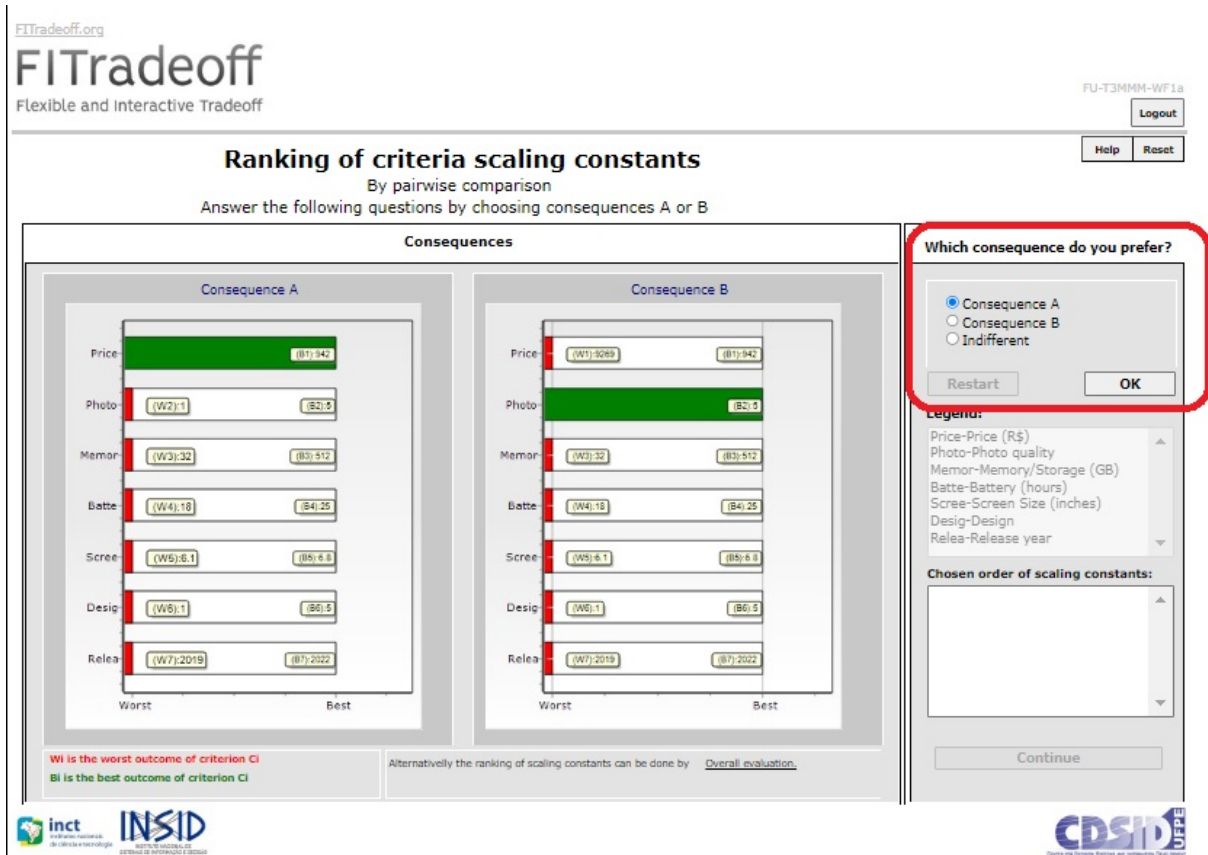
Consequence Matrix:	Price (Rs)	Photo quality	Memory/Storage (GB)	Battery (hours)	Screen Size (inches)	Design	Release
Smartphone 1	9269	5	512	25	6.7	5	2022
Smartphone 2	6999	5	128	20	6.1	5	2021
Smartphone 3	8549	5	256	25	6.8	5	2022
Smartphone 4	1349	3	128	18	6.6	2	2020
Smartphone 5	4549	4	128	18	6.1	4	2021
Smartphone 6	2199	3	128	20	6.5	3	2022
Smartphone 7	942	1	32	18	6.2	1	2019

Equivalence threshold:
 Maximum difference for the global values of two alternatives, below of which they can be considered indifferent:

SAD FITradeoff (2024).

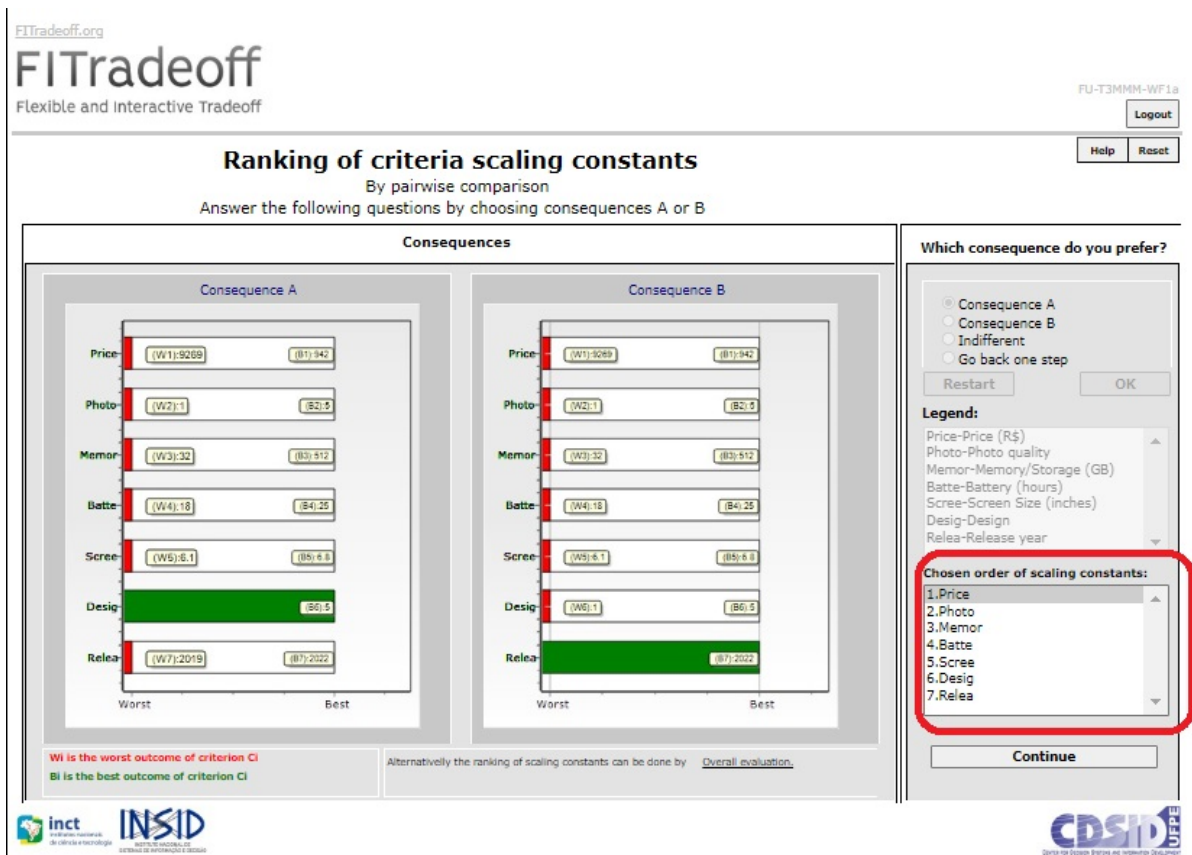
O SAD possibilita a realização da ordenação das constantes de escala. São apresentadas, em gráficos, uma situação hipotética de comparação, devendo o decisor selecionar se prefere o valor máximo da consequência A, da consequência B, ou se sente indiferente entre as consequências (Figura 11). O SAD utiliza uma Heurística para redução do número de perguntas realizadas. Onde, à medida que cada resposta é armazenada, os critérios são exibidos de forma ordenada (Figura 12).

Figura 11 – Interface do SAD do FITradeoff - Escolha das consequências



SAD FITradeoff (2024).

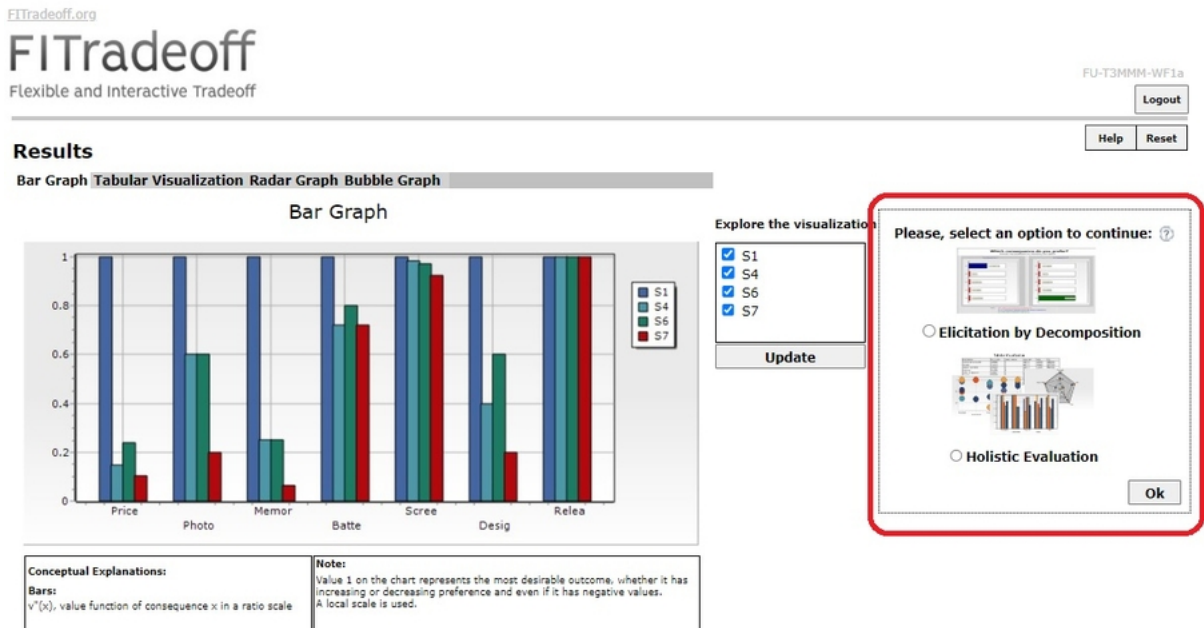
Figura 12 – Interface do SAD do FITradeoff - Ordenação dos critérios



SAD FITradeoff (2024).

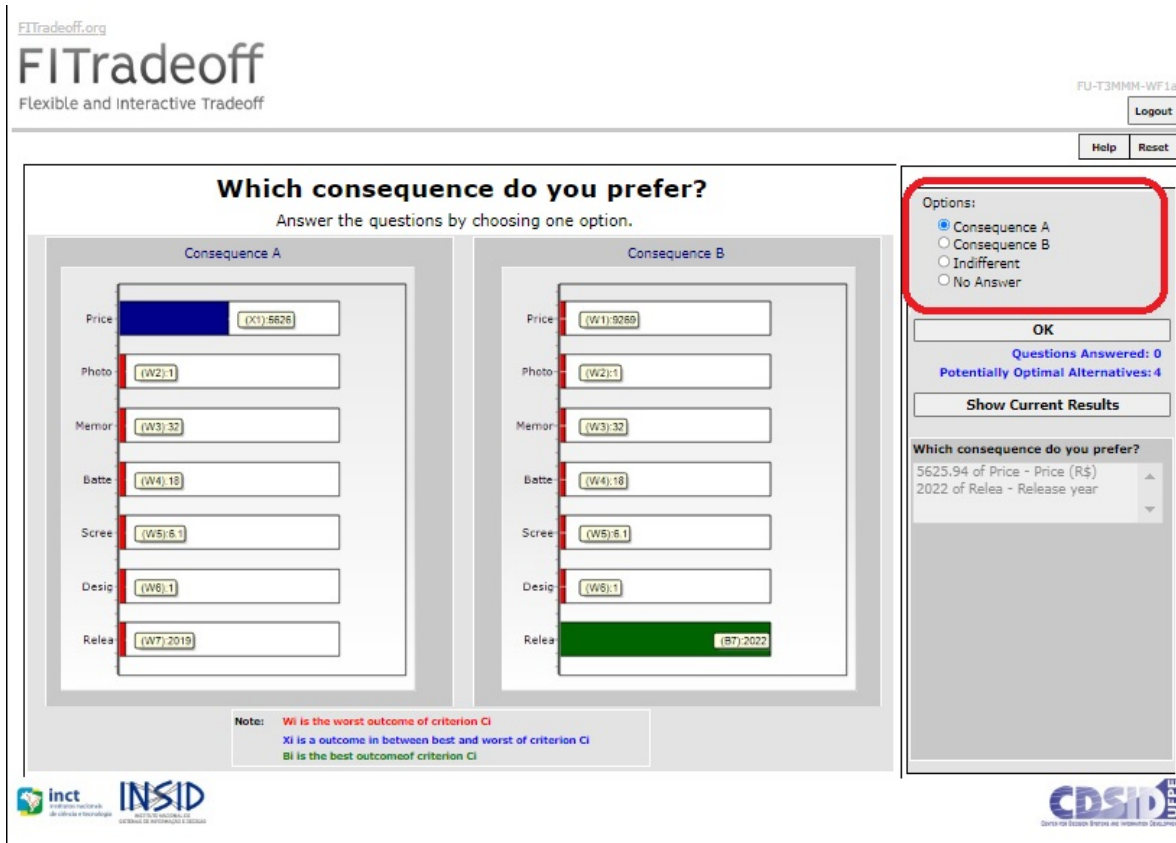
Para resolver isso, o FITradeoff permite que o tomador de decisão expresse suas preferências usando duas modelagens de preferência. Com relação ao processo de modelagem de preferências, o método FITradeoff permite a combinação de dois paradigmas (Figura 13), a elicitación por decomposição e a avaliação holística (ALMEIDA *et al.*, 2021) demonstrados nas Figuras 14 e 15.

Figura 13 – Interface do SAD do FITradeoff - Escolha de paradigma



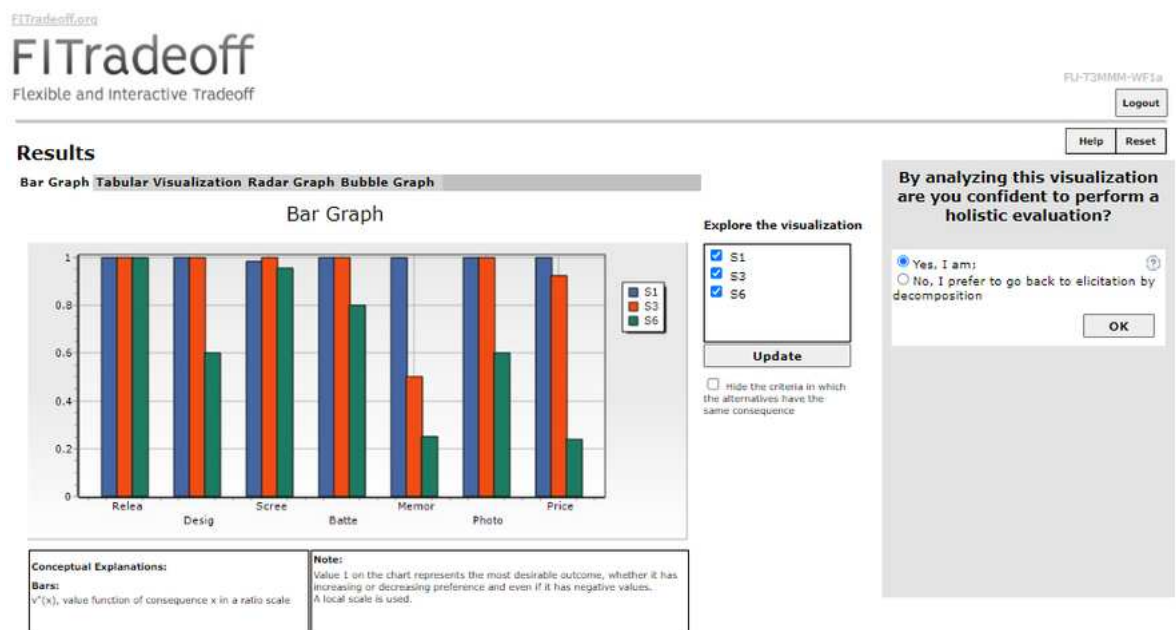
SAD FITradeoff (2024).

Figura 14 – Interface do SAD do FITradeoff - Elicitação por decomposição



SAD FITradeoff (2024).

Figura 15 – Interface do SAD do FITradeoff - Avaliação Holística

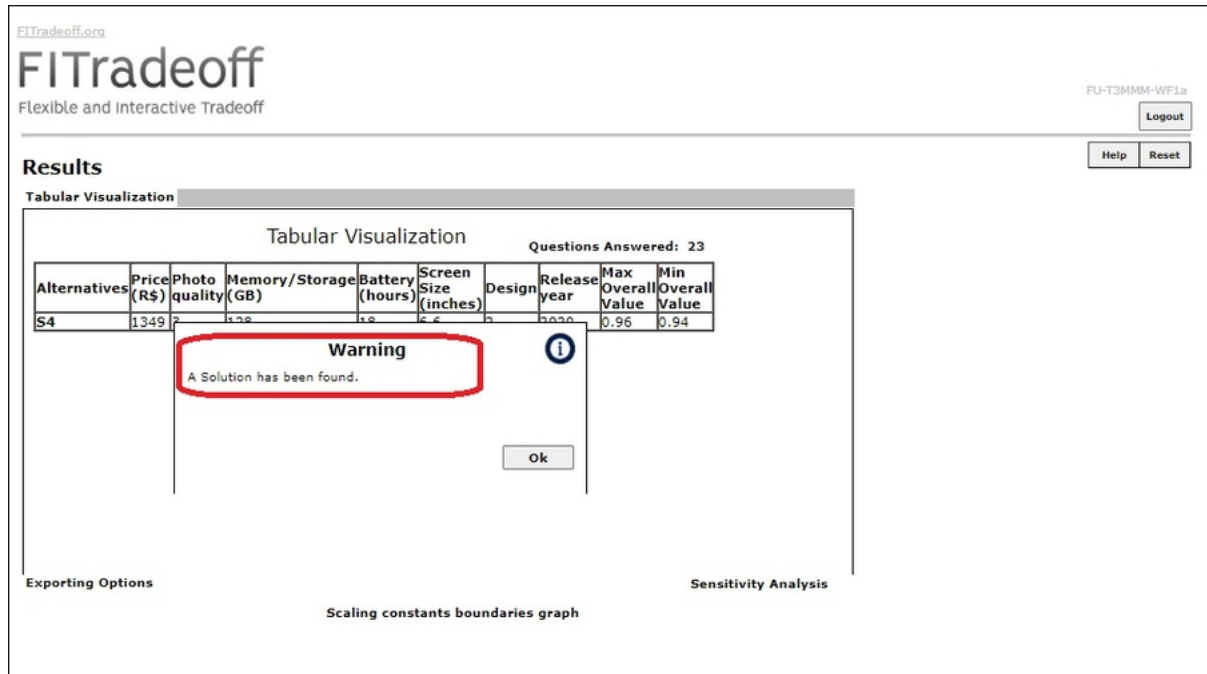


SAD FITradeoff (2024).

O FITradeoff disponibiliza, ao longo da elicitação das preferências do decisor, a visuali-

zação dos resultados parciais (Figura 16). Nesta página são exibidas as visualizações tabulares e gráficas dos resultados obtidos com base nas informações que foram fornecidas até o momento.

Figura 16 – Interface do SAD do FITradeoff - Resultados parciais

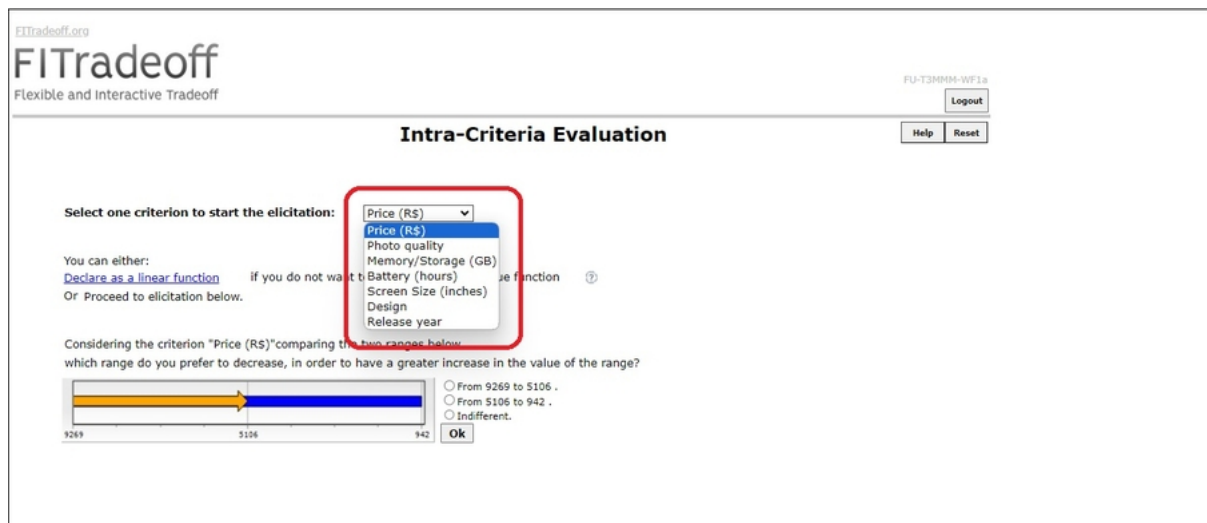


SAD FITradeoff (2024).

3.4 Avaliação Intracritério

O procedimento da bisseção foi inserida no FITradeoff para elicitação das funções valores intracritério. A etapa de avaliação intracritério possui grande importância no processo de modelagem de problemas multicritério, consistindo na obtenção da função valor marginal que reflete as preferências dos decisores em diferentes níveis de aspiração em uma escala mensurável para cada critério de um problema, associando um número real $v(x)$ (em uma escala de 0 a 1) a cada ponto x (consequência avaliada em um critério) em um espaço de avaliação. Uma vez inseridos os dados, via Excel ou entrada manual, o decisor será direcionado para tela de elicitação (*Intra-criteria Evaluation*) conforme Figura 17. Uma vez na tela de elicitação, primeiramente o decisor verá um menu suspenso contendo todos os critérios do problema, no qual deverá selecionar um para iniciar o procedimento.

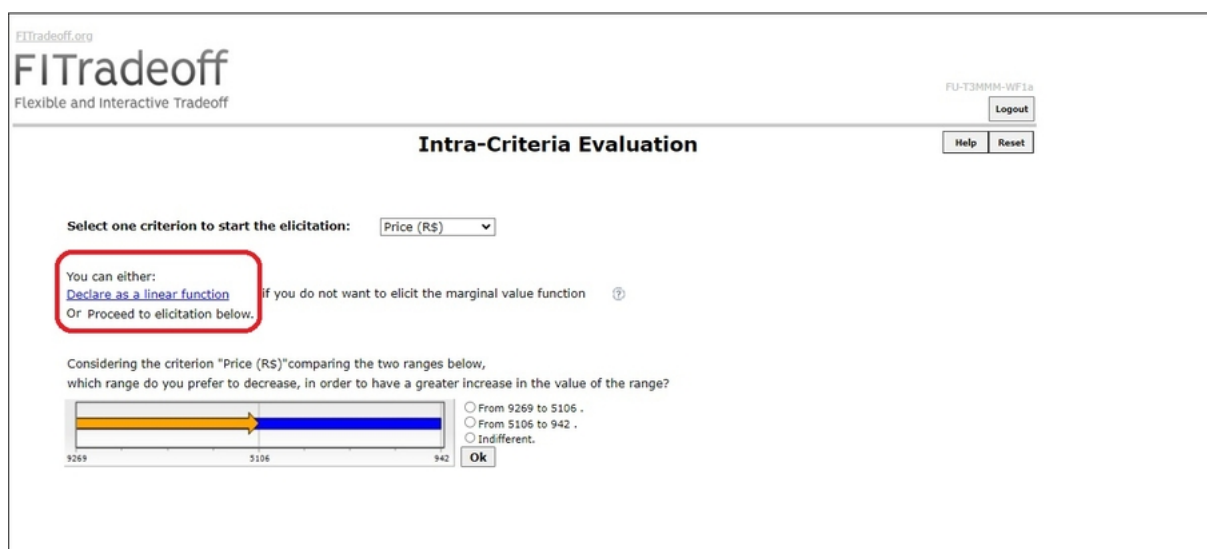
Figura 17 – Interface do SAD do FITradeoff - Escolha dos critérios



SAD FITradeoff (2024).

Nessa etapa, o decisor seleciona cada critério para iniciar a elicitação (Figura 17) depois opta por declarar ou não como linear a função valor relacionada (Figura 18). Uma vez que uma função valor deve representar de forma mensurável as preferências de um decisor em termos de aspiração, é utilizado o chamado método da bisseção (KEENEY; RAIFFA, 1993). Assim, cada critério escolhido e sua respectiva função valor será chamado de bisseção e será nomeado de B01 (bisseção 01) a B07 (bisseção 07).

Figura 18 – Interface do SAD do FITradeoff - Declarar ou não como Linear



SAD FITradeoff (2024).

Caso não declare como linear, ele opta por escolher entre os ranges de valores ou pela indiferença (Figura 19). Por ser uma etapa nova, esse estudo procurou focar em verificar a diferença de comportamento de decisão de quem possui ou não conhecimento em Decisão Multicritério.

Figura 19 – Interface do SAD do FITradeoff - Escolha dos ranges de valores

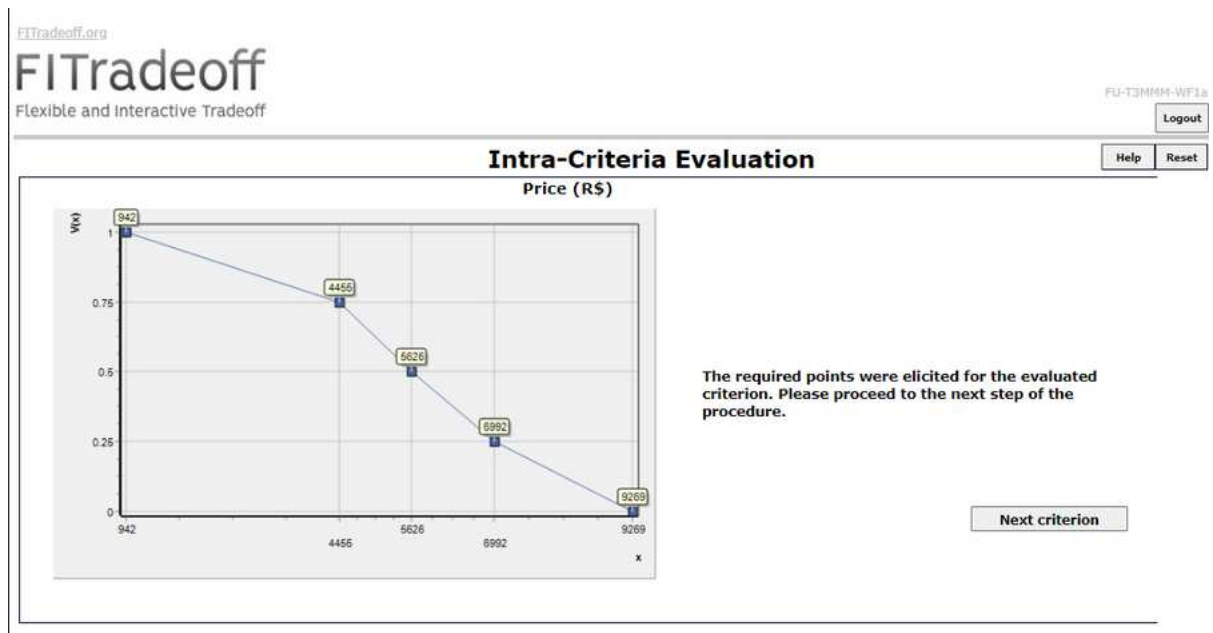
The screenshot shows the FITradeoff web interface. At the top left, it says 'FITradeoff.org' and 'FITradeoff Flexible and Interactive Tradeoff'. At the top right, there is a 'Logout' button and a version identifier 'FU-T3MMM-WF1.a'. Below this, there are 'Help' and 'Reset' buttons. The main heading is 'Intra-Criteria Evaluation'. A dropdown menu shows 'Price (R\$)' selected. Below this, there is a link 'Declare as a linear function' and a question mark icon. The text says 'Or Proceed to elicitation below.' A red box highlights a question: 'Considering the criterion "Price (R\$)" 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?'. Below the question is a horizontal bar with a yellow arrow pointing right. The bar has values 9269, 5106, and 942. To the right of the bar are three radio buttons: 'From 9269 to 5106 .', 'From 5106 to 942 .', and 'Indifferent.'. The 'Indifferent.' option is selected. There is an 'Ok' button at the bottom right of the red box.

SAD FITradeoff (2024).

Após fornecer a primeira resposta (Figura 19), os intervalos de valores são atualizados. Ressaltando que o decisor pode optar pela indiferença entre os intervalos, evidenciando a premissa básica do sistema de realizar um processo flexível.

No instante em que o critério de parada é atingido ou o decisor opte pela indiferença dos intervalos, o ponto é definido. O processo ocorre do mesmo modo para a obtenção dos valores de referência dos demais pontos, quando necessário, até que o gráfico com a forma da função valor marginal final seja exibido ao decisor (Figura 20). Finalizada a elicitação de cada valor de referência para o critério, o sistema permitirá iniciar a elicitação do seguinte. E caso todos os critérios desejados tenham sido elicitados, possuindo uma função valor marginal final, será possível seguir para a etapa de avaliação intercritério.

Figura 20 – Interface do SAD do FITradeoff - Função Valor marginal



SAD FITradeoff (2024).

3.5 Ferramentas de Neurociência

Nesta subseção, serão exploradas as principais ferramentas utilizadas neste estudo para investigar os processos cognitivos subjacentes à tomada de decisão. A neurociência oferece um conjunto diversificado de técnicas que permitem uma análise detalhada da atividade cerebral e dos padrões de comportamento associados à escolha e avaliação de alternativas. Dentre as ferramentas mais relevantes, está a de rastreamento ocular, realizado por meio de tecnologia de Eye-Tracking, que permite monitorar os movimentos oculares dos participantes enquanto eles examinam estímulos visuais, fornecendo informações sobre o foco de atenção e o processamento visual durante a escolha. Essa ferramenta foi utilizada no presente estudo.

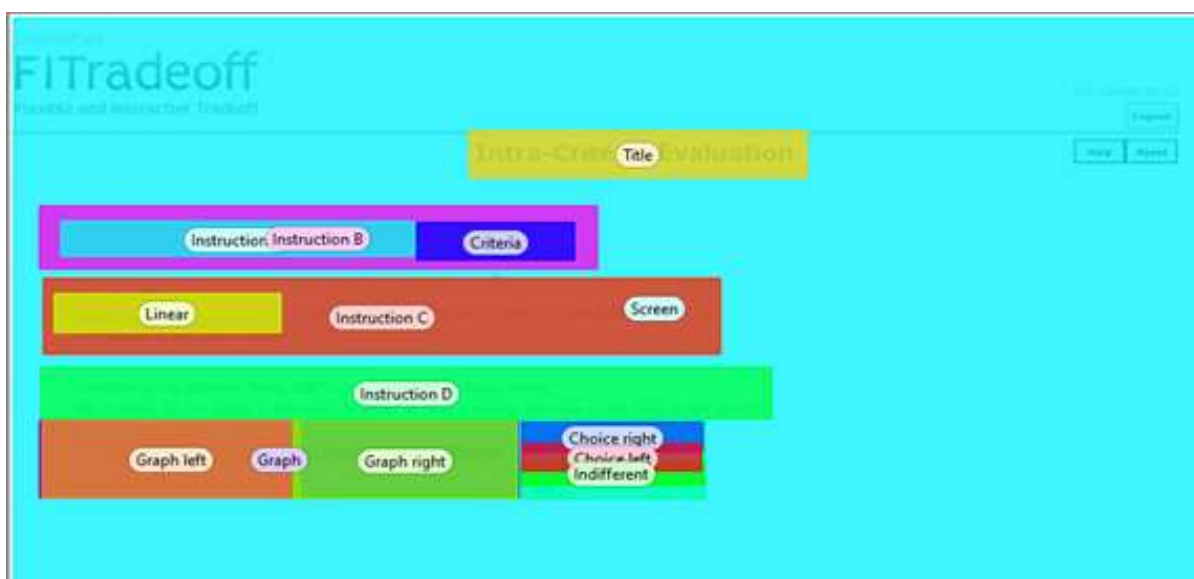
3.5.1 Áreas de interesse (AOI)

Assim, foram delimitadas áreas de interesse (Figura 21) para extrair métricas de duração de fixação, as quais foram posteriormente normalizadas pelo total de fixações para obtenção de valores percentuais. Cada área delimitada possui significados específicos, detalhados na Tabela 2. Essas métricas são amplamente reconhecidas na literatura por estarem positivamente correlacionadas com a atenção e o interesse do observador, desempenhando um papel crucial na avaliação das estratégias de busca de informação e alocação de atenção (KAHNEMAN, 1973; KNOBLICH *et al.*, 2001). Em contextos de codificação, como a navegação em uma página da web, uma frequência maior de fixações em uma área particular pode sugerir um maior interesse no conteúdo ou indicar que a tarefa em questão é complexa e requer mais esforço cognitivo para

ser processada (JUST; CARPENTER, 1976; JACOB; KARN, 2003).

Destaca-se que as áreas de interesse desempenham um papel fundamental em estudos utilizando Eye-tracking, fornecendo uma representação visual das regiões de interesse dentro do estímulo visual e permitindo uma análise mais detalhada do comportamento visual dos participantes durante a execução da tarefa. Nesse contexto, as AOIs construídas neste estudo oferecem uma ferramenta valiosa para investigar os padrões de atenção e processamento visual dos indivíduos em relação aos estímulos apresentados.

Figura 21 – Áreas de Interesse



O autor (2024).

Tabela 2 – Significado Áreas de Interesse

Área de Interesse	Significado
Choice	Refere-se à área de todas as alternativas de escolha do gráfico
Choice left	Refere-se à área da alternativa mais à esquerda no gráfico
Choice right	Refere-se à área da alternativa mais à direita no gráfico
Criteria	Refere-se à área de escolha do critério
Graph	Refere-se à área total do gráfico
Graph left	Refere-se à área do gráfico mais à esquerda
Graph right	Refere-se à área do gráfico mais à direita
Indifferent	Refere-se à indiferença entre as alternativas de escolha
Instruction A	Refere-se à área de instrução A
Instruction B	Refere-se à área de instrução B
Instruction C	Refere-se à área de instrução C
Instruction D	Refere-se à área de instrução D
Linear	Refere-se à área de escolha de uma função linear
Title	Refere-se ao título

O autor (2024).

3.5.2 Métricas utilizadas

Em todo estudo de recolha de dados utilizando tecnologia do *Eye-Tracker*, uma das primeiras tarefas pode ser (para um avaliador e equipe) determinar as “áreas de interesse” para cada interface e verificar se estas estão visíveis para os participantes. Essas áreas devem identificar elementos ou uma sequência de elementos observados como uma unidade ou grupo, sendo recomendado o uso das leis de percepção da Gestalt (lei da segregação, unidade, proximidade, semelhança, continuidade, pregnância e clausuramento) para defini-las.

As principais medidas dos movimentos oculares: fixações e sacadas. As fixações referem-se ao momento em que os olhos ficam relativamente fixos, absorvendo ou “decodificando” informações, com duração média de 218 milissegundos, com intervalo de 66 a 416 milissegundos. Já a sacada consiste num movimento ocular que ocorre entre fixações, geralmente com uma duração entre os 20 a 35 milissegundos. A função das sacadas é o de mover os olhos para a posição visual seguinte. O processo visual é de imediato suprimido durante as sacadas para evitar o apagamento da imagem visual.

Destas métricas básicas provêm uma infinidade de outras métricas, como é o caso de: duração do olhar (*gaze duration, dwell, fixation cluster ou fixation cycle*), “*scanpaths*” (sequência de fixações), taxa de intermitência (piscar de olhos) e tamanho da pupila, número total de fixações, número de fixações sobre uma área de interesse, duração do olhar fixo sobre uma área de interesse, dentre outras. A métrica utilizada para o presente experimento foi a de duração do olhar fixo sobre uma área de interesse. Uma maior duração (fixações longas) são geralmente consideradas como indicadores da dificuldade de um participante na interpretação do conteúdo da área (MILTON *et al.*, 1950; GOLDBERG; KOTVAL, 1998).

Somado a isso, o pesquisador conta ainda com o auxílio de pacotes de software capazes de criar animações e representações que resumem graficamente (por meio de mapas) o comportamento visual de um utilizador ou conjunto deles. Para auxiliar o presente estudo foram utilizados os chamados “Mapas de Calor” (“*heatmaps*”). Os Mapas de Calor são uma representação estática (e dinâmica) alternativa que é particularmente adequada para análise agrupada de padrões de exploração visual de grupos de usuários. Nestas demonstrações, as áreas “quentes” ou de maior intensidade sugerem locais onde os usuários concentraram mais frequentemente sua atenção, ou seja, áreas com elementos mais atrativos e onde ocorreram mais fixações visuais.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Utilizando as métricas delineadas na seção 3.5.2, foram conduzidas análises abrangentes, incluindo análises descritivas e estatísticas, das representações destacadas.

Sobre os testes estatísticos, vale ressaltar que foram utilizados testes não paramétricos neste estudo devido à natureza das variáveis de interesse, que se supõe não atender uma homogeneidade. Além disso, as amostras eram relativamente pequenas e houve preocupação com a presença de outliers nos dados.

O tamanho da amostra pode ser uma consideração importante na decisão de utilizar um teste paramétrico ou não paramétrico. Enquanto os testes paramétricos como o teste t de Student são robustos com amostras grandes, eles podem ser sensíveis a desvios da normalidade com amostras pequenas. Em contraste, os testes não paramétricos tendem a ser mais robustos com amostras pequenas e não exigem a mesma suposição de normalidade dos dados.

Ainda, a homogeneidade das variâncias é um dos pressupostos do teste t de Student (paramétrico). Se os desvios padrão das duas amostras (grupo com conhecimento e grupo sem conhecimento) forem significativamente diferentes, isso viola esse pressuposto, o que justificaria o uso de um teste não paramétrico. Nessa análise estatística, em que se compara dois grupos distintos (um com conhecimento prévio da disciplina DM e outro sem), pode ser razoável supor que a homogeneidade das variâncias não seja atendida. Isso ocorre comumente em estudos onde os grupos têm diferentes níveis de variabilidade, especialmente quando um grupo é composto por participantes com um conhecimento prévio específico, como é o caso do presente estudo.

No que se refere a preferência pela adoção de testes de natureza paramétrica devido a sua robustez, Stevenson *et al.* (1981) observa que, além de serem fáceis de aplicar e intuitivamente compreensíveis, os testes não paramétricos “[. . .] podem, pois, ser usados quando as hipóteses exigidas por outras técnicas não são satisfeitas, ou quando não é possível verificar essas hipóteses (em razão do pequeno tamanho da amostra).”

Segundo Doane e Seward (2016), testes não paramétricos ou testes livres de distribuição geralmente focam no sinal ou na ordem (posto) dos dados, em vez de no valor numérico exato da variável, não especificam a forma da distribuição da variável na população, podem ser frequentemente usados em amostras menores e para dados ordinais (quando a escala de mensuração não é intervalar ou razão). Assim, foram escolhidos testes não paramétricos para garantir análises robustas e confiáveis dos nossos resultados.

A parte 4.1 apresenta os resultados comparando os grupos com conhecimento com o sem conhecimento dentro das mesmas bisseções. Logo após, a seção 4.2 exibirá a comparação entre etapas diferentes dentro do mesmo grupo com ou sem conhecimento. Por último, a parte 4.3 expõe algumas considerações finais.

4.1 Comparação entre grupos com e sem conhecimento ao longo da avaliação intracritério

Os resultados obtidos no experimento serão discutidos nesta seção. Inicialmente, tem-se a discussão dos resultados para a métrica Duração da Fixação na primeira bisseção, onde foi feita a comparação entre os dois grupos para cada um dos elementos que foram desenhados na área de interesse.

4.1.1 Resultados Bisseção 01

A análise comparativa entre grupos desempenha um papel fundamental na pesquisa científica, permitindo a identificação de diferenças estatisticamente significativas que podem fornecer insights importantes em diversas áreas do conhecimento.

No desenvolvimento deste estudo, a escolha dos métodos estatísticos foi meticulosamente alinhada com as características intrínsecas dos dados coletados e com os objetivos específicos de cada experimento. Considerando o primeiro teste estatístico do experimento, onde a análise centrou-se na comparação entre dois grupos distintos - indivíduos com e sem conhecimento em Tomada de Decisão Multicritério (DM) - optou-se pela utilização do teste de Mann-Whitney.

O teste de Mann-Whitney é não paramétrico para comparar duas populações, utilizando somente os postos dos dados de duas amostras independentes. Caso as distribuições nas populações sejam distintas somente na localização (centro), é um teste de igualdade de medianas. Ele equivale ao teste paramétrico t de igualdade de médias, no caso de normalidade (DOANE; SEWARD, 2016).

Este teste não paramétrico foi selecionado devido à sua robustez em lidar com amostras de tamanhos menores e sua não dependência da distribuição normal dos dados, características que se mostraram presentes no conjunto de dados examinado. A utilização deste teste permitiu uma avaliação eficaz das diferenças medianas entre os grupos, assegurando a integridade e a confiabilidade dos resultados obtidos, mesmo diante das limitações amostrais e da diversidade das distribuições dos dados.

Os resultados do teste de Mann-Whitney que foram apresentados na Tabela 3 e os P-Valores abaixo de 10% foram considerados como estatisticamente significativos para fim de análise e discussão.

Os resultados são mostrados a seguir na Tabela 3 e o grupo com maior tempo de fixação em cada área de interesse é mostrado na Tabela 4.

Tabela 3 – Teste Estatístico Bisseção 01

Choice	Choice left	Choice right	Criteria	Graph	Graph left	Graph right
0.641	0.7333	0.5668	0,0296	0.8257	0,089	0.6697
Indifferent	Instruction A	Instruction B	Instruction C	Instruction D	Linear	Title
0.5741	0.8896	0.8546	0.1181	0.8515	0.3129	0.7429

O autor (2024).

Tabela 4 – Comparação Tempo de fixação entre grupos Bisseção 01

Área de Interesse	Tempo de Fixação
Crítéria	Sem conhecimento > Com conhecimento
Graph Left	Com conhecimento > Sem conhecimento

O autor (2024).

Só foi identificada diferença estatisticamente significativa para a área de interesse *Criteria* e *Graph Left*, onde é feita a escolha do critério e a parte esquerda do gráfico, respectivamente (Tabela 3), sendo a duração de fixação percentual maior para o grupo sem conhecimento em *Criteria* e o percentual maior para o grupo com conhecimento no *Graph Left* (Tabela 4). Tal resultado é de certa forma esperado e se justifica pois o grupo com conhecimento entende melhor o que precisa fazer e analisa mais o gráfico do que o grupo sem conhecimento. Já o grupo sem conhecimento pode estar tendo dificuldade com os gráficos e olhando mais para o critério a fim de estabelecer por lá sua decisão, o que não é o desejado já que eles precisam decidir a partir dos ranges do gráfico apresentado.

Corroborando com o teste de Mann-Whitney, o Mapa de Calor (Headmap) mostra que há uma maior fixação dos participantes sem conhecimento na área *Criteria* (Figura 22B) em relação aos participantes com conhecimento (Figura 22A). Ainda há uma maior fixação dos participantes com conhecimento na área *Graph Left* (Figura 22A) em relação aos participantes sem conhecimento (Figura 22B).

Figura 22 – Headmaps da interface do SAD FITradeoff na Bisseção 01. (A): Bisseção 01 participantes com conhecimento. (B): Bisseção 01 participantes sem conhecimento.



Tobii Studio (2024).

4.1.2 Resultados Bisseção 02

Na etapa Bisseção 02 foi aplicado o mesmo teste para os dados de duração de fixação percentual e o Mapa de Calor (Figura 23) juntamente com os resultados estatísticos (Tabela 5).

Tabela 5 – Teste Estatístico Bisseção 02

Choice	Choice left	Choice right	Criteria	Graph	Graph left	Graph right
0.641	0.7142	0.723	0,0423	0.697	0.8339	0.5404
Indifferent	Instruction A	Instruction B	Instruction C	Instruction D	Linear	Title
0.5619	0.8894	0,0413	0.03255	0.8834	0.2749	0

O autor (2024).

A tabela 6 mostra qual grupo se destacou dentre os resultados estatisticamente significativos:

Tabela 6 – Comparação Tempo de fixação entre grupos Bisseção 02

Área de Interesse	Tempo de Fixação
Crítéria	Sem conhecimento > Com conhecimento
Instruction B	Sem conhecimento > Com conhecimento
Instruction C	Com conhecimento > Sem conhecimento

O autor (2024).

Figura 23 – Heatmaps da interface do SAD FITradeoff. (A): Bisseção 02 participantes com conhecimento. (B): Bisseção 02 participantes sem conhecimento.



Tobii Studio (2024).

Na segunda bisseção, foi identificada diferença estatisticamente significativa para as áreas *Criteria* (área que compreende a escolha dos critérios), *Instruction B* (área que compreende a instrução que explica ao participante que deve escolher um critério para iniciar a elicitação, e a efetiva escolha desse critério), e *Instruction C* (área que compreende a instrução para declarar ou não a função como linear) conforme Tabela 5. Nas áreas *Criteria* e *Instruction B* o grupo sem conhecimento obteve os valores maiores. Na área *Instruction C* o grupo com conhecimento obteve um valor maior, sugerindo que nessa área de instrução específica pode ter havido uma dificuldade por parte do grupo com conhecimento para entender o que foi pedido. Foi encontrada evidência de que o grupo sem conhecimento (Figura 23B) olha mais para a área *Criteria* do que o grupo com conhecimento (Figura 23A).

É interessante notar que o grupo sem conhecimento tende a olhar mais para a área de seleção de critérios, talvez devido à necessidade de se familiarizar com os critérios antes de fazer uma escolha. Por outro lado, o grupo com conhecimento pode estar mais focado na instrução específica da *Instruction C*, o que sugere que eles estão mais confortáveis com a seleção de critérios e estão prontos para prosseguir com as declarações das funções. Essas diferenças de comportamento entre os grupos precisam ser discutidas em relação à compreensão das instruções e à familiaridade com o processo de elicitação.

4.1.3 Resultados Bisseção 03

A análise estatística que consta na Tabela 7 mostra que não houve valor estatisticamente significativo na bisseção 04. O Mapa de Calor da Figura 24 corrobora essa informação.

Tabela 7 – Comparação Tempo de fixação entre grupos Bisseção 03

Choice	Choice left	Choice right	Criteria	Graph	Graph left	Graph right
0.7732	0.7732	0.6026	0.7142	0.6869	0.7135	0.5803
Indifferent	Instruction A	Instruction B	Instruction C	Instruction D	Linear	Title
0.6341	0.2982	0.6747	0.2282	0.7677	0.3123	0

O autor (2024).

Figura 24 – Headmaps da interface do SAD FITradeoff. (A): Bisseção 03 participantes com conhecimento. (B): Bisseção 03 participantes sem conhecimento.



Tobii Studio (2024).

4.1.4 Resultados Bisseção 04

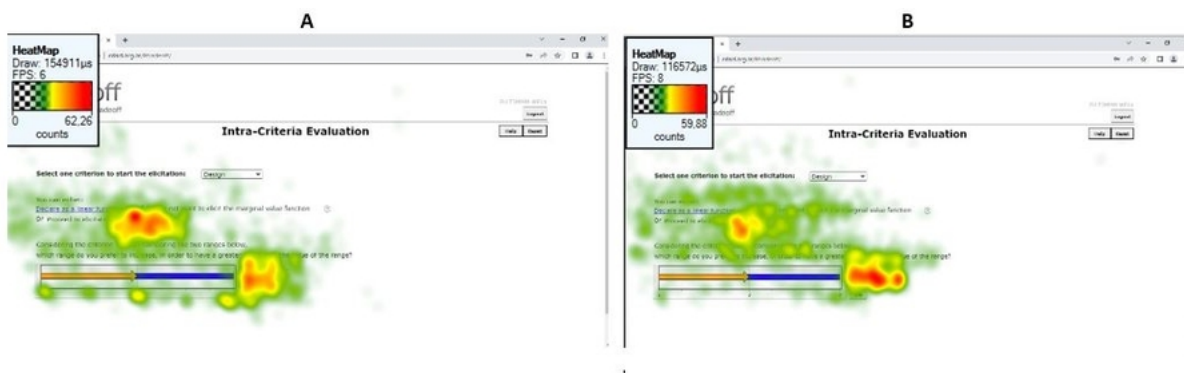
A análise estatística apresentada na Tabela 8 indica que não foram observadas diferenças estatisticamente significativas na quarta bisseção. Essa constatação é reforçada pelo Mapa de Calor ilustrado na Figura 25, o qual confirma a ausência de padrões distintos nesse ponto específico da análise.

Tabela 8 – Teste Estatístico Bisseção 04

Choice	Choice left	Choice right	Criteria	Graph	Graph left	Graph right
0,3398	0,2088	0,2565	0.4923	0,4046	0,3568	0.2444
Indifferent	Instruction A	Instruction B	Instruction C	Instruction D	Linear	Title
0.4058	0,2667	0,4563	0.3341	0,1647	0,1445	0,1354

O autor (2024).

Figura 25 – Headmaps da interface do SAD FITradeoff. (A): Bisseção 04 participantes com conhecimento. (B): Bisseção 04 participantes sem conhecimento.



Tobii Studio (2024).

4.1.5 Resultados Bisseção 05

Novamente, não houve valor estatisticamente significativo na bisseção 05 conforme mostra a Tabela 9 e no Mapa de Calor da Figura 26.

Tabela 9 – Teste Estatístico Bisseção 05

Choice	Choice left	Choice right	Criteria	Graph	Graph left	Graph right
0,2088	0,2858	0,3287	0.3118	0,4942	0,2444	0.3151
Indifferent	Instruction A	Instruction B	Instruction C	Instruction D	Linear	Title
0.481	0,4558	0,1839	0.1614	0.4467	0,4945	0

O autor (2024).

Figura 26 – Headmaps da interface do SAD FITradeoff. (A): Bissecção 05 participantes com conhecimento. (B): Bissecção 05 participantes sem conhecimento.



Tobii Studio (2024).

4.1.6 Resultados Bissecção 06

Avaliando os resultados da bissecção 06, os testes na Tabela 10 indicaram que a área com diferenças estatisticamente significativas entre os grupos foi a área *Instruction B*. Nesse caso, o grupo sem conhecimento apresentou valores superiores aos do grupo com conhecimento. Observa-se que a área *Instruction B* chama atenção tanto no início (bissecção 02) quanto no final do processo (bissecção 06). Sugere-se que ao longo do processo, o decisor fica mais focado em avaliar as instruções sobre o que ele deve fazer na escolha dos critérios gráfico e que isso é mais forte no grupo sem conhecimento.

O Mapa de Calor (Headmap) mostra que há uma maior fixação dos participantes sem conhecimento na área *Instruction B* (Figura 27B) em relação aos participantes com conhecimento (Figura 27A).

Tabela 10 – Teste Estatístico Bissecção 06

Choice	Choice left	Choice right	Criteria	Graph	Graph left	Graph right
0.8165	0.7347	0.7245	0.8142	0.3455	0.5989	0.2604
Indifferent	Instruction A	Instruction B	Instruction C	Instruction D	Linear	Title
0.5619	0.236	0,0323	0.16	0.4946	0.4011	0.1838

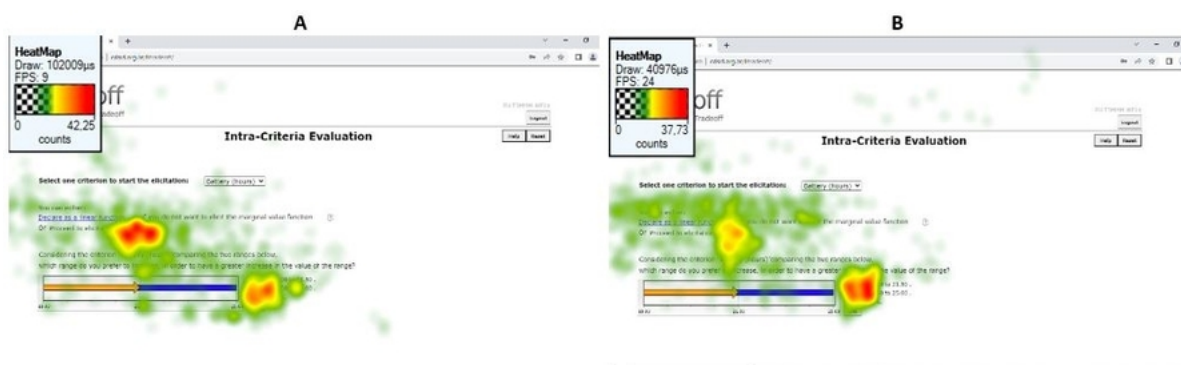
O autor (2024).

Tabela 11 – Comparação Tempo de fixação entre grupos Bissecção 06

Área de Interesse	Tempo de Fixação
Instruction B	Sem conhecimento > Com conhecimento

O autor (2024).

Figura 27 – Headmaps da interface do SAD FITradeoff. (A): Bissecção 06 participantes com conhecimento. (B): Bissecção 06 participantes sem conhecimento.



Tobii Studio (2024).

4.1.7 Resultados Bissecção 07

A análise estatística que consta na Tabela 12 mostra que não houve valor estatisticamente significativo na bissecção 07. O Mapa de Calor da Figura 28 corrobora essa informação.

Tabela 12 – Teste Estatístico Bissecção 07

Choice	Choice left	Choice right	Criteria	Graph	Graph left	Graph right
0,1528	0,1311	0,2522	0,3265	0,4294	0,4933	0,3974
Indifferent	Instruction A	Instruction B	Instruction C	Instruction D	Linear	Title
0,4259	0.3692	0.3963	0.1393	0.294	0.4671	0

O autor (2024).

Figura 28 – Heatmaps da interface do SAD FITradeoff. (A): Bisseção 07 participantes com conhecimento. (B): Bisseção 07 participantes sem conhecimento.



Tobii Studio (2024).

4.2 Comparação entre subetapas da avaliação intracritério para cada grupo

Nesta seção, será apresentada uma análise comparativa entre diferentes subetapas para cada grupo participante do estudo. Serão examinadas mais detalhadamente as diferenças observadas ao longo das várias etapas do experimento, destacando as áreas de interesse que se destacaram em cada grupo. Essa análise permitirá entender melhor como o conhecimento prévio influenciou a atenção visual e a tomada de decisão dos participantes em diferentes momentos do processo.

4.2.1 Grupo com conhecimento

De modo semelhante às análises prévias, foi feito o teste de Wilcoxon (Tabela 13), especialmente adequada para comparar duas amostras relacionadas ou emparelhadas, como é o caso das diferentes subetapas dentro de cada grupo neste estudo (CONOVER, 1999; HOLLANDER *et al.*, 2013). Suas peculiaridades, incluindo a sensibilidade às diferenças de posição, amplitude e forma das distribuições das amostras, serão descritas detalhadamente e devidamente referenciadas.

Nesse contexto, o Teste de Wilcoxon emerge como uma ferramenta estatística robusta e versátil, capaz de lidar com uma variedade de situações que desafiam os pressupostos do teste t de Student (WILCOXON, 1992; MANN; WHITNEY, 1947).

O Teste de Wilcoxon é amplamente utilizado quando os dados não seguem uma distribuição normal ou quando as amostras são pequenas, tornando o teste t inadequado. Sua aplicação é especialmente relevante em áreas como medicina, biologia, psicologia e ciências sociais, onde a heterogeneidade dos dados é comum e a precisão na comparação de grupos é essencial para o avanço do conhecimento (CONOVER, 1999).

Ao contrário do teste t, que compara as médias dos grupos, o Teste de Wilcoxon utiliza a ordem dos dados em cada grupo, atribuindo-lhes postos. A estatística de teste é calculada a partir da soma desses postos em um dos grupos, comparando-a com o que seria esperado sob a hipótese nula de igualdade entre os grupos. Caso a diferença entre as somas dos postos seja

estatisticamente significativa, inferimos a presença de uma diferença estatisticamente relevante entre os grupos (HOLLANDER *et al.*, 2013).

Essa capacidade de fornecer resultados confiáveis em condições desafiadoras faz do Teste de Wilcoxon uma ferramenta valiosa na análise de dados experimentais. Além disso, sua interpretação intuitiva e a disponibilidade de software estatístico dedicado facilitam sua aplicação em uma ampla gama de contextos de pesquisa. Assim, o Teste de Wilcoxon representa uma contribuição significativa para o arsenal de métodos estatísticos disponíveis, permitindo aos pesquisadores explorarem diferenças entre grupos com confiança e precisão em situações onde os pressupostos do teste t não são atendidos. Um deles é o tamanho da amostra que para cada grupo não foi superior a 30 participantes.

Assim, a partir dos resultados obtidos, para o grupo com conhecimento, foi identificada diferença estatisticamente significativa para as áreas de interesse *Choice*, *Choice Left*, *Graph*, *Graph Left*, *Graph Right*, *Instruction A*, *Instruction B*, *Instruction C*, *Instruction D* e *Linear*.

A área de interesse *Choice* tem destaque no grupo com conhecimento na comparação da bisseção B01 com as etapas B05 e B06, com B05 e B06 maiores do que B01. A bisseção B02 obteve diferença significativa de valor menor quando comparada com as bisseções B04 e B07. Ainda, houve destaque a comparação entre as etapas B03 e B07 sendo $B07 > B03$.

A área de interesse *Choice Left* também só aparece como destacada no grupo com conhecimento na comparação da etapa B01 com B05, sendo $B05 > B01$.

Na área *Graph*, houve diferença significativa principalmente quando houve comparação da bisseção B01 com a B07, a B03 comparada a B07 e a B05 comparada com a B07. A bisseção B07 obteve valores menores em todas as comparações.

Na área *Graph Left*, houve diferença significativa apenas quando houve comparação da bisseção B02 com a B04, sendo $B04 > B02$. E B04 comparada a B07, com $B04 > B07$.

Na área *Graph Right*, houve diferença significativa apenas quando houve comparação da bisseção B01 com a B07, e a B03 comparada a B07. Em ambos os casos B07 foi menor do que os demais. Na área *Instruction A*, houve diferença significativa apenas quando houve comparação da bisseção B01 com a B05, com $B01 > B05$.

Já na área *Instruction B*, houve diferença significativa principalmente quando houve comparação da bisseção B01 com as etapas B03, B04, B05, B06 e B07. Em todos os casos a bisseção B01 apresentou valor maior do que as demais. Não havendo diferenças significativas nas demais comparações.

Na área *Instruction C*, houve diferença significativa principalmente quando foi comparada a bisseção B01 (comparada a B03, B05, B06 e B07) e em todos os casos a B01 foi maior. E, a B02 (comparada a B03, B05 e B06), com as demais onde B02 apresentou valor sempre maior. Ainda, houve significância entre as bisseções B04 e B05, B04 e B07, em que B04 foi maior em ambos os casos.

Na área *Instruction D*, houve diferença significativa apenas quando comparada a bisseção B06 com a B07, e $B06 > B07$.

Na área *Linear*, houve diferença significativa principalmente quando houve comparação da bisseção B01 (comparada a B03, B04, B05, B06 e B07) e onde em todos os casos B01 foi maior do que as demais. E, ainda, a B02 (comparada a B03, B04, B06 e B07), com as demais, onde B02 foi sempre maior. Ainda, houve significância entre as bisseções B03 e B07, B05 e B07, e B06 e B07, casos em que a bisseção B07 foi sempre menor.

Os resultados indicam que o grupo com conhecimento dedica uma atenção cuidadosa a cada critério, especialmente na área de interesse *Choice*, onde conforme subetapas vão evoluindo, a atenção aumenta. Além disso, demonstram um esforço significativo para compreender a parte gráfica ao longo de várias subetapas do processo, podendo indicar que eles estão se concentrando na parte mais informativa dessa etapa, afinal, eles devem fazer a avaliação intracritério olhando para o gráfico mais do que para qualquer coisa. Nas demais etapas de instrução, observa-se um padrão distinto de diferença, especialmente nas primeiras bisseções (B01 e B02), indicando um foco considerável na compreensão do processo desde o início do experimento. Outro padrão observado foi na fase *Linear*, onde foram identificadas diferenças significativas, principalmente no início do processo, mas também em várias subetapas finais. Isso sugere que o grupo pode considerar a declaração da função como linear, o que é totalmente plausível, principalmente para quem tem conhecimento.

Tabela 13 – Teste de Wilcoxon na comparação entre as etapas

Bisseções	Choice	Choice left	Choice right	Criteria	Graph	Graph left	Graph right	Indifferent	Instruction A	Instruction B	Instruction C	Instruction D	Linear	Title
B01-B02	0,3627	0,7263	0,1834	0,1775	0,9188	0,6356	0,4755	0,2936	0,4846	0,173	0,7335	0,4898	0,6091	1
B01-B03	0,2936	0,7263	0,5286	0,1003	0,3081	0,6103	0,7223	0,5286	0,6603	0,05534	0,004285	0,3411	0,001002	1
B01-B04	0,2936	0,3627	0,8336	0,2807	1	0,4772	0,5408	0,1834	0,2093	0,009442	0,1373	0,4441	0,001374	1
B01-B05	0,02086	0,05871	0,4412	0,6726	0,4148	0,9188	0,5536	0,234	0,05917	0,04637	0,007101	0,3411	0,07598	1
B01-B06	0,04232	0,1834	0,7263	1	0,7223	0,7223	1	0,1073	0,1319	0,06131	0,01755	0,8083	0,0822	1
B01-B07	0,1073	0,5286	0,234	0,5896	0,02493	0,7223	0,04401	0,1073	0,233	0,05097	0,03844	0,3377	0,000954	1
B02-B03	0,5286	0,9442	0,9442	1	0,755	0,1029	0,9188	0,7263	0,4755	0,2708	0,009016	0,173	0,06111	NA
B02-B04	0,02086	0,8336	0,6241	0,1003	0,1424	0,03667	0,3983	0,3627	0,6248	0,3411	0,1678	0,9851	0,02635	NA
B02-B05	0,2227	0,3627	0,6241	0,2012	0,8241	0,4069	1	0,1415	0,2863	0,2708	0,006281	0,4524	0,2066	NA
B02-B06	0,04232	0,1073	0,3627	0,3711	0,2622	0,6241	0,5408	0,234	0,3627	0,3684	0,01578	0,5135	0,0418	1
B02-B07	0,1834	0,8336	0,2936	0,1814	0,2664	0,6241	0,1263	0,1834	0,9057	0,4566	NA	0,8917	0,000682	NA
B03-B04	0,9442	0,9442	0,6241	0,1003	0,6248	0,1851	0,4755	0,4412	0,4561	0,8129	0,1213	0,1506	0,2959	NA
B03-B05	0,5286	0,234	0,9442	0,4185	0,6248	0,8939	0,2863	0,2936	0,1	0,7049	0,6143	0,6951	1	NA
B03-B06	0,3627	0,1073	0,7263	0,7893	0,7598	0,9188	0,8127	0,2936	0,2664	0,8564	0,9729	0,9553	0,9246	1
B03-B07	0,01285	0,8336	0,4412	0,1814	0,01906	0,7598	0,01285	0,1834	0,6891	0,8498	0,5628	0,2029	0,01058	NA
B04-B05	0,6241	0,1834	0,9442	1	0,7557	0,7263	0,6103	0,234	0,4069	0,7764	0,0702	0,1615	0,2227	NA
B04-B06	0,6241	0,1834	0,8336	0,5839	0,2622	0,1508	0,6103	0,6241	0,7598	0,9321	0,2428	0,6726	0,7049	1
B04-B07	0,7263	0,7263	0,5286	0,2012	0,1197	0,04232	0,4755	0,6241	0,9687	0,6319	0,05939	0,4733	0,1507	NA
B05-B06	0,234	0,6241	0,8336	0,8551	0,9188	0,4412	0,6356	0,7263	0,8339	0,9306	0,9187	0,751	0,7761	1
B05-B07	0,3627	0,4412	0,3627	0,4185	0,06835	0,1551	0,1235	0,7263	0,4069	1	0,6143	0,2029	0,003445	NA
B06-B07	1	0,6241	0,4412	0,7893	0,3081	0,7998	0,1925	0,9442	0,7263	0,816	0,7079	0,01417	0,0411	1

O autor (2024).

4.2.2 Grupo sem conhecimento

No grupo sem conhecimento, conforme demonstrado na Tabela 14, foi identificada diferença estatisticamente significativa para as áreas de interesse *Choice*, *Choice Left*, *Choice Right*, *Criteria*, *Graph Left*, *Graph right*, *Indifferent*, *Instruction A*, *Instruction B*, *Instruction C*, *Instruction D* e *Linear*.

A área de interesse *Choice* tem destaque no grupo sem conhecimento quando houve comparação da bisseção B01 (comparada a B02, B03, B04, B05, B06 e B07), da B02 (comparada

a B05, B06 e B07), com as demais, onde as bissetões B01 e B02 são menores em todas as comparações.

Ainda, houve significância entre as bissetões B03 e B07 ($B07 > B06$), B04 e B06 ($B06 > B04$), B04 e B07, B05 e B07, e B06 e B07, onde B07 foi menor em todos os casos.

Na área de interesse *Choice left* há destaque no grupo sem conhecimento quando houve comparação da bissetão B01 a B03, B04, B06 e B07 com B01 menor em todas as comparações.

Ainda, houve significância entre as bissetões B02 e B07, além da B05 e B07, onde a bissetão B07 foi menor em ambas as comparações.

A área *Choice Right*, mostrou diferença significativa na bissetão B01 comparada às bissetões B02, B03 e B04, com B01 menor em todos os casos.

Na área *Graph Left*, houve diferença significativa apenas quando houve comparação da bissetão B01 com a B07, B02 com a B07 e a B05 comparada a B07, em que se observou que B07 foi menor em todas as comparações.

Na área *Graph Right*, houve diferença significativa apenas quando houve comparação da bissetão B06 com a B07, sendo que $B07 > B06$.

Na área de interesse *Indifferent* há destaque no grupo sem conhecimento quando houve comparação da bissetão B01 com a B06 e a B07, com B01 sempre menor. Ainda, houve significância entre as bissetões B02 e B06, B02 e B07 (bissetão B02 sempre menor), B04 e B06, B04 e B07, com B04 sempre menor.

Na área *Instruction A*, houve diferença significativa apenas quando houve comparação da bissetão B01 (comparada a B03, B04, B05, B06 e B07) e com bissetão B01 maior sempre, a B02 (comparada a B03, B04 e B06), com a B02 maior em todos os casos. Ainda, houve significância entre as bissetões B03 e B06, e B04 e B06, onde foi verificada a bissetão B06 menor em ambos os casos. A área *Instruction B*, trouxe diferença significativa apenas quando houve comparação da bissetão B01 (comparada a B03, B04, B05, B06 e B07) e com B01 apresentando resultado maior do que as demais, a B02 (comparada a B03, B04, B05, B06 e B07), com B02 maior nas comparações feitas. Ainda, houve significância entre as bissetões B04 e B06, onde $B06 > B04$.

Já na área *Instruction C*, houve diferença significativa principalmente quando houve comparação da bissetão B04 e B07, e a B06 e B07, e a B07 sempre menor.

Na área *Instruction D*, houve diferença significativa apenas quando houve comparação da bissetão B03 com a B07, em que $B03 > B07$.

Na área *Linear*, houve diferença significativa principalmente quando houve comparação das bissetões B01 e B07, B02 e B07, e B05 e B07 e foi observado que B07 apresentou resultado sempre menor do que as demais.

Os resultados sugerem que especialmente nos elementos de escolha como a área *Choice*, *Choice Left*, *Choice Right* e *Indifferent* observa-se que as bissetões B01 e B02 têm valores menores em comparação com as demais. Já em áreas de instrução (*Instruction A*, *Instruction B*, *Instruction C*, *Instruction D*), de gráficos (*Graph Left*, *Graph right*), *Criteria* e *Linear* as bissetões B01 e B02 são consistentemente maiores do que as outras bissetões em todas as

comparações realizadas. Esses resultados sugerem uma tendência do grupo sem conhecimento em direcionar sua atenção de forma diferenciada em diferentes etapas do experimento, refletindo uma possível adaptação ao processo de aprendizado e tomada de decisão.

Tabela 14 – Teste de Wilcoxon na comparação entre as etapas

Bisseções	Choice	Choice left	Choice right	Criteria	Graph	Graph left	Graph right	Indifferent	Instruction A	Instruction B	Instruction C	Instruction D	Linear	Title
801-802	0,0972	0,3627	0,05871	0,1424	0,9443	0,9443	0,1029	0,5541	0,2553	0,3321	0,2753	0,2753	0,8498	0,3711
801-803	0,01285	0,02086	0,04232	0,05802	0,5294	0,7798	0,3983	0,1083	0,002526	0,002838	0,3525	0,8288	0,1634	0,3711
801-804	0,01285	0,01285	0,08006	0,01285	0,4899	0,3152	0,4148	0,7998	0,01445	0,0003357	0,4653	0,9843	0,1914	1
801-805	0,02439	0,1073	0,234	0,009152	0,9499	0,1874	0,2213	0,2049	0,01187	0,008232	0,5412	0,49	0,408	0,3711
801-806	0,02439	0,08006	0,1834	0,4148	0,5761	0,8339	0,1682	0,07593	0,003264	0,00618	0,418	0,5136	0,3165	0,3711
801-807	0,01285	0,02997	0,1415	0,1551	0,108	0,02533	0,3081	0,02086	0,0211	0,003918	0,1688	0,2101	0,04514	0,3711
802-803	0,234	0,1415	0,9442	0,07593	0,8939	0,8385	0,6891	0,6891	0,05279	0,002656	0,7983	0,768	0,2052	NA
802-804	0,2936	0,1834	0,9442	0,2719	0,367	0,2622	0,8385	0,7998	0,04545	0,0007766	0,49	0,9217	0,4229	1
802-805	0,02997	0,1415	0,6241	0,234	0,9687	0,6891	0,6835	0,1083	0,1536	0,003524	0,6794	0,5153	0,1406	NA
802-806	0,02997	0,1073	0,5286	0,9442	0,5633	0,5408	0,6891	0,05191	0,009152	0,02635	0,768	0,3321	0,1706	NA
802-807	0,01427	0,01427	0,3627	1	0,3505	0,07556	0,6835	0,02086	0,1263	0,01474	0,4859	0,1956	0,05911	NA
803-804	0,8336	0,6241	0,8336	0,8551	0,224	0,1197	0,4498	0,2049	0,8385	0,7605	0,4653	0,5949	0,6701	1
803-805	0,3627	0,3627	0,1834	0,7874	0,7241	0,3983	0,3066	0,9326	0,9442	0,2559	0,9217	0,5678	1	NA
803-806	0,1415	0,1834	0,234	0,4185	0,3066	0,9188	0,1197	0,2049	0,03461	0,3684	0,6794	0,1042	0,9321	NA
803-807	0,02086	0,1073	0,234	0,2012	0,1	0,1424	0,9645	0,1834	0,6356	0,4102	0,5713	0,04456	0,2013	NA
804-805	0,234	0,3627	0,2936	0,4185	0,5563	0,1973	0,4772	0,5294	0,7263	0,2184	0,6507	0,2253	0,9321	1
804-806	0,08006	0,3627	0,5286	0,4017	0,7837	0,359	0,5536	0,05191	0,01427	0,03624	0,5153	0,3124	0,9321	1
804-807	0,01427	0,234	0,3627	0,4185	0,4561	0,2213	1	0,02249	0,6103	0,4777	0,06629	0,2413	0,2013	1
805-806	0,8336	0,3627	0,6241	0,1056	0,2622	0,3433	0,6356	0,2719	0,1056	0,4851	0,6226	0,6226	0,8506	NA
805-807	0,02086	0,04232	0,5286	0,2807	0,1973	0,04149	0,4772	0,1083	0,5294	0,2184	0,1819	0,3321	0,01706	NA
806-807	0,01427	0,1073	0,1073	0,7874	0,8127	0,2719	0,0972	0,8336	0,4017	0,1183	0,09551	0,1422	0,1488	NA

O autor (2024).

4.3 Considerações Finais

Os resultados da pesquisa evidenciam de forma clara e consistente a influência do conhecimento prévio na atenção visual e na tomada de decisão dos participantes. Notavelmente, observou-se que os participantes sem conhecimento prévio direcionaram sua atenção de forma mais intensa aos critérios de escolha apresentados, enquanto aqueles com conhecimento prévio demonstraram maior interesse e foco nos elementos gráficos.

Comparando subetapas dentro de cada grupo, os dados revelam que participantes com e sem conhecimento prévio exibem comportamentos distintos. O grupo com conhecimento mostra atenção minuciosa principalmente nas primeiras subetapas. Já o grupo sem conhecimento demonstra adaptação ao longo de todo experimento, com valores significativos variados em algumas áreas. Isso destaca a importância de ajustar estratégias de ensino conforme o nível de conhecimento dos participantes.

Esses padrões comportamentais se mantiveram consistentes ao longo de todas as etapas do experimento, comprovados pela robustez dos resultados obtidos através dos testes estatísticos. Essas conclusões enfatizam a importância fundamental de adaptar a apresentação de informações de acordo com o nível de conhecimento do usuário, visando facilitar uma melhor compreensão e interpretação dos dados fornecidos.

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O capítulo conclusivo deste estudo oferece uma análise abrangente das descobertas obtidas por meio da aplicação de métodos e técnicas específicas, fornecendo insights valiosos para a compreensão do tema abordado. Além disso, são oferecidas sugestões construtivas para direcionar pesquisas futuras e explorar aspectos ainda não totalmente investigados. Esta seção não apenas consolida os resultados obtidos, mas também aponta caminhos promissores para a continuidade do trabalho e a expansão do conhecimento na área.

5.1 Conclusões

A análise detalhada dos dados obtidos neste estudo proporcionou insights significativos sobre o comportamento dos participantes durante o processo de tomada de decisão. A utilização de métricas como a duração da fixação e a análise estatística por meio de testes estatísticos revelou diferenças estatisticamente significativas entre os grupos com e sem conhecimento, assim como entre diferentes etapas do experimento.

Os resultados indicaram que, em geral, o grupo com conhecimento apresentou um padrão de comportamento mais focado e analítico, especialmente nas áreas relacionadas aos critérios de escolha e à interpretação dos gráficos apresentados. Por outro lado, o grupo sem conhecimento demonstrou uma maior atenção aos critérios iniciais e uma fixação ocular mais intensa nas primeiras etapas do processo.

Além disso, a análise dos movimentos oculares durante a etapa de avaliação intracritério permitiu identificar padrões específicos de fixação, fornecendo informações adicionais sobre o processo cognitivo dos participantes durante a elicitación de preferências. Esses resultados são especialmente relevantes para o aprimoramento do Sistema de Apoio à Decisão (SAD) utilizado no método FITradeoff, visando melhorar a eficácia e a precisão das escolhas realizadas pelos usuários.

As descobertas deste estudo têm implicações importantes não apenas para a compreensão do processo decisório em contextos específicos, mas também para o desenvolvimento de métodos e ferramentas que possam ser aplicados em diversas áreas, desde a agricultura até a saúde e a indústria. A análise dos dados coletados ao longo de vários experimentos proporcionou insights valiosos para investigações futuras e para o aprimoramento contínuo do método FITradeoff e de seus aplicativos práticos.

Portanto, este estudo contribuiu significativamente para o avanço do conhecimento na área de tomada de decisão multicritério, fornecendo uma base sólida para pesquisas futuras e para a aplicação prática do método FITradeoff em diversos contextos sociais, ambientais e econômicos.

5.2 *Insights* e recomendações

5.2.1 *Insights*

Para atrair a atenção dos participantes sem conhecimento para a análise dos gráficos no Sistema de Apoio à Decisão (SAD), é essencial adotar estratégias eficazes. Primeiramente, é fundamental fornecer instruções claras e objetivas, enfatizando a importância e o propósito da tarefa a ser realizada. Essas instruções devem ser formuladas de maneira acessível e compreensível, garantindo que os participantes entendam claramente o que é esperado deles durante a análise dos gráficos.

Além disso, a disponibilização de feedback imediato sobre a análise dos gráficos pode ser uma abordagem eficaz para aumentar o engajamento dos participantes. O feedback imediato permite que os participantes compreendam rapidamente como estão progredindo na tarefa, proporcionando uma sensação de realização e motivando-os a continuar participando ativamente do processo.

A apresentação visual atrativa dos gráficos desempenha um papel crucial na estimulação da participação dos indivíduos. Gráficos visualmente atraentes e bem projetados têm o potencial de capturar a atenção dos participantes e mantê-los envolvidos na análise dos dados. Portanto, é importante investir tempo e esforço na criação de gráficos visualmente atraentes que sejam intuitivos e fáceis de interpretar.

Explorar novos tipos de visualização, cores alternativas, tamanhos ou outros layouts para representar dados pode ser uma estratégia interessante para entender melhor como esses elementos influenciam a compreensão e a tomada de decisão dos usuários. Experimentar diferentes abordagens visuais permite identificar quais elementos são mais eficazes para transmitir informações complexas de forma clara e concisa, contribuindo para uma análise mais precisa e uma tomada de decisão mais informada.

Em resumo, adotar estratégias como fornecer instruções claras, oferecer feedback imediato, criar gráficos visualmente atrativos e explorar novos tipos de visualização são passos importantes para garantir o engajamento e a eficácia da análise de gráficos no SAD. Essas estratégias não apenas facilitam a compreensão dos dados pelos participantes, mas também promovem uma análise mais profunda e uma tomada de decisão mais fundamentada.

5.2.2 Recomendações

Em termos de modificações no trabalho, é fundamental considerar estratégias que possam aprimorar a experiência dos participantes e a qualidade dos resultados obtidos. Desse modo, é relevante destacar a concepção de Interface Humano-Computador (IHC), que está intimamente ligada ao conceito de usabilidade.

Usabilidade refere-se à capacidade de os usuários empregarem produtos específicos

para alcançar objetivos determinados com eficácia, eficiência e satisfação (ALVES *et al.*, 2015; PREECE *et al.*, 2005; GLORIA, 2015). Quando os usuários enfrentam dificuldades ao executar tarefas específicas, isso indica problemas de usabilidade na interface do sistema, o que pode resultar em perda de dados, redução da produtividade e até mesmo na descontinuidade do uso do software (WINCKLER; PIMENTA, 2002).

Simplificar a apresentação dos gráficos é uma medida importante, pois facilita a compreensão e interpretação dos dados. Uma sugestão relevante é utilizar uma variedade de tipos de gráficos, explorando diferentes formas de representar os dados. Isso não apenas diversifica a abordagem visual, mas também torna a tarefa mais interessante e estimulante para os participantes, aumentando seu envolvimento e atenção ao longo do processo. Além disso, oferecer treinamento prévio aos participantes pode ser benéfico, pois familiarizá-los com a tarefa e os procedimentos do estudo, contribuindo para uma maior eficiência na análise dos gráficos.

Ao implementar essas estratégias e modificações, espera-se não apenas melhorar a eficácia da análise dos gráficos, mas também a qualidade geral dos resultados do estudo. Essas medidas podem contribuir significativamente para garantir uma análise mais precisa e abrangente dos dados coletados, enriquecendo assim a validade e relevância dos achados obtidos.

5.3 Limitações e sugestões para trabalhos futuros

Considerando os *insights* obtidos neste estudo e a natureza exploratória da pesquisa, há várias sugestões para trabalhos futuros que podem enriquecer ainda mais o entendimento sobre o processo de tomada de decisão e a interação dos decisores com o sistema de apoio à decisão (SAD) utilizado no método FITradeoff. Essas sugestões se referem principalmente à análise dos dados e a melhoria da interação com o usuário/decisor.

O estudo utilizou uma amostra composta por participantes sem conhecimento e com conhecimento prévio em um determinado domínio. No entanto, o tamanho da amostra pode ser considerado limitado, com 40 participantes no total. Além disso, a amostra pode não representar adequadamente a diversidade de perfis e experiências presentes em um contexto mais amplo, como profissionais de nível estratégico organizacional. Recomenda-se, portanto, que futuras pesquisas ampliem o tamanho da amostra e considerem uma maior diversidade de participantes para garantir a generalização dos resultados.

Foi observado que o processo de limpeza e análise dos dados demandou um esforço considerável e uma alocação significativa de tempo. Essa demanda pode representar uma limitação em termos de eficiência e produtividade da pesquisa. Recomenda-se a busca por mecanismos ou ferramentas que otimizem e agilizem esse processo, garantindo ao mesmo tempo a precisão e confiabilidade das análises realizadas.

Ainda, poderia haver uma exploração de novas métricas para investigar e desenvolver a análise dos movimentos oculares e o comportamento do decisor durante a avaliação intracritério.

Isso poderia incluir a criação de métricas mais específicas para diferentes tipos de tarefas de tomada de decisão ou para aspectos específicos do processo decisório. Como exemplo se poderia citar a métrica de “*Scanpaths*” (sequência de fixações), que não pôde ser prevista com os dados disponíveis neste estudo, mas poderia ser alvo de investigações adicionais. Seria relevante explorar a transição entre áreas de interesse e a eficiência ou não da disposição dos elementos.

Ainda como sugestão, há o estudo longitudinal, que se trata de acompanhar o comportamento do decisor ao longo do tempo e em diferentes contextos de tomada de decisão. Isso permitiria uma compreensão mais profunda das mudanças no padrão de fixação visual e na tomada de decisão, bem como a identificação de fatores influentes.

Outra oportunidade seria a de análise de diferenças individuais: investigar as diferenças no comportamento do decisor e nos padrões de fixação visual, levando em consideração variáveis como experiência prévia, *expertise* na área em questão e características cognitivas individuais. Isso poderia fornecer *insights* sobre como personalizar abordagens de suporte à decisão para diferentes tipos de usuários.

Mais um ponto digno de sugestão seria a integração de dados multimodais: exploração da integração de dados de movimentos oculares com outras fontes de dados, como respostas fisiológicas, *feedback* comportamental e avaliações subjetivas dos participantes. Isso poderia proporcionar uma compreensão mais abrangente do processo decisório e das influências que o afetam.

Por fim, seria interessante explorar o uso de outras técnicas de neurociência, como o eletroencefalograma (EEG), para complementar a análise dos movimentos oculares e entender melhor o comportamento dos decisores durante a avaliação intracritério.

Essas sugestões representam possíveis direções para pesquisas futuras que podem expandir o conhecimento sobre o processo de tomada de decisão e aprimorar o método FITradeoff e seu SAD para uma variedade de aplicações práticas em diferentes contextos.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. T. D. *et al.* **Multicriteria and multiobjective models for risk, reliability and maintenance decision analysis.** [S.l.]: Springer, 2015. v. 231.
- ALMEIDA, A. T. de. **Processo de decisão nas organizações: construindo modelos de decisão multicritério.** [S.l.]: Editora Atlas SA, 2013.
- ALMEIDA, A. T. de *et al.* A new method for elicitation of criteria weights in additive models: Flexible and interactive tradeoff. **European Journal of Operational Research**, Elsevier, v. 250, n. 1, p. 179 – 191, 2016.
- ALMEIDA, A. T. de *et al.* Combining holistic and decomposition paradigms in preference modeling with the flexibility of FITradeoff. **Central European Journal of Operations Research**, Springer, v. 29, p. 7 – 47, 2021.
- ALVES, J. M. *et al.* Criando e Validando um Checklist de Avaliação Heurística para Sistemas de Laboratórios Clínicos. **Anais do Computer on the Beach**, p. 318 – 327, 2015.
- ARIELY, D.; BERNS, G. S. Neuromarketing: the hope and hype of neuroimaging in business. **Nature reviews neuroscience**, Nature Publishing Group UK London, v. 11, n. 4, p. 284 – 292, 2010.
- BARBOSA, A. A. L. Efeito do design de embalagem no comportamento do consumidor: um estudo experimental aplicando eye-tracking. Universidade Federal de Pernambuco, 2021.
- BARRETT, L. F. **How emotions are made: The secret life of the brain.** [S.l.]: Pan Macmillan, 2017.
- BELL, L. *et al.* Beyond self-report: A review of physiological and neuroscientific methods to investigate consumer behavior. **Frontiers in psychology**, Frontiers Media SA, v. 9, 2018.
- CONOVER, W. J. **Practical nonparametric statistics.** [S.l.]: John Wiley & Sons, 1999. v. 350.
- DEBENER, S. *et al.* Electroencephalography: Current Trends and Future Directions. **Neuroeconomics**, Springer, p. 359 – 373, 2016.
- DIETRICH, C. Decision making: Factors that influence decision making, heuristics used, and decision outcomes. **Inquiries Journal**, v. 2, n. 02, 2010.
- DOANE, D. P.; SEWARD, L. W. **Applied statistics in business and economics.** [S.l.]: McGraw-Hill, 2016.
- EAGLEMAN, D. **The brain: The story of you.** [S.l.]: Canongate Books, 2015.
- EDEN *et al.* **Messing about problems.** Oxford: Pergamon, 1983.
- ETTINGER, U.; KLEIN, C. Eye movements. **Neuroeconomics**, Springer, p. 481 – 502, 2016.
- FEHR, E.; CAMERER, C. F. Social neuroeconomics: the neural circuitry of social preferences. **Trends in cognitive sciences**, Elsevier, v. 11, n. 10, p. 419 – 427, 2007.
- FRAZÃO, T. D. *et al.* Priority setting in the Brazilian emergency medical service: a multi-criteria decision analysis (MCDA). **BMC Medical Informatics and Decision Making**, Springer, v. 21, n. 1, 2021.

- FREJ, E. A. *et al.* Using data visualization for ranking alternatives with partial information and interactive tradeoff elicitation. **Operational Research**, Springer, v. 19, p. 909 – 931, 2019.
- FREJ, E. A. *et al.* A benefit-to-cost ratio based approach for portfolio selection under multiple criteria with incomplete preference information. **Information sciences**, Elsevier, v. 545, p. 487 – 498, 2021.
- GLIMCHER, P. W.; RUSTICHINI, A. Neuroeconomics: the consilience of brain and decision. **Science**, American Association for the Advancement of Science, v. 306, n. 5695, p. 447 – 452, 2004.
- GLORIA, H. de S. Avaliação de um conjunto de heurísticas de usabilidade para aplicativos de smartphones na área da saúde por meio de testes de usabilidade. **Universidade Federal de Santa Catarina**. URL: http://www.gqs.ufsc.br/files/2020/02/TCC2_Heloisa_Gloria.pdf [accessed 2021-09-22], 2015.
- GOLDBERG, J. H.; KOTVAL, X. P. Eye movement-based evaluation of the computer interface. **Advances in occupational ergonomics and safety**, IOS PRESS, p. 529 – 532, 1998.
- GOLDBERG, J. H.; WICHANSKY, A. M. Eye tracking in usability evaluation: A practitioner's guide. In: **the Mind's Eye**. [S.l.]: Elsevier, 2003. p. 493 – 516.
- GOUCHER-LAMBERT, K. *et al.* Inside the mind: using neuroimaging to understand moral product preference judgments involving sustainability. **Journal of Mechanical Design**, American Society of Mechanical Engineers, v. 139, n. 4, 2017.
- HOLLANDER, M. *et al.* **Nonparametric statistical methods**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2013.
- JACOB, R. J.; KARN, K. S. Eye tracking in human-computer interaction and usability research: Ready to deliver the promises. In: **The mind's eye**. [S.l.]: Elsevier, 2003. p. 573 – 605.
- JUST, M. A.; CARPENTER, P. A. Eye fixations and cognitive processes. **Cognitive psychology**, Elsevier, v. 8, n. 4, p. 441 – 480, 1976.
- KAHNEMAN, D. **Attention and effort**. [S.l.]: Citeseer, 1973. v. 1063.
- KAHNEMAN, D. *et al.* Thinking, fast and slow: Farrar. **Straus and Giroux**, v. 1, 2011.
- KANG, T. H. A. *et al.* Flexible and interactive tradeoff elicitation for multicriteria sorting problems. **Asia-Pacific Journal of Operational Research**, World Scientific, v. 37, n. 05, 2020.
- KANG, T. H. A. *et al.* Evaluating electric power generation technologies: A multicriteria analysis based on the FITradeoff method. **Energy**, Elsevier, v. 165, p. 10 – 20, 2018.
- KEENEY, R. L.; RAIFFA, H. **Decisions with multiple objectives: preferences and value trade-offs**. [S.l.]: Cambridge university press, 1993.
- KHUSHABA, R. N. *et al.* Consumer neuroscience: Assessing the brain response to marketing stimuli using electroencephalogram (EEG) and eye tracking. **Expert systems with applications**, Elsevier, v. 40, n. 9, p. 3803 – 3812, 2013.
- KNOBLICH, G. *et al.* An eye movement study of insight problem solving. **Memory & cognition**, Springer, v. 29, n. 7, p. 1000 – 1009, 2001.

- LACERDA, N. L. B. de *et al.* MCDM model for natural gas pressure reducing station site selection. **International Journal of Decision Support System Technology (IJDSST)**, IGI Global, v. 13, n. 1, p. 67 – 84, 2021.
- LAENG, B. *et al.* Pupillometry: A window to the preconscious? **Perspectives on psychological science**, Sage Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 7, n. 1, p. 18 – 27, 2012.
- MADDEN, G. J.; BICKEL, W. K. **Impulsivity**: The behavioral and neurological science of discounting. [S.l.]: American Psychological Association, 2010.
- MANN, H. B.; WHITNEY, D. R. On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. **The annals of mathematical statistics**, JSTOR, p. 50 – 60, 1947.
- MILTON, J. L. *et al.* **Eye Fixations of Aircraft Pilots**: Frequency, duration, and sequence fixations when flying selected maneuvers during instrument and visual flight conditions. [S.l.]: United States, Air Force, Air Materiel Command, 1950.
- MOHR, P. N. *et al.* Neural processing of risk. **Journal of Neuroscience**, Soc Neuroscience, v. 30, n. 19, p. 6613 – 6619, 2010.
- MORIN, C. Neuromarketing: the new science of consumer behavior. **Society**, Springer, v. 48, n. 2, p. 131 – 135, 2011.
- MÜLLER-PUTZ, G. R. *et al.* Electroencephalography (EEG) as a research tool in the information systems discipline: Foundations, measurement, and applications. **Communications of the Association for Information Systems**, v. 37, n. 1, 2015.
- PERGHER, I. *et al.* Integrating simulation and FITradeoff method for scheduling rules selection in job-shop production systems. **International Journal of Production Economics**, Elsevier, v. 227, 2020.
- POLETO, T. *et al.* Integrating value-focused thinking and FITradeoff to support information technology outsourcing decisions. **Management Decision**, Emerald Publishing Limited, v. 58, n. 11, p. 2279 – 2304, 2020.
- PREECE, J. *et al.* **Design de interação**. [S.l.]: bookman, 2005.
- RANGEL, A. *et al.* A framework for studying the neurobiology of value-based decision making. **Nature reviews neuroscience**, Nature Publishing Group UK London, v. 9, n. 7, p. 545 – 556, 2008.
- RIEDL, R. *et al.* Towards a NeuroIS research methodology: intensifying the discussion on methods, tools, and measurement. **Journal of the Association for Information Systems**, v. 15, n. 10, 2014.
- ROSELLI, L. R. P.; ALMEIDA, A. T. de. Use of the Alpha-Theta Diagram as a decision neuroscience tool for analyzing holistic evaluation in decision making. **Annals of Operations Research**, Springer, v. 312, n. 2, p. 1197 – 1219, 2022.
- ROSELLI, L. R. P. *et al.* Decision neuroscience for improving data visualization of decision support in the FITradeoff method. **Operational Research**, Springer, v. 19, p. 933 – 953, 2019.

- SILVA, A. L. C. de Lima da *et al.* Analysis of the cognitive aspects of the preference elicitation process in the compensatory context: a neuroscience experiment with FITradeoff. **International Transactions in Operational Research**, Wiley Online Library, 2022.
- SILVA, L. C. e *et al.* Selection of an Integrated Security Area for locating a State Military Police Station based on MCDM/A method. In: IEEE, 2019. **2019 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (SMC)**. [S.l.], 2019a. p. 1530 – 1534.
- SILVA, M. M. *et al.* The integration of VFT and FITradeoff multicriteria method for the selection of WCM projects. In: IEEE, 2019. **2019 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (SMC)**. [S.l.], 2019b. p. 1513 – 1517.
- SMIDTS, A. *et al.* Advancing consumer neuroscience. **Marketing Letters**, Springer, v. 25, p. 257 – 267, 2014.
- STEVENSON, W. J. *et al.* Estatística aplicada à administração. In: **Estatística aplicada a administração**. [S.l.: s.n.], 1981. p. 495 – 495.
- WEBER, M.; BORCHERDING, K. Behavioral influences on weight judgments in multiattribute decision making. **European Journal of Operational Research**, Elsevier, v. 67, n. 1, p. 1 – 12, 1993.
- WILCOXON, F. Individual comparisons by ranking methods. In: **Breakthroughs in Statistics: Methodology and distribution**. [S.l.]: Springer, 1992. p. 196 – 202.
- WINCKLER, M.; PIMENTA, M. S. Avaliação de usabilidade de sites web. **Escola de Informática da SBC Sul (ERI 2002). Porto Alegre**, v. 1, p. 85 – 137, 2002.
- WINTERFELDT, D. V.; EDWARDS, W. Decision analysis and behavioral research. 1986.