****

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

RESUMO EMPRESARIAL DA DISSERTAÇÃO:

**EXPERIMENTO COM SIMULAÇÃO NUMÉRICA PARA AVALIAR A PERFORMANCE DO MÉTODO FITRADEOFF**

Área de concentração: Pesquisa Operacional.

**JÉSSICA ALVES JUSTO MENDES**

Orientadora: Profª. Drª. Eduarda Asfora Frej.

Coorientador: Prof. Dr. Adiel Teixeira de Almeida.

Recife, 2020

**CURRÍCULOS**

**Dados da mestranda:**

*Jéssica Alves Justo Mendes*, nascida em 16 de Julho de 1991, Cruzeiro, São Paulo. Graduada em engenharia de produção pela Universidade Federal Fluminense (2016). Atuou como aluna de iniciação cientifica na área de produção de energia através de resíduos de lactose, com ênfase em estudo de viabilidade técnica e ambiental. Teve experiencia internacional ao realizar um curso de business em Vancouver, na Pacific Gateway Internacional College (PGIC). Atuou como estagiária na empresa AGS Aerohoses S/A, na área da gestão da qualidade. Possui pós-graduação concluída na Universidade Paulista, em Qualidade e Produtividade, com certificação Green Belt (2017). Mestrado realizado na Universidade Federal de Pernambuco (2020), conceito CAPES 7, no qual a mestranda foi aprovada por unanimidade pela banca examinadora em 31 de janeiro de 2020. Durante o curso de mestrado acadêmico, realizou atividades no Centro de Desenvolvimento em Sistemas de Informação e Decisão (CDSID) e pesquisa voltada a desenvolvimentos metodológicos em Decisão Multicritério, sendo a aluna bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Tem interesse nas áreas de decisão multicritério, gestão da qualidade, energias renováveis e controle estatístico da produção

**Dados da orientadora:**

*Eduarda Asfora Frej*, possui graduação (2015), mestrado (2017) e doutorado (2019) em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Atualmente, é professora do Departamento de Engenharia de Produção (adjunto) e do quadro permanente do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco. Atua como pesquisadora no Centro de Desenvolvimento de Sistemas de Informação e Decisão (CDSID), na UFPE. Possui interesse em temas de pesquisa relacionados a Pesquisa Operacional, Decisão Multicritério, Decisão em Grupo e Negociação.

**Dados do coorientador:**

*Adiel Teixeira de Almeida*, PhD em Management Engineering pela University of Birmingham (1994), obteve o mestrado em 1985 e a graduação em 1980. Ingressou na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) em 1996, passando a professor titular em 2007. Foi Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Chefe do Departamento de Engenharia de Produção (DEP) da UFPE. Atua como pesquisador do CNPq e coordenador do Centro de Desenvolvimento em Sistemas de Informação e Decisão (www.cdsid.org.br). Foi aceito como Associate Research Fellow do Institute of Mathematics and its Applications (FIMA). É membro do corpo editorial de vários periódicos indexados no ISI e SCOPUS, incluindo: Group Decision and Negotiation (GDN), como Management Science Departmental co-editor, Euro Journal of Decision Processes, IMA Journal of Management Mathematics, e International Journal of Decision Support System Technology. Atua na formação de pessoal, tendo orientado vários trabalhos de doutorado, mestrado, graduação e supervisões de pós-doutorado. Em 2017 recebeu o principal prêmio da INFORMS GDN Section, por suas contribuições na área. Tem várias publicações nacionais e internacionais em eventos, livros, e mais de 120 artigos em periódicos científicos de alto impacto. Sua linha de atuação principal é em Sistema de Informação e Decisão, envolvendo as áreas de Gestão da Produção e Pesquisa Operacional. Desenvolve principalmente os seguintes temas: apoio multicritério a decisão, decisão em grupo, teoria da decisão, teoria dos prospectos, gestão da informação, gestão de portfólio, gestão de projetos, modelagem estratégica, gerenciamento de riscos, engenharia de confiabilidade e manutenção, e qualidade. Atua nas principais sociedades científicas nacionais e internacionais de sua área de atuação, com várias contribuições, sendo atualmente membro das Diretorias da GDN section (Vice-Presidente) do INFORMS (Instituto de Pesquisa Operacional e Ciência da Gestão dos EUA), da MCDM section do INFORMS, e da International Society on MCDM.

**Dados da examinadora interna:**

*Maísa Mendonça Silva*, Professora Associada da Universidade Federal de Pernambuco do curso de Engenharia de Produção desde 2010 e professora visitante da Nanjing University of Aeronautics and Astronautics (NUAA) em Nanjing, China. Possui graduação em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Pernambuco (2005) e mestrado (2007) e doutorado (2010) na mesma instituição e área. Concluiu pós-doutorado (2016) na University of Waterloo (Department of Systems Design Engineering) sob supervisão do professor Keith W. Hipel e do professor D. Marc Kilgour, atuando no Conflict Analysis Group. Atua como pesquisadora do INCT-INSID Instituto Nacional de Sistemas de Informação e Decisão, do CDSID - UFPE (Centro para Desenvolvimento de Sistemas de Informação e Decisão), do GPSID (Grupo de Pesquisa em Sistemas de Informação e Decisão), do Conflict Analysis Group (University of Waterloo) e do Intelligent Decision Technology Laboratory Center (Nanjing University of Aeronautics and Astronautics - NUAA); ainda, é membro do Comitê Técnico em Resolução de Conflitos da IEEE Systems, Man, and Cybernetics Society. Tem experiência na área de Engenharia de Produção e Sistemas, mais precisamente em Pesquisa Operacional, com ênfase em Decisão Multicritério, Teoria dos Jogos, Análise de Conflitos e Modelos de Otimização.

**Dados do examinador externo**:

*João Carlos Correia Baptista Soares de Mello*, possui graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal Fluminense (1981), mestrado em Matemática pela Universidade Federal Fluminense (1987) e doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2002). Realizou estágio pós doutoral na Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra em 2006 e estágio sênior no Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa em 2012. Atualmente é professor TITULAR da Universidade Federal Fluminense, bolsista de produtividade em pesquisa do CNPq e foi editor da Engevista até 2015. Orientou 16 projetos de graduação; 35 dissertações de mestrado e 8 teses de doutorado na Universidade Federal Fluminense, além de ter orientado 1 dissertação de mestrado na Universidade de Coimbra e co-orientado uma dissertação de mestrado na Universidade Técnica de Lisboa - Instituto Superior Técnico e outra na PUC-Rio. Tem índice h igual a 10 na WEB of Science, 15 no SCOPUS e 34 no Scholar Google. Na área administrativa atuou na UFF como chefe do departamento de Matemática Aplicada, vice-coordenador do programa de pós-graduação em Engenharia de Produção, coordenador do ciclo básico dos cursos de Engenharia e coordenador operacional da comissão de vestibular. Atualmente é chefe do Departamento de Engenharia de Produção e membro do Conselho de Curadores. Integra o sistema BASIS tendo feito avaliações para o INEP com vista a autorização, reconhecimento e renovação de reconhecimentos de cursos de bacharelado e licenciatura e autorização de cursos de tecnologia. Tem experiência na área de Engenharia de Produção, com ênfase em Análise Envoltória de Dados, atuando principalmente nos seguintes temas: análise envoltória de dados (dea), multicritério, centralidades, índices bibliométricos, avaliação educacional, transporte aéreo e avaliação esportiva.

**BANCA EXAMINADORA**

Profª. Eduarda Asfora Frej, PhD (Orientadora)

Universidade Federal de Pernambuco

Profª. Maísa Mendonça Silva, PhD (Examinadora Interna)

Universidade Federal de Pernambuco

Prof. João Carlos Soares de Mello, PhD (Examinador Externo)

Universidade Federal Fluminense

**IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO**

**Processo:** 13206/2018-5

**Chamada / Edital:** GM/GD – Cotas do Programa de Pós-Graduação

**PRODUÇÃO CIENTÍFICA REFERENTE AO PROJETO**

**Dissertação:** Experimento com simulação numérica para avaliar a performance do método FITradeoff – **Finalizado**.

**Artigo publicado em congresso nacional**

**MENDES,** J. A. J.; De Almeida, A.T.; FREJ, E.A.; De Almeida, J.A. ANÁLISE DO MÉTODO FITRADEOFF ATRAVÉS DE RESULTADOS DE SIMULAÇÃO EM PROBLEMAS DE DECISÃO MULTICRITÉRIO. In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, realizado na FCAUNICAMP - Faculdade de Ciências Aplicadas da Universidade Estadual de Campinas, 2019, Limeira, 2019, Limeira. Anais do LI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2019. v. 2.

**Artigo enviado para publicação em revista**

**MENDES,** J. A. J.; De Almeida, A.T.; FREJ, E.A.; De Almeida, J.A. EVALUATION OF FITRADEOFF METHOD BASED ON NUMERICAL SIMULATION EXPERIMENTS. Pesquisa Operacional. Enviado em 18/11/2019

**RESUMO**

O uso de informação parcial no processo decisório mostra-se, cada vez mais, uma abordagem útil e eficaz para tomada de decisão multicritério, uma vez que, através dela, é possível poupar tempo e esforço cognitivo dos tomadores de decisão. O método multicritério Flexible Interactive Tradeoff (FITradeoff) elicita as preferências do decisor por meio de um processo interativo e flexível, com uso de informação parcial através de um processo de perguntas e respostas em que o decisor declara sua preferência entre consequências hipotéticas, avaliando *tradeoffs* entre critérios. As vantagens do FITradeoff frente a outros métodos aditivos foram evidenciadas em estudos de caso presentes na literatura; porém, até o momento, nenhum estudo avaliou fatores que influenciem o desempenho do FITradeoff em relação ao aumento no número de perguntas feitas ao decisor para encontrar uma recomendação. Neste contexto, o presente trabalho avalia, através de uma grande quantidade de cenários simulados, como o FITradeoff se comporta frente aos seguintes fatores: variação da forma da distribuição das constantes de escala, aumento no número de critérios e aumento no número de alternativas. As simulações realizadas demonstraram que o FITradeoff consegue, já na etapa de ordenação das constantes de escala dos critérios, reduzir a até 8 o número de alternativas potencialmente ótimas do problema em 97% dos casos. Comprovou-se, ainda, que a forma da distribuição dos valores das constantes de escala é o fator que mais afeta o desempenho do FITradeoff, seguido pelo aumento do número de critérios. Foi possível, ainda, concluir também que o aumento no número de alternativas tem pouca influência no número de perguntas feitas ao decisor. Através dos resultados obtidos nesta pesquisa, foi também comprovada a eficiência do método do ponto de vista de redução de número de perguntas quando comparado a outros procedimentos de elicitação, a exemplo do Tradeoff tradicional.

Palavras-chave: Decisão multicritério. Métodos multicritério com informação parcial. Método FITradeoff. Simulações em problemas multicritério.

**ABSTRACT**

The use of partial information in the decision-making process increasingly shows a useful and effective approach to multicriteria decision making, as it can save the time and cognitive effort of decision makers (DM). The multicriteria method Flexible and Interactive Tradeoff (FITradeoff) elicits the DM’s preferences through an interactive and flexible process, using partial information through a question-and-answer process in which the decision maker declares his preference for hypothetical consequences, evaluating tradeoffs between criteria. The advantages of FITradeoff over other additive methods were evidenced in case studies presents in the literature; however, no studies have so far evaluated the factors that influence FITradeoff’s performance in relation to the increase in the number of questions asked to the DM in order to find a recommendation. In this context, the present work evaluated, through a large number of simulated scenarios, the way in which FITradeoff behaves against the following factors: variation in the distribution of scale constants, increase in the number of criteria and increase in the number of alternatives. The simulations showed that, during the ranking phase, FITradeoff can reduce the number of potentially optimal alternatives (POA) to up to 8 POA in 97% of cases. It was also proved that the form of the distribution of the scale constants values is the factor that most affects the performance of FITradeoff, followed by the increase in the number of criteria. It was also possible to conclude that the increase in the number of alternatives has little influence on the number of questions asked to the DM. Through the results obtained in this research, the efficiency of the method was proven from the point of view of reducing the number of questions when compared to other elicitation procedures, such as the traditional Tradeoff.

Keywords: Multicriteria decision making. Multicriteria methods with partial information. FITradeoff method. Simulations in multicriteria problems.

# CONTEXTO E TEMA

No contexto de métodos multicritério de apoio à decisão (MCDA), destaca-se o uso dos métodos de modelo aditivo, os quais apresentam racionalidade compensatória, ou seja, há *tradeoff* entre os critérios. Nestes métodos, é comum o uso de informações completas para elicitar as constantes de escala, exigindo do decisor uma estrutura de preferências bem definida e estável, o que torna o processo cognitivamente exigente, já que demandam muita precisão, tempo e esforço do decisor, o que pode explicar a discrepância entre o número de modelos teóricos utilizados na tomada de decisão em relação a suas aplicações reais. (DE ALMEIDA, 2013; DE ALMEIDA et al., 2015; SPLIET, TERVONEN, 2014; WEBER, 1987; BELTON, STEWART, 2002).

Para reduzir o alto esforço cognitivo durante a elicitação das constantes de escala, que conduz a altas taxas de inconsistências (WEBER, BORCHERDING, 1993), surgiram métodos que utilizam informação parcial, nos quais o decisor não precisa apresentar uma estrutura de preferências bem definidas. Dentre estes métodos, o FITradeoff (Flexible Interactive Tradeoff), destaca-se por apresentar uma forte estrutura axiomática, advinda do procedimento de Tradeoff (Keeney, Raiffa, 1976), enquanto reduz o esforço cognitivo do decisor já que demanda informações parciais, obtidas através de pontos de preferência estrita, o que demanda um menor esforço cognitivo do decisor.

Constatou-se, através da análise do estado da arte dos métodos que permitem o uso de informação parcial para a elicitação de preferências, que o método FITradeoff conta com alguns diferenciais frente aos outros métodos. Primeiramente, o FITradeoff realiza a elicitação de forma estruturada, o que grande parte dos métodos não faz. Adicionalmente, a forma na qual essa elicitação é estruturada difere dos outros métodos pois tem como base o procedimento de Tradeoff, que apresenta uma forte base axiomática. A minoria dos métodos analisados apresenta um processo de elicitação que é, ao mesmo tempo, flexível (dá liberdade ao decisor de parar o processo quando julgar adequado) e interativo (permite adicionar informações a cada interação com os novos resultados sendo computados com base nessas informações adicionais), o que traz mais liberdade ao decisor, sendo este, portanto, outro destaque do método FITradeoff.

Neste contexto, a literatura relativa ao método FITradeoff conta com 9 artigos científicos publicados em revistas, 6 capítulos de livro e 36 artigos publicados em congressos. Uma análise destes trabalhos mostra que apenas um deles inclui simulação, de forma introdutória.

# PROBLEMÁTICA

O método FITradeoff teve aplicações bem sucedidas em diversas áreas, como: seleção de fornecedores (FREJ *et al.*, 2017), assistência médica (SHUKLA, 2017; DELL’OVO *et al.*, 2017), energia (DE MACEDO *et al.*, 2018; KANG *et al.*, 2018) e indústria de construção (PALHA, 2019), porém, existia uma lacuna na literatura relativa a estudos simulados, que utilizassem uma grande quantidade de dados para analisar a performance do método, em relação à redução de perguntas feitas durante a fase de elicitação. Assim, o presente veio para preencher esta lacuna, trazendo uma análise da performance do FITradeoff frente a variação no número de critérios, número de alternativas e distribuição das constantes de escala. Com isso, foi possível analisar a influência dos fatores descritos no que tange o número de perguntas que o decisor irá responder até que se chegue a uma recomendação. A avaliação desses fatores permite a confirmação das principais vantagens teóricas do método FITradeoff, em relação à redução da dificuldade cognitiva do processo de decisão.

Percebe-se que este trabalho contribui de maneira efetiva para a literatura relativa tanto ao método FITradeoff, quanto à métodos multicritério de forma geral, já que grande parte dos estudos relativos a métodos multicritério utiliza simulações para validação dos mesmos.

# metodologia

Inicialmente, foi feito um estudo sobre os fatores a serem analisados para maior entendimento e validação do método, o que levou a elaboração das seguintes perguntas de pesquisa:

* QP1 – Com que percentual de casos o FITradeoff consegue chegar a uma recomendação apenas com as informações obtidas na fase de ordenação das constantes de escala?
* QP2 - Como a forma da distribuição dos valores das constantes de escala afeta a quantidade de perguntas feitas pelo FITradeoff?
* QP3 - Qual a influência que o aumento no número de alternativas tem no número de perguntas feitas ao decisor?
* QP4 - Qual a influência que o aumento no número de critérios tem no número de perguntas feitas ao decisor?
* QP5 - Através da análise de dois benchmarks, (N-1) e 3(N-1), quão razoável é afirmar que o FITradeoff resolve problemas com menos perguntas que o Tradeoff tradicional?

Considerando as questões descritas, foram implementadas mudanças no software utilizado, o qual foi desenvolvido no CDSID (), em um ambiente Windows 10, com linguagem Delphi 2010.

Os cenários de simulação foram então definidos do seguinte modo:

* + Definição do número de critérios e alternativas a serem simulados.
    - N = {3, 4, 5, 7, 10, 15}. M = {5, 10, 15, 20, 30, 50, 70}.
  + Definição das formas das constantes de escala a serem simuladas.
    - P1 (ki=1/N), P2 (k1=1,5\*kN), P3 (k1=4\*kN) e P4 (k1=10\*kN)
  + Definição dos cenários de simulação.
    - Grupo 1 – Poucas Alternativas, com M variando do seguinte modo: M = {5, 10, 15}. Muitos Critérios, com N variando entre: N = {5, 7, 10, 15}. Padrões de Pesos variando entre os quatro padrões de pesos descritos;
    - Grupo 2 – Muitas Alternativas, com M = {50, 70}. Poucos Critérios, com N = {3, 4, 5}. Padrões de Pesos variando entre os quatro padrões de pesos descritos;
    - Grupo 3 – Número Médio de Alternativas, com M variando entre: M = {20, 30}. Variação entre todos os critérios, ou seja, N = {3, 4, 5, 7, 10, 15}. Padrões de Pesos variando entre os quatro padrões de pesos descritos;

Como problemas com 5 critérios costumam ser comuns na literatura, foi definido que os mesmos seriam aplicados a todos os cenários de simulação, ou seja, seriam feitos testes com 5 critérios e M = {5, 10, 15, 20, 30, 50, 70}. Para que fosse possível analisar todos os critérios de um modo geral, foi estabelecido que todos os números de critérios estudados seriam simulados para problemas com um número médio de alternativas, M = {20, 30}.

Foram criados 120 cenários de simulação, sendo estabelecido um número de 3.000 instâncias, replicadas 40 vezes para cada um dos cenários simulados, ou seja, foram feitos um total de 120.000 iterações por cenário simulado. Com isto, gerou-se 14.400.000 problemas distintos. Esta amostra foi considerada grande o suficiente para o propósito desta pesquisa, estudar o comportamento do FITradeoff frente às questões descritas.

Assim, o experimento foi conduzido através de 6 etapas, mostradas a seguir.

1. Inicia-se o software de simulações, e realiza-se a importação de uma matriz de consequência, M x N, criada a partir dos cenários explicitados pela Tabela 3.1;
2. A partir do número de critérios (N) e do número de alternativas (M), o software cria uma matriz de consequências aleatórias a partir de uma distribuição uniforme continua [0, 1];
3. O software gera 4 formas de pesos distintas, descritas no tópico 3.2.3;
4. Para cada matriz aleatória gerada, simula-se o método FITradeoff para as 4 formas de pesos a serem analisadas;
5. Os resultados são apresentados no software, podendo ser exportados para o computador;
6. Exportam-se os resultados em uma planilha do Excel (xlsm).

# RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados apresentados foram muito positivos, já que foi possível demonstrar a eficácia do método FITradeoff no que diz respeito à redução de alternativas potencialmente ótimas já na fase de ordenação dos pesos, pois, independentemente do número de critérios ou alternativas analisadas, o FITradeoff, de um modo geral, foi capaz de reduzir os problemas analisados a 8 alternativas potencialmente ótimas em aproximadamente 98% dos casos. Salienta-se que, na etapa de ordenação dos pesos, não houve diferença entre os resultados encontrados pelos problemas com padrão de pesos 2, padrão de pesos 3 e padrão de pesos 4, o que leva ao entendimento que, nesta etapa, a forma do padrão de pesos não influencia no número de alternativas potencialmente ótimas. Destaca-se que, para o padrão de pesos iguais (padrão de pesos 1), já na ordenação a solução é encontrada, ou seja, 100% dos casos apresentam uma única alternativa potencialmente ótima, o que confirma que o método é capaz de encontrar uma solução já na etapa de ordenação dos pesos para problemas com pesos iguais.

O experimento demonstrou que a influência da distribuição dos pesos é alta, especialmente durante as primeiras perguntas feitas ao decisor, já que, para o padrão de pesos 2 (mais uniforme, k1 = 1,5 \* kN) encontra-se uma solução com até 3 perguntas entre 45% a 75% das vezes, enquanto com os padrões menos uniformes (P3, onde k1 = 4 \* kN; P4, onde k1 = 10 \* kN), com o mesmo número de perguntas, uma solução é encontrada entre 5% a 43% das vezes. Em relação ao *benchmark* de 3\*(N-1), os resultados encontrados, demonstrados pelas figuras 4.5 e 4.6 indicam que padrões de pesos uniformes (P2, onde k1 = 1,5 \* kN) apresentam resultados superiores aos padrões de pesos menos uniformes (P3, onde k1 = 4 \* kN; P4, onde k1 = 10 \* kN), independentemente do número de critérios e alternativas do problema.

Em relação à definição do número de alternativas de um problema MCDA, julga-se que, ao elevar o número de alternativas, a chance de haver um aumento no número de alternativas dominadas é grande. Consequentemente, é dito que um aumento no número de alternativas não necessariamente causa um aumento no número de perguntas a serem feitas ao decisor, já que a dominância causa a eliminação de alternativas. Os resultados comprovam esta afirmação, já que: nos cenários simulados para o padrão de pesos 2, analisando os resultados encontrados no *benchmark* de 3\*(N-1) perguntas, percebe-se que os resultados encontrados em problemas com 20 alternativas, onde 87% dos problemas encontraram a solução com até 9 perguntas, foram aproximadamente 1% melhores que os resultados encontrados em problemas com 70 alternativas, nos quais 86% dos problemas foram resolvidos com até 9 perguntas; para cenários simulados com o padrão de pesos 3, analisando os resultados encontrados no *benchmark* de 3\*(N-1) perguntas, percebe-se que os resultados encontrados em problemas com 30 alternativas, onde 74% dos problemas encontraram a solução com até 9 perguntas, foram aproximadamente 4% melhores que os resultados encontrados em problemas com 70 alternativas, nos quais 70% dos problemas foram resolvidos com até 9 perguntas.

Um aumento no número de critérios pode envolver dependência preferencial, com a diferença de que problemas com muitos critérios são mais complexos, demandam mais perguntas do decisor e apresentam, geralmente, mais inconsistências, ou seja, aumentar o número de critérios realmente resulta em um aumento no número de perguntas a serem respondidas. Os resultados do experimento validaram estes preceitos, pois o aumento no número de critérios trouxe uma redução do número de problemas resolvidos com um mínimo de 3\*(N-1) perguntas, ou seja, foi possível verificar que à medida que o número de critérios aumenta, o número de perguntas necessárias para encontrar solução também aumenta.

Para avaliar a performance de um método, é importante definir um *benchmark* que represente o número mínimo de questões que o decisor deverá responder. Dentre os *benchmarks* apresentados pela literatura, o *benchmark* de (N-1) perguntas é comumente usado pelo Tradeoff tradicional, enquanto para o FITradeoff, o uso do *benchmark* de 3\*(N-1) perguntas é proposto como mais adequado. Os resultados indicaram que para os padrões de pesos que apresentam uma boa performance no método FITradeoff, o mesmo consegue chegar a uma recomendação em mais da metade dos problemas com um número pequeno de perguntas, evidenciando as principais vantagens do FITradeoff frente ao Tradeoff, indicadas por De Almeida et al. (2016) como sendo um processo mais simples e flexível, onde o número de perguntas feitas ao decisor é reduzida.

# 

# CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS

Através da aplicação do experimento, foram encontrados resultados promissores, que comprovaram a eficácia do método na redução do espaço de alternativas potencialmente ótimas, já que, após a etapa de ordenação das constantes de escala, de um modo geral, todos os problemas analisados tiveram no máximo 11 alternativas potencialmente ótimas. Também foram obtidos resultados positivos para os padrões de pesos mais uniformes, os quais, na maior parte dos casos, consegue encontrar uma solução com até 3\*(N-1) perguntas. A influência dos pesos foi a mais significativa dentre as variáveis analisadas.

Conforme já mencionado, poucos são os estudos de decisão multicritério que lidam com simulações para análise dos modelos. Dentre estes estudos, o usual é realizar análises relativas à performance de pesos substitutos. Assim, percebe-se que este trabalho inovou ao usar simulações para analisar variáveis distintas (variação no número de alternativas, critérios e distribuições de pesos) e com isso estudar a performance do FITradeoff em relação ao número de perguntas respondidas pelo decisor.

Como limitações deste estudo, destaca-se a limitação computacional do software. O software utilizado limitou o número de simulações a 3.000 a cada iteração, ou seja, houve uma limitação de memória de software.

Por fim, conclui-se que o objetivo principal desta pesquisa, analisar o desempenho do FITradeoff frente às variações no número de critérios, alternativas e distribuições de pesos, foi atingido, trazendo assim maior validação ao método, e preenchendo uma lacuna encontrada na literatura, em relação a estudos simulados com o FITradeoff.

Para trabalhos futuros, sugere-se:

* Aplicar o experimento para a problemática de ordenação;
* Realizar a comparação do método FITradeoff frente a outros métodos semelhantes, como: o método VIP Analysis, de Dias & Clímaco (2000); o método MACBETH, de Bana e Costa et a. (2012); e o método PRIME, de Salo & Hamalainen (2001).

# Referências

BANA E COSTA, C. A., DE CORTE, J.-M., VANSNICK, J.-C. Macbeth. International Journal of Information Technology & Decision Making, v. 11, n. 02, p. 359– 387, 2012.

BELTON, V.; STEWART, T. *Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach*. Springer: Science & Business Media, 2002.

DIAS, L.C., CLÍMACO, J.N. Additive Aggregation with Variable Interdependent Parameters: the VIP Analysis Software. Journal of Operational Research Society, 51(9), 1070-1082, 2000.

DE ALMEIDA, A. **Processo de Decisão nas organizações:** Construindo modelos de decisão multicritério. *São Paulo: Atlas*, 2013

DE ALMEIDA, A.T.; CAVALCANTE, C.A.V.; ALENCAR, M.H.; FERREIRA, R.J.P.; DE ALMEIDA-FILHO, A.T.; GARCEZ, T.V. *Multicriteria and Multiobjective Models for Risk, Reliability and Maintenance Decision Analysis*. International Series in Operations Research & Management Science. Vol 231. New York: Springer, 2015.

DE ALMEIDA A. T., ALMEIDA J. A., COSTA, A. P. C. S., ALMEIDA-FILHO, A. T. A new method for elicitation of criteria weights in additive models: Flexible and interactive tradeoff. *European Journal of Operational Research*, 250, 179–191., 2016

DE MACEDO P.P, DE MIRANDA MOTA, C. M., SOLA, A. V. H, Meeting the brazilian energy efficiency law: a flexible and interactive multicriteria proposal to replace non-efficient motors. *Sustainable Cities and Society*, 2018.

DELL’OVO, M., FREJ, E. A., OPPIO, A., CAPOLONGO, S., MORAIS, D. C., DE ALMEIDA, A., T. *Multicriteria Decision Making for Healthcare Facilities Location with Visualization Based on FITradeoff Method*. Decision Support Systems VII: Data, Information And Knowledge Visualization In Decision Support Systems. Série de livros: Lecture Notes in Business Information Processing, Volume: 282 Páginas: 32-44. Publicado: 2017

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

KANG T. A. H, SOARES JÚNIOR, A. D. C., DE ALMEIDA A. T,. Evaluating electric power generation technologies: a multicriteria analysis based on the FITradeoff method. *Energy*, 2018

KEENEY, R.L.; RAIFFA, H. *Decision Analysis With Multiple Conflicting Objectives*. *Wiley & Sons, New York*, 1976.

PALHA, R. P., Negotiation throughout flexible and interactive tradeoffs applied to construction procurement. *Automation in Construction*, 99 39–51, 2019.

ROSELLI, L. R. P.; DE ALMEIDA, A. T.; FREJ, E. A. Decision neuroscience for improving data visualization of decision support in the FITradeoff method. *Operational Research*, v. 19, p. 1-21, 2019

SALO, A. A.; HAMALAINEN, R. P. Preference ratios in multiattribute evaluation (PRIME) - Elicitation and decision procedures under incomplete information. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans*, 31(6): 533-545, 2001.

SHUKLA, S. A Fitradeoff approach for assessment and understanding of patient adherence behavior. *Value In Health*. 20 A1 – A 383, 2017

SPLIET, R., TERVONEN, T. Preference inference with general additive value models and holistic pair-wise statements. *European Journal of Operational Research*. 232 607–612., 2014

WEBER, M. Decision making with incomplete information. *European Journal of Operational Research*, 28(1): 44-57, 1987.

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