

UMA ORDENAÇÃO DOS CONTRATOS DE ACORDO COM O RISCO DE FRAUDE COM BASE NA APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE MULTICRITÉRIO: UM ESTUDO DE CASO PARA AS TRANSFERÊNCIAS DO SETOR PÚBLICO PARA CONVÊNIOS NO ESTADO DO CEARÁ

AN ORDERING OF CONTRACTS ACCORDING TO THE RISK OF FRAUD BASED ON THE APPLICATION OF MULTICRITERIA TECHNIQUES: A CASE STUDY FOR TRANSFERS FROM THE PUBLIC SECTOR TO AGREEMENTS IN THE STATE OF CEARÁ

Raimir Holanda Filho

Mestrado Profissional em Administração, Universidade de Fortaleza, Brasil
E-mail: raimir@unifor.br

Bruno de Paiva y Raviolo

Mestrando em Informática Aplicada na Universidade de Fortaleza
E-mail: bruno.raviolo@edu.unifor.br

George Henrique de Moura Cunha

Docente do Centro Universitário Christus/Centro Universitário Alves Faria
E-mail: georgehmc@outlook.com

Ricardo Wagner Cavalcante Brito

Docente no Centro Universitário Farias Brito
E-mail: ricardo.wagner@fbuni.edu.br

Recebido em 3 de maio de 2023
Aprovado em 30 de junho de 2023

Resumo

Partindo da necessidade de racionalizar recursos públicos para melhorar a qualidade da fiscalização e diminuir a corrupção e fraudes em convênios firmados entre o setor público e parceiros privados, apresenta-se esta pesquisa, que ocorre em parceria com o Tribunal de Contas do Estado do Ceará. Nesta pesquisa, a análise de decisão multicritério é utilizada para ordenar uma lista de contratos de acordo com o grau de risco de fraude com base em determinados indicadores. Foram aplicados os métodos de análise multicritério PROMETHEE II e ELECTRE III, utilizando um conjunto de tipologias de risco de fraude como critérios de priorização. Por fim, analisa-se o grau de similaridade dos resultados sob dois coeficientes diferentes e calcula-se a interseção dos principais resultados para avaliar o grau de risco de acordos comuns.

Palavras-Chave: Fraudes; Tribunal de Contas do Estado do Ceará; Convênios; PROMETHEE II; ELECTRE III.

Abstract

Based on the need to rationalize public resources to improve the quality of inspection and reduce corruption and fraud in agreements signed between the public sector and private partners, this research is presented, which takes place in partnership with the Court of Auditors of the State of Ceará. In this research, the multicriteria decision analysis is used to order a list of agreements according to the degree of risk to fraud based on certain indicators. The PROMETHEE II and ELECTRE III multicriteria analysis methods were applied, using a set of fraud risk typologies as criteria for prioritization. Finally, the degree of similarity of the results is analyzed under two different coefficients and the intersection of the main results is calculated to assess the degree of risk of common agreements.

Keywords: Frauds; Court of Auditors of the State of Ceará; Covenants; PROMETHEE II; ELECTRE III.

1. INTRODUÇÃO

A corrupção no âmbito governamental é um problema que afeta diretamente o bem-estar da sociedade ao proporcionar uma redução nos recursos que chegam à população e agrava a desigualdade social pelo fato de que desvia os recursos dos programas de governo prioritários do ponto de vista social e econômico (AVRITZER e FILGUEIRA, 2011). As Transferências Voluntárias são recursos financeiros repassados por um ente federado para outro ou para entidades privadas sem fins lucrativos, em decorrência da celebração de instrumento próprio, para a realização de obras e/ou serviços de interesse comum e que não se origine de determinação constitucional ou legal ou destine-se ao Sistema Único de Saúde (SUS). Como, na maioria dos casos, o repasse dos recursos acontece antes da execução do objeto, tal instrumento proporciona o surgimento de possíveis evidências de fraudes e aumenta as probabilidades de que os recursos não sejam destinados corretamente.

No Brasil, o processo de fiscalização da aplicação dos recursos públicos para com a sociedade no âmbito da União, Estados e municípios é realizado pelos Tribunais de Contas. O Tribunal de Contas do Estado do Ceará (TCE/CE) tem a obrigação constitucional e legal de fiscalizar transações que envolva recursos oriundos dos cofres públicos do Estado do Ceará e dos 184 municípios cearenses. No entanto, se fossem fiscalizados todos os instrumentos, seriam distribuídos aproximadamente 47 processos para cada servidor, cenário completamente inviável. Assim, resta evidente a necessidade de se racionalizar a utilização dos recursos do TCE-CE para a realização de fiscalizações das transferências voluntárias, otimizando-se a escolha dos objetos a serem fiscalizados.

O sistema e-Parcerias (CONTROLADORIA E OUVIDORIA GERAL DO ESTADO DO CEARÁ, 2022) possibilitou a disponibilização de um conjunto de informações que auxiliam a análise de prestação de contas para a sociedade cearense, proporcionando elementos para que os agentes envolvidos neste processo de auditoria tenham maiores subsídios para executar suas tarefas. Outro efeito positivo foi o aumento da transparência e do controle da aplicação dos recursos públicos, pois permitiu-se a criação de um vasto repositório de dados referentes, principalmente, à fase de execução física e financeira das parcerias.

A fiscalização antifraude é entendida como um problema de cunho prático, mas que extrapola o contexto da situação, formando um conjunto de tipos de problemas generalizáveis, e que acaba por reunir artifícios úteis para a tomada de ações, ou seja, uma classe de problema sob o paradigma da *Design Science Research – DSR*. A aplicação dos métodos de multicritério

pode dar uma resposta satisfatória ao problema deste contexto específico, e este conhecimento gerado poderá ser reaplicado em situações similares em outros contextos, configurando uma instância de um método, de acordo com a classificação da DSR (DRESCH et al, 2013).

2. OBJETIVOS

O objetivo deste artigo é, portanto, estabelecer um método para priorização de convênios especialmente suscetíveis a fraudes, visando a auditoria seletiva e direcionada a partir do uso de análise multicritério dentro do TCE-CE. Os objetivos específicos incluem avaliar a semelhança dos resultados de diferentes métodos e a elaboração de pesos e outros parâmetros, por parte dos especialistas, condizentes com a realidade do TCE-CE para melhoria dos resultados. Desse modo, pode-se favorecer a melhor alocação dos recursos públicos, por meio do controle dos gastos. Assim, o sucesso desta iniciativa pode se constituir em um instrumento de apoio à cidadania, à medida que técnicas mais eficazes de detecção de riscos e fraudes sejam implementadas pelas auditorias e os benefícios repassados posteriormente para a sociedade.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A seções a seguir descrevem os métodos multi-critérios utilizados neste trabalho, bem como os critérios, pesos e métodos empregados.

3.1 Métodos MCDA

Os métodos MCDA (Multi-Criteria Decision Analysis) buscam reduzir a parcela de subjetividade do processo decisório de um problema multicritério, não representando uma “decisão ótima” ou “decisão ideal”, mas sim decisões que melhor atendem ao perfil do analista ou gestor a partir da escolha de um método, da elaboração de um conjunto de critérios e dos pesos a estes atribuídos (DAUGAVIETIS et al., 2022). Podem ser usados para resolver três tipos de problemas: escolha, priorização e classificação (ZOUPOUNIDIS et al., 2002). O resultado de sua aplicação é a seleção de um subconjunto de alternativas mais adequadas a partir de um conjunto de alternativas candidatas, dados vários níveis de incertezas (OPABOLA e GALASSO, 2022).

De Loreto et al. (2022) usou o Método de Análise Hierárquica proposto por Saaty (2008) para identificar as áreas mais adequadas para implantação de sistemas de irrigação na porção Centro-Oeste da Bacia do Tocantins Araguaia. O mesmo critério foi empregado por De Araújo et al. (2022) para estabelecer um modelo espacialmente explícito que apresenta as aptidões das áreas pertencentes ao entorno do Parque Estadual do Rio Doce para a implementação de sistemas agroflorestais, de modo a localizar e definir o tamanho de área aptas para agroflorestas voltadas para a preservação ambiental e para a geração de renda. O método da família *Elimination et Choix Traduisant la Réalité* (ELECTRE) II foi empregado para a seleção de sistemas de tratamento de esgotos da bacia hidrográfica do Rio Pardo. Os resultados mostraram que a imposição de padrões para efluentes levou à seleção de variações do processo de lodos ativados, principalmente para os núcleos populacionais mais densos (REIS et al., 2022).

Taira et al. (2022), investigaram alternativas renováveis em Uiramutã, Roraima, em substituição a usinas termelétricas a óleo diesel e identificaram que a energia solar fotovoltaica se mostrou como a mais promissora entre as alternativas selecionadas pelo método *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation* (PROMETHEE). Costa et al. (2022) utilizaram o PROMETHEE II para realizar uma ordenação dos indicadores de

desempenho do hospital da Universidade Federal do Vale do São Francisco (HU-Univasf), o que proporcionou uma maior flexibilidade na escolha dos *Key Performance Indicators* (KPIs) baseados nas perspectivas do *Balanced Scorecard* (BSC) mais relevantes.

Costa Pereira et al. (2019) empregaram o PROMETHEE II na escolha de fornecedores de açúcar para a gestão de compras de uma grande empresa do setor alimentício. O PROMETHEE II foi empregado por Santos Júnior et al. (2022) para avaliar o processo de elaboração e implementação da Agenda 21, idealizada na Conferência da Rio 92 para atenuar os efeitos do aquecimento global, o que permitiu identificar limitações na sua elaboração e aplicação. Em Miranda et al. (2022) o PROMETHEE GDSS a junção das ferramentas de planejamento estratégico, BSC e da MCDA permitiu trazer uma avaliação mais criteriosa dos indicadores de monitoramento, reforçando a ideia de ter poucos Indicadores Chave de Desempenho que orientem a organização em prol da visão e missão institucional.

Polatidis et al. (2015) compararam o uso dos métodos ELECTRE III e PROMETHEE II em um estudo de caso no contexto de investimento no campo de energia geotérmica, evidenciando o importante grau de subjetividade destes na realização do ordenamento completo. Balali et al. (2014) apresentaram um estudo de caso da seleção de sistemas estruturais para edificações que lança uma metodologia MCDA híbrida. Salabun et al. (2020a) realizaram um benchmarking de diferentes métodos (COPRAS, VIKOR, PROMETHEE, TOPSIS) e apresentaram uma análise de convergência dos resultados com diferentes coeficientes de correlação, explicitando o grau de similaridade dos métodos encontrados no teste. Daugavietis et al (2022) realizaram um teste de robustez numérica e análise de sensibilidade com diferentes métodos (WSM, DEA, TOPSIS, ELECTRE e PROMETHEE) em um contexto da sustentabilidade de uma rede de aquecimento pública.

3.2. Critérios

Os critérios representam um conjunto agrupado de informações que possibilitam comparar alternativas segundo eixos técnicos particularmente significativos para o problema decisório, devendo ser claros e inequívocos; relevantes para a natureza do problema, uma vez que influenciam significativamente na seleção das alternativas mais adequadas; em quantidade suficiente e moderada; além de buscar a independência uns dos outros para reduzir a redundância do modelo, simplificando-o (DAUGAVIETIS, 2022). São expressos por meio de indicadores que buscam ser maximizados ou minimizados pelos métodos de acordo com sua classificação entre critérios de benefícios ou de custo. Um critério é classificado como um critério de benefício se um aumento no indicador (ou medida de desempenho) correspondente resultar em um ganho potencial. Em contraste, um critério é classificado como um critério de custo se um aumento na medida de desempenho correspondente resultar em possível perda e vice-versa (OPABOLA et al., 2022).

3.3 Pesos

Os pesos são números não-negativos que representam a importância de um critério em relação a outro na amplificação ou desamplificação da classificação de cada alternativa, e consequentemente na seleção da alternativa mais adequada. Na sua forma mais simples, e com efeito detrimental para a qualidade dos resultados, podem ser atribuídos de modo igual para todos os critérios (SALABUN e URBANIAK, 2020a; DAUGAVIETIS, 2022). A sua atribuição não é tarefa trivial, pois envolve as percepções subjetivas e priorizações dos gestores e analistas, geralmente requerendo julgamento de especialistas e informações disponíveis sobre os objetivos e escopo da pesquisa, bem como uso potencial dos dados. Portanto, os pesos dos

critérios podem variar a cada instância do método se os objetivos ou o uso potencial dos dados destas forem diferentes (OPABOLA et al, 2022; BALALI et al, 2014).

3.4 Métodos

Apesar da aparente universalidade dos métodos MCDA, diferentes métodos podem resultar em diferentes soluções para o mesmo problema, até mesmo exibindo resultados contraditórios. As razões para este problema residem, em parte, nos diferentes algoritmos dos próprios métodos, e outros ajustes e procedimentos inerentes às particularidades de cada método (SALABUN e URBANIAK, 2020). Como parte fundamental do processo de escolha dos métodos MCDA, é possível realizar uma etapa exploratória com uma abordagem informal de pré-seleção, baseada em heurísticas, visando a explicitação das características individuais que podem melhor se adequar às características do problema decisório em questão. (SALABUN et al, 2020).

Dentre os ramos da família de métodos MCDA, há aqueles oriundos da Escola Européia de Suporte à Decisão, estando fundados no emprego de modelos relacionais, que determinam a relação de priorização (*outranking*) entre pares de ações de um problema (SALABUN et al., 2020a). Os dois principais métodos desta escola são o *Preference Ranking Organization Method for Enrichment of Evaluations* (PROMETHEE), desenvolvido por (BRANS e VINCKE, 1985; BRANS et al., 1986), e ELECTRE (ROY et al., 1986; ROY, 1991). A relação de *outranking* está fundada no uso de relações binárias entre as diferentes alternativas, que retornam a alternativa preferencial do par de acordo com todos os critérios. Considerando “A” o número total de alternativas do problema multicritério, utiliza-se para armazenagem de todas as relações possíveis uma matriz de distância com A x A elementos (ZOPOUNIDIS, 2002).

3.4.1 PROMETHEE II

O método PROMETHEE II, elaborado por Brans et al. (1986), produz um ordenamento completo de um conjunto finito de alternativas a partir de um índice de preferência agregado calculado para todas elas. A sua aplicação é considerada uma das mais fáceis e simples, requerendo do analista a tarefa de atribuição de tipos de funções gerais aos critérios do problema que, na maioria dos casos, requer a inserção de parâmetros adicionais, o que pode dificultar a seleção quando não se conhece suficientemente cada critério (BALALI, 2014; POLATIDIS et al., 2015). As limitações do método são sua incapacidade de incluir discordâncias na relação de *outranking*, embora o conceito de discordância seja uma das razões de existência dos métodos de *outranking*, bem como não apresentar a capacidade de veto (BALALI, 2014).

Por ser um método fundado na relação de *outranking*, sendo α e b duas alternativas pertencentes a um conjunto de alternativas “A”, o índice de preferência agregada $\pi(\alpha, b)$ expressa o grau em que alternativa α é preferida em detrimento de b considerando o somatório dos produtos entre os critérios, mediados por funções de preferência P_j e seus eventuais parâmetros adicionais, e os pesos w_j a elas atribuídos. Cada par de ações (α, b) é também avaliado no sentido inverso (b, α) sendo calculados de acordo com:

$$\pi(\alpha, b) = \sum_{j=1}^k P_j(\alpha, b)W_j$$

Sendo $P = k_j, F_j(\alpha, b)$ um número entre 0 e 1.

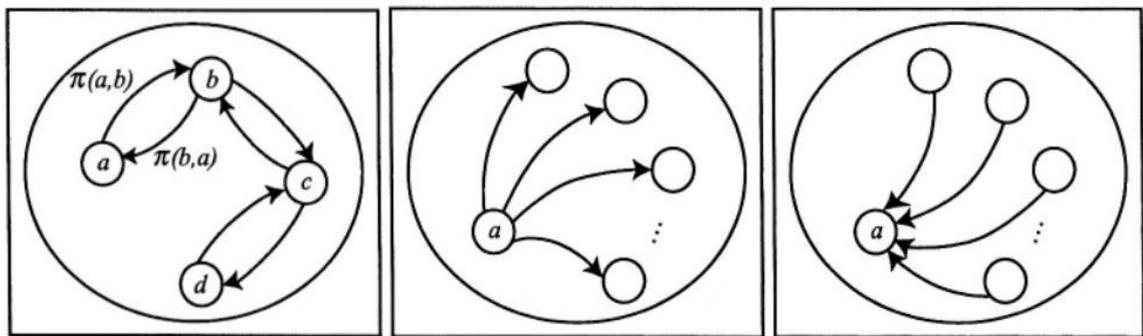
O grau de preferência é utilizado no cálculo tanto para o fluxo de saída $\pi(\alpha, b)$ como para o fluxo de entrada $\pi(b, \alpha)$ (Fig 2 a primeira imagem), que por sua vez é aplicado no cálculo do fluxo de preferência líquida, que representa a relação de preferência com todas as outras alternativas, como colocado nas equações Xb e Xc e apresentado na figura 2, na segunda e terceira imagens, servindo de indexador para a priorização completa (BRANS et al, 1986; SALABUN et al, 2022).

$$\phi^-(\alpha) = \pi(b, \alpha) \text{ (fluxo de entrada)}$$

$$\phi^+(\alpha) = \pi(\alpha, b) \text{ (fluxo de saída)}$$

$$\phi(\alpha) = \phi^+(\alpha) - \phi^-(\alpha) \text{ (fluxo líquido)}$$

Figura 2 - Relação binária de preferência (à esquerda), relação de fluxo de saída (centro) e relação de fluxo de entrada (à direita).



Fonte: Adaptado de Brans (1986)

3.4.2 ELECTRE

A família de métodos ELECTRE, da escola francesa, surgiu na década de 1960. O método outranking, utiliza a comparação par a par, que foi inicialmente desenvolvido para problemas de escolha, fundamentando-se na construção de uma relação de classificação “S” que incorpora as preferências estabelecidas pelo decisor. O ELECTRE III (ROY, 1978) visa resolver problemas complexos de ordenação com utilização de pseudocritérios. Este método se baseia em três etapas principais: ordenação das opções, agregação dos critérios e seleção da opção final. Assim, com a inclusão de pseudocritérios, preferência estrita (P), preferência fraca (Q) e indiferença (I), são definidos limiares da preferência e indiferença, criando uma faixa de hesitação (Figura 3) conforme definido a seguir:

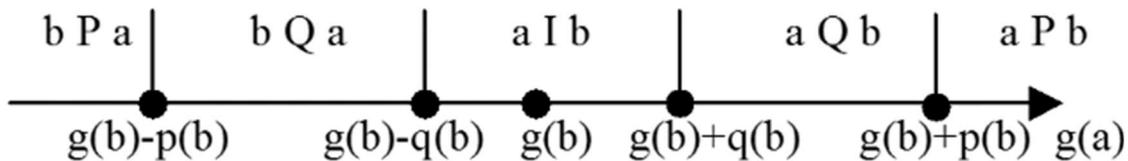
$$a P b \text{ (a tem preferência forte a b)} \Leftrightarrow g(a) - g(b) > p$$

$$a Q b \text{ (a tem preferência fraca a b)} \Leftrightarrow q < g(a) - g(b) \leq p$$

$$a I b \text{ (a é indiferente a b, e b é indiferente a a)} \Leftrightarrow |g(a) - g(b)| \leq q$$

$$\forall a, b \in A \quad \begin{array}{l} a P b \text{ sse } g(a) > g(b) + p[g(b)] \\ a Q b \text{ sse } g(b) + p[g(b)] \geq g(a) > g(b) \\ a I b \text{ sse } \begin{cases} g(b) + q[g(b)] \geq g(a) \\ g(a) + q[g(a)] \geq g(b) \end{cases} \end{array}$$

Figura 3 – Pseudo critérios método ELECTRE.



Fonte: Roy (1978)

Para cada par de alternativas (a,b), há uma medida de concordância e uma de discordância, finalizando na combinação destas duas medidas e produzindo o grau de classificação, sendo um índice de credibilidade que avalia a força da afirmação de que "a é pelo menos tão boa quanto b" (ALMEIDA, 2013), de acordo com as seguintes equações:

Índice de concordância $C a, b$:

$$c_i(a, b) = \begin{cases} 1, & \text{se } g_i(a) + q_i \geq g_i(b) \\ 0, & \text{se } g_i(a) + p_i \leq g_i(b) \\ \frac{p_i + g_i(a) - g_i(b)}{p_i - q_i}, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Índice de discordância $D a, b$:

$$d_i(a, b) = \begin{cases} 0, & \text{se } g_i(a) + p_i \geq g_i(b) \\ 1, & \text{se } g_i(a) + v_i \leq g_i(b) \\ \frac{g_i(b) - g_i(a) - p_i}{v_i - p_i}, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Grau de credibilidade $S a, b$:

$$S(a, b) = C(a, b), \text{ se } d_i \leq C(a, b), \forall_i \\ S(a, b) = C(a, b) \times \prod_{i: d_i(a, b) > C(a, b)} \frac{1 - d_i(a, b)}{1 - C(a, b)}$$

4. PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS

A seguir, apresenta-se a metodologia utilizada para atingir os objetivos propostos. Inicialmente, relatam-se os procedimentos para coleta de dados. Logo após, descrevem-se os critérios utilizados na aplicação da técnica MCDA, seguida da definição dos pesos adotados. Por fim, apresentam-se a instanciação dos métodos e as técnicas utilizadas para comparar os resultados produzidos pelos métodos PROMETHEE II e ELECTRE III.

4.1 Procedimentos de Coleta de Dados

Para a elaboração da proposta apresentada neste trabalho foram utilizadas informações provenientes das tabelas relacionadas ao banco de dados do e-Parcerias (CONTROLADORIA E OUVIDORIA GERAL DO ESTADO DO CEARÁ, 2022), sistema desenvolvido pela Controladoria e Ouvidoria Geral do Estado do Ceará (CGE) para servir como um repositório de informações relativas às transferências financeiras voluntárias do Estado do Ceará. As parcerias - relações jurídicas entre a Administração Pública e seus parceiros - consideradas no sistema são convênios, instrumentos congêneres, termo de colaboração, termo de fomento e acordo de cooperação. O banco de dados do e-parcerias é organizado em algumas tabelas que

armazenam as informações do sistema. No caso, para cálculo das sete tipologias apresentadas neste trabalho foram utilizadas as seguintes tabelas:

- **pessoa:** dispõe da identificação de um determinado ente;
- **pessoa_juridica:** descreve uma pessoa jurídica com informações como CNPJ, razão social e data de abertura, por exemplo.
- **parceiro:** dispõe de informações relativas ao parceiro ou conveniente, ou seja, pessoa física ou jurídica que possui parceria formalizada com o Estado;
- **instrumento:** descreve o termo que formaliza a parceria existente, informando a data de celebração do mesmo e os valores utilizados, por exemplo;
- **contratacao_fornecedor_parceiro:** apresenta as informações referentes ao ato de contratação entre parceiro e fornecedor;
- **historico_situacao_parceiro:** dispõe do registro histórico das situações de regularidade, validação e inadimplência das parcerias já realizadas;
- **ordem_bancaria:** reúne informações sobre cada Ordem Bancária de Transferência (OBT) com todas as movimentações bancárias da conta específica da parceria;
- **inadimplencia:** descreve as inadimplências registradas.

4.2 Critérios MCDA

Os critérios para o ordenamento dos convênios foram elaborados a partir das tipologias de indicadores de risco de fraude (RAMALHO, 2019), derivando um conjunto de critérios reais e pseudo critérios, estes sintetizados a partir dos dados originais para auxiliar o emprego do MCDA, conforme descrição na Tabela 1.

Tabela 1 - Critérios aplicados aos métodos MCDA

Ranking	Nome	Tipo	Max/Min
0	Valor total do convênio, em R\$	Valor real	Maximizar
1	Valor de inadimplência do convênio, em R\$	Valor real	Maximizar
2	Indicador da quantidade de vezes que determinada entidade atuou como parceiro	Binário	Maximizar
3	Recurso foi liberado integralmente para uma única empresa em uma única Ordem Bancária de Transferência (OBT)?	Binário	Maximizar
4	Percentual do valor do recurso do convênios que foi liberado para um determinado parceiro	Valor real	Maximizar
5	Somatório das entidades parceiras que apresentam o maior histórico de reprovação	Valor real	Maximizar
6	Fornecedor parceiro impedido está recebendo repasse indiretamente?	Binário	Maximizar
7	Empresa inadimplente está com contrato vigente?	Binário	Maximizar

Fonte: tabulações dos autores

4.3 Pesos

Contando com a participação de um especialista do TCE-CE, foram arbitrados pesos aos critérios estabelecidos, que estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2 - Pesos atribuídos aos critérios para os métodos MCDA

Ranking	Nome	Peso
0	Valor total do convênio	3
1	Valor de inadimplência do convênio	4
2	Indicador da quantidade de vezes que determinada entidade atuou como parceiro	1
3	Recurso foi liberado integralmente para uma única empresa em uma única OBT	2
4	Percentual do valor do recurso do convênios que foi liberado para um determinado parceiro	1
5	Somatório das entidades parceiras que apresentam o maior histórico de reprovação	3
6	Fornecedor parceiro impedido está recebendo repasse indiretamente?	4
7	Empresa inadimplente está com contrato vigente?	5

Fonte: tabulações dos autores

4.4 Instanciação dos métodos

Na instanciação do método PROMETHEE II apenas o critério usual foi utilizado (Figura 4), na qual a preferência se dá quando, para um determinado critério, o valor de uma ação supera o valor de outra. A escolha é explicada pela simplicidade e robustez do critério, especialmente em relação aos critérios binários, não requerendo parâmetros adicionais.

Figura 4: Critério geral tipo usual



Fonte: Adaptado de Brans (1986)

4.5 Comparação dos métodos

Para a verificação do grau de similaridade entre os resultados dos métodos MCDA aplicados, foram utilizados como coeficientes de medida de comparação direta o *Rank Biased Overlap* e o *Rank Similarity Coefficient*. Ambos avaliam o grau de convergência e divergência atribuindo um peso maior aos elementos do topo da lista, sendo adequados aos MCDA em razão do seu valor de uso na priorização das alternativas.

4.5.1 Priorização Enviesada por Sobreposição (*Rank Biased Overlap - RBO*)

Coeficiente no intervalo de [0,1] que, baseado na intersecção entre dois ordenamentos infinitos S e T, realiza uma atribuição de pesos enviesada pela profundidade dos elementos comuns do topo a partir de um parâmetro p, de modo que a cauda infinita não domine numericamente o resultado. Um resultado 0 significa conjuntos completamente disjuntos, e 1 significa conjuntos idênticos (WEBBER, et al., 2010).

$$RBO(S, T, p) = (1 - p) \sum_{d=1}^{\infty} p^{d-1} \cdot A_d$$

com $0 < p < 1$

O RBO requer adicionalmente uma atribuição de um coeficiente secundário p , que define percentual de peso aos N primeiros elementos. Neste trabalho as 33 primeiras alternativas foram selecionadas por representarem 10% do total de convênios, recebendo, em sequência, peso de 85%, 50% e 20%.

4.5.2 Coeficiente de Similaridade de Posição (Rank Similarity Coefficient)

Coeficiente de similaridade entre ordenamentos que apresenta forte relação com as diferenças encontradas principalmente no topo. É assimétrico, ou seja, o peso da uma dada comparação é determinada a partir da respectiva posição na primeira lista (SALABUN e URBANIAK, 2020).

$$WS = 1 - \sum_{n=1}^{\infty} \left(2^{-R_{xi}} \cdot \frac{|R_{xi} - R_{yi}|}{\max\{|1 - R_{xi}|, |N - R_{xi}|\}} \right)$$

5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os métodos MCDA retornam, como valor em comum, os indexadores dos convênios no dataset com cada série ordenada de acordo com os resultados de cada método. A Tabela 3 apresenta os resultados e seus respectivos indexadores, representando os convênios que apresentam maior suscetibilidade à fraude (colunas 2 e 3).

Tabela 3 - Vinte primeiros resultados da priorização dos métodos MCDA.

Posição	PROMETHEE II	ELECTRE III
0	3015	1449
1	3013	1455
2	3012	1447
3	3014	1439
4	1358	1441
5	3017	1443
6	3016	1453
7	868	1445
8	867	1451
9	1774	1457
10	1773	1459
11	1355	2247
12	1770	2248
13	1769	3013
14	1354	3015
15	1776	3017
16	1775	2252
17	870	2250
18	928	2550
19	869	3012

Fonte: Tabulações dos autores

A partir dos convênios ordenados, a semelhança dos métodos foi calculada a partir da ordenação dos números dos convênios com a aplicação dos coeficientes de correlação para as duas séries, conforme Tabela 4. Quanto ao coeficiente RBO, foram calculadas três variações que atribuem o peso prioritário aos 33 primeiros elementos da ordenação, representando 10% do total de convênios. A estes foram atribuídos, em série, 85% do peso, 50% do peso e 20% do

peso, sendo calculado também os respectivos valores do coeficiente p, secundário, necessário para a obtenção do valor de correlação final.

Tabela 4 - Resultado dos coeficientes de correlação

Coeficiente	Correlação	Coeficiente p (RBO)
Rank Biased Overlap _{85/33}	0.183	0.9699
Rank Biased Overlap _{50/33}	0.3224	0.99190
Rank Biased Overlap _{20/33}	0.4795	0.998
Rank Similarity Coefficient	0.5201344819985776	

Fonte: Tabulações dos autores

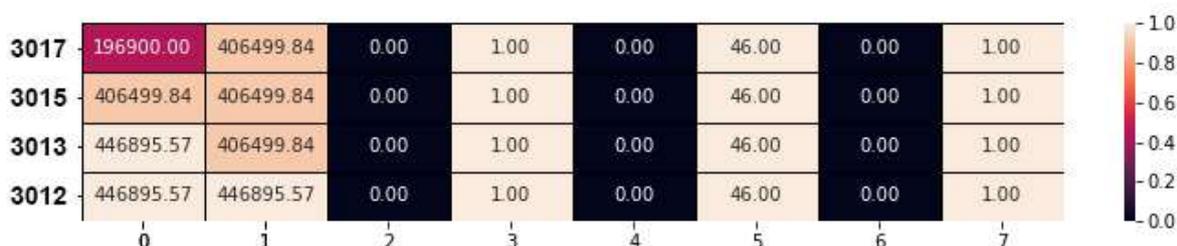
Os coeficientes retornam valores com correlação positiva entre fraca a moderada, indicando convergência dos resultados em função do maior peso atribuído à similaridade dos primeiros valores das séries. No caso do RBO, quanto menor a participação do peso prioritário dos convênios que estão dentro da margem de 10% do topo, maior o índice. O resultado revela uma maior semelhança no resultado da priorização quando o peso prioritário é estendido às alternativas que estão abaixo das mais priorizadas. No RSC o coeficiente de similaridade de posição retorna o maior valor de correlação encontrado, confirmando que, a partir dos resultados do PROMETHEE II, o resultado do ELECTRE III apresenta correlação moderada.

5.1 Intersecção dos convênios priorizados

Com a finalidade de observar quantitativamente os valores originais dos critérios nos convênios priorizados por ambos os métodos, é realizada uma intersecção dos 20 primeiros elementos de cada conjunto de resultados, com a apresentação de seus valores apresentados na figura 5. Aplicou-se uma coloração que representa o resultado normalizado para cada critério a partir de todas as entradas do dataset, ou seja, quando o valor é o máximo encontrado é aplicada a cor clara correspondente ao valor 1,0, e quando é o valor mínimo, a cor escura correspondente ao valor 0,0.

$$PII20 \cap EIII20 = \{3017, 3015, 3013, 3012\}$$

Figura 5 - Heatmap contendo no eixo x os critérios, e no eixo y o identificador de cada convênio.



Fonte: Tabulações dos autores

6. CONCLUSÕES

Este artigo é resultado das ações desenvolvidas no Projeto: Combate e Prevenção de Riscos e Fraudes no Setor Público que tem como objetivo aprimorar os mecanismos de combate e prevenção de riscos e fraudes já existentes no TCE/CE, mediante o desenvolvimento de novas ferramentas e com sua sistematização. No âmbito do projeto e a partir de técnicas de análise e

integração de dados, em bases próprias, públicas e/ou custodiadas, são utilizados modelos computacionais descritivos/preditivos bem como análise de redes sociais visando o fomento, mediante intercâmbio de conhecimento e oportunidade de aplicação prática, da produção científica dos pesquisadores indicados pela Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) e pelo Tribunal de Contas do Estado do Ceará.

A instanciação do PROMETHEE II e ELECTRE III enquanto métodos MCDA para priorização de uma lista de convênios em função de indicadores de fraude retornou uma convergência positiva nos resultados, demonstrando utilidade para objetivo da organização. Esta lista ordenada, portanto, pode ser utilizada como critério de seleção nas auditorias de transferências voluntárias, maximizando assim, a probabilidade de atuação naqueles objetos de maior risco a fraudes.

7. REFERÊNCIAS

AVRITZER, Leonardo; FILGUEIRAS, Fernando. **Corrupção e controles democráticos no Brasil**. Brasília, DF: CEPAL. Escritório no Brasil/IPEA, 2011. (Textos para Discussão Cepal-Ipea n. 32). Disponível em: https://mpr.ub.uni-muenchen.de/1818/1/MPRA_paper_1818.pdf. Acesso em: 03 jan. 2023.

BALALI, Vahid; ZAHRAIE, Banafsheh; ROOZBAHANI, Abbas. Integration of ELECTRE III and PROMETHEE II decision-making methods with an interval approach: Application in selection of appropriate structural systems. **Journal of Computing in Civil Engineering**, v. 28, n. 2, p. 297-314, 2014.

BRANS, Jean-Pierre; VINCKE, Ph; MARESCHAL, Bertrand. How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method. **European journal of operational research**, v. 24, n. 2, p. 228-238, 1986.

BRASIL. TRIBUNAL DE CONTAS DO ESTADO DO CEARÁ. **PARCERIAS**. Disponível em: <https://e-parcerias.cge.ce.gov.br/e-parcerias-web/arquivosTemporarios/AEEFE645E6779EC9EA011D95FED1C045.localhost/2835982.pdf/?nomeArquivo=PerguntasFrequentesEparcerias.pdf>. Acesso em: 04 jan. 2023.

CONTROLADORIA E OUVIDORIA GERAL DO ESTADO DO CEARÁ. **E-parcerias**. Disponível em <https://e-parcerias.cge.ce.gov.br/e-parcerias-web/arquivosTemporarios/AEEFE645E6779EC9EA011D95FED1C045.localhost/2835982.pdf/?nomeArquivo=PerguntasFrequentesEparcerias.pdf>. Acesso em: 20 de dez. 2022.

COSTA PEREIRA, Maria Carolina Feitosa *et al.* Modelo de apoio à decisão multicritério na seleção de fornecedores: um estudo de caso em uma empresa do ramo alimentício. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 39., Santos, São Paulo, Brasil, 15 a 18 de outubro de 2019.

COSTA, João Paulo Vieira *et al.* Método PROMETHEE II para Gerenciamento do Risco de Modelo em Instituições Financeiras PROMETHEE II Method for Model Risk Management in Financial Institutions. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 2, p. 9291-9308, 2022.

CUNHA, George Henrique de Moura; HOLANDA FILHO, Raimir. (Org.). **Riscos e Fraudes no Setor Público**: ensaios e estudos de casos para o estado do Ceará. 1. ed. Fortaleza: Edições IPC, 2022. v. 1. 250p.

DAUGAVIETIS, Janis Edmunds *et al.* A comparison of multi-criteria decision analysis methods for sustainability assessment of district heating systems. **Energies**, v. 15, n. 7, p. 2411, 2022. <https://doi.org/10.3390/en15072411>. Acesso em: 06 de jan. 2023.

DE ARAÚJO, Wagner Junqueira; GOMES, Tamara Aureliano. Avaliação de sistemas de gerenciamento de processos de negócios (BPMS): análise multicritério dos softwares Bizagi e Bonita. **RDBCI: Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação**, v. 20, p. e022023-e022023, 2022.

DE LORETO, Maria das Dores Saraiva *et al.* Análise Multicritério para identificação de áreas prioritárias para irrigação, por meio de indicadores socioeconômicos, no contexto da Bacia Tocantins-Araguaia, Região Centro-Oeste do Brasil. **Interações (Campo Grande)**, p. 927-943, 2022.

DE PAULA, Natália Oliveira Barbosa, *et al.* "Strategic support for the distribution of vaccines against Covid-19 to Brazilian remote areas: A multicriteria approach in the light of the ELECTRE-MOr method." **Procedia Computer Science** 199, p. 40-47, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.006> . Acesso em: 06 de jan. 2023.

FILHO, Jaime de Jesus; MATOS, Paulo R. F.; LIMA, Sarah Mesquita; SOUSA, Matheus. Diagnóstico geral de práticas desenvolvidas e benchmarking. *In*: CUNHA, G. H. M.; HOLANDA FILHO, R. (Org.). **Riscos e Fraudes no Setor Público: ensaios e estudos de casos para o estado do Ceará**. 1. ed. Fortaleza: Edições IPC, 2022

HO, William. Integrated analytic hierarchy process and its applications—A literature review. **European Journal of operational research**, v. 186, n. 1, p. 211-228, 2008. Disponível em <https://doi.org/211-228>. 10.1016/j.ejor.2007.01.004. Acesso em: 22 de dez. 2022.

L'ASTORINA, Humberto Carlos; BORENSTEIN, Denis. Planejamento anticorrupção em obras públicas e a teoria do triângulo das fraudes. 2011. Disponível em: http://www.ibraop.org.br/acervo/XIV_sinaop/docs/HumbertoLastorina.pdf . Acesso em: 12 de dez. 2022.

LIMA, S. M.; BRITO, R.W; MATOS, P. R. F.; DE JESUS FILHO, J.; HOLANDA FILHO, R. Modelagem do gasto eficiente com medicamentos: um estudo de caso para o estado do Ceará: 2006 a 2019. **Razão Contábil e Finanças**, v. 12, n. 2, 2021.

LIMA, S. M.; BRITO, R.W; MATOS, P. R. F.; DE JESUS FILHO, J.; HOLANDA FILHO, R.; CUNHA, G. H. Prevenção de fraudes na aquisição de combustível: um estudo de caso no estado do Ceará. **Razão Contábil e Finanças**, v. 12, n. 2, 2021.

MIRANDA, Vítor Silva *et al.* Avaliação de indicadores hospitalares sob o enfoque da análise de decisão multicritério. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 16, p. e97111637550-e97111637550, 2022.

OPABOLA, Eyitayo A.; GALASSO, Carmine. "Multicriteria decision making for selecting an optimal survey approach for large building portfolios." **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 76, 15 jun. 2022, 102985. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.102985>. Acesso em: 20 dez. 2022.

POLATIDIS, Heracles; HARALAMBIDOU, Kyriaki; HARALAMBOPOULOS, Dias. Multi-criteria decision analysis for geothermal energy: A comparison between the ELECTRE III and the PROMETHEE II methods. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, v. 10, n. 3, p. 241-249, 2015.

REIS, José Antônio Tosta dos *et al.* Seleção de sistemas de tratamento de esgotos com o emprego da análise multicritério-avaliação do emprego de diferentes estruturas de preferências. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 27, p. 761-771, 2022.

ROY, B. ELECTRE III: Un algorithme de methode de classements fonde sur une representation floue des préférences en presence de critères multiples. *Cahiers de CERO*, v. 20, n. 1, p. 3-24. 1978.

SAATY, Thomas L. Decision making with the analytic hierarchy process. *International journal of services sciences*, v. 1, n. 1, p. 83-98, 2008.

SALABUN, W.; URBANIAK, K. A New Coefficient of Rankings Similarity in Decision-Making Problems. In: Springer Nature Switzerland AG 2020 V. V. Krzhizhanovskaya *et al.* (Eds.): **ICCS 2020**, LNCS 12138, p. 632–645, 2020a. https://doi.org/10.1007/978-3-030-50417-5_47. Acesso em: 14 dez. 2022.

SALABUN, Wojciech; WĄTRÓBSKI, Jarosław; SHEKHOVTSOV, Andrii. Are mcda methods benchmarkable? a comparative study of topsis, vikor, copras, and promethee ii methods. *Symmetry*, v. 12, n. 9, p. 1549, 2020b.

SANTOS JUNIOR, Gilvan Mota dos *et al.* Modelo para priorização de projetos sustentáveis: o caso da Agenda 21 do Município de Caruaru, Pernambuco, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 9, n. 22, p. 637-650, 2022.

SUPRI, Zikra; RURA, Yohanis; PONTOH, Grace T. Detection of fraudulent financial statements with fraud diamond. *Journal of Research in Business and Management*, v. 6, n. 5, p. 39-45, 2018.

TAIRA, Daniela *et al.* Análise multicritério para seleção de alternativas renováveis para geração de energia elétrica em Roraima (Brasil). *Sustentabilidade: Diálogos Interdisciplinares*, v. 3, p. 1-16, 2022.

TAVARES, L. V.; ARRUDA, P. A multicriteria model to select candidates for public contracting using the OPTIONCARDS method, *Automation in Construction* 136 (2022): 104162. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104162>. Acesso em: 14 dez. 2022.

WEBBER, William; MOFFAT, Alistair; ZOBEL, Justin. A similarity measure for indefinite rankings. *ACM Transactions on Information Systems (TOIS)*, v. 28, n. 4, p. 1-38, 2010.

ZOPOUNIDIS, Constantin; DOUMPOS, Michael. Multicriteria classification and sorting methods: A literature review. *European Journal of Operational Research*, v. 138, n. 2, p. 229-246, 2002.