



08 a 11 de Outubro de 2018
Instituto Federal Fluminense
Búzios - RJ

MODELAGEM MULTICRITÉRIO DA COPA DO MUNDO DE 2018 UTILIZANDO MÉTODO PROMÉTHÉE II

Daniel Nocera de Campos¹ – daniel.decampos1@gmail.com

Alisson de Almeida Freire¹ – alissonfreire01@gmail.com

Cristine Nunes Ferreira¹ – crisnfer@msn.com

Henrique Rego Monteiro da Hora¹ – henrique.dahora@iff.edu.br

¹ Instituto Federal Fluminense – Campos dos Goytacazes, RJ, Brazil

Resumo: *O futebol é um esporte que tem grande impacto social e econômico no âmbito mundial. Clubes e seleções são cada vez mais vistos como um negócio rentável, e obrigatoriamente a eficiência de times tem cada vez mais papel importante em sua sobrevivência. Até a Copa de 2018 a FIFA utilizava um método de cálculo de ordenação que tinha características compensatórias, onde bons desempenhos em alguns critérios suprem a deficiência em outros. Este trabalho se propõe em dar um tratamento não compensatório e multicritério para ordenação das seleções participantes da Copa do Mundo de 2018 adotando o método PROMÉTHÉE II. Os resultados apontam dispersões com relação a classificação final da Copa 2018 e o rank FIFA de clubes. A ordenação encontrada no trabalho é considerada mais realista, pois incorpora elementos de imprecisão e não-compensação.*

Palavras-chave: *PROMÉTHÉE II, Copa do Mundo, Modelagem multicritério.*

1. INTRODUÇÃO

O futebol é considerado um esporte que é capaz de causar grande impacto social e econômico. Pessoas que frequentam estádios, compram produtos relacionados a times e exercem outras atividades com o clube, são capazes de gerar grandes quantidades de capital, reforçando ainda mais a ideia que este esporte é cada vez mais visto como um negócio rentável. Para Zambom-Ferraresi *et al.* (2017), a sobrevivência de clubes se torna cada vez mais indispensável para o negócio.

Tradicionalmente times profissionais de futebol utilizam técnicas psicológicas para avaliação de jogadores, estas por sua vez possuem um elevado grau de subjetividade (Qader *et al.*, 2017). Cada vez mais métodos de suporte a decisão são aplicados para auxiliar a formação de equipes e seleção de jogadores com o objetivo de melhorar a eficiência de clubes (Salles, Almeida, Hora, & Erthal, 2018).

A FIFA (*Federal Internacional Football Association*) é a organização internacional que faz a classificação e avaliação das 211 seleções associadas as confederações. Esta ordenação é realizada seguindo um método de cálculo onde alguns critérios são levados em consideração, tais como: (i) Pontuação no ranking, (ii) Pontos pelo resultado do jogo, (iii) Importância da partida, (iv) Força da seleção adversária, (v) Força da confederação continental.

Em resposta a várias críticas recebidas pela FIFA sobre o método de cálculo para formação do ranking das seleções de futebol, a entidade mudará a regra após a Copa de Mundo de 2018 da Rússia (FIFA, 2018). Ela propôs realizar a mudança baseando-se no método de cálculo ELO (Battisti, 2008) desenvolvido por Arpad Elo, considerando os seguintes critérios: (i) Classificação Atual, (ii) Importância do jogo, (iii) Resultado do jogo (pontos obtidos) e (iv) Resultado esperado do jogo.

Neste contexto este artigo propõe uma ordenação não compensatória do resultado da Copa do Mundo de 2018 com a aplicação do método de análise decisória PROMÉTHÉE II (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations*), além disso comparar com o resultado oficial do mundial e com o ranking FIFA de clubes.

2. METODOLOGIA

Este trabalho utilizou dados e informações contidos no website oficial da FIFA (2018) de clubes participantes da Copa do Mundo de 2018. Tal campeonato foi escolhido pelos dados estarem disponíveis em base pública e por ser o campeonato de maior relevância relacionado ao futebol.

A ordenação deu-se pela análise de dados que são utilizados no critério desempate da fase de grupos da competição, tais dados são: (i) pontos obtidos em jogos; (ii) saldo de gols; (iii) gols marcados na competição; (iv) pontuação de *fair play*.

Na presente pesquisa-se é utilizado o PROMETHEE II, este método foi desenvolvido por Brans e Vincke (1985) e é utilizado nas problemáticas de ordenação. As quatro primeiras variantes do método I, II, III e IV foram propostas por seus autores para dispor as alternativas em ordem de melhor desempenho homogêneo (Macharis, Springael, De Brucker, & Verbeke, 2004).

Este modelo trabalha com o mesmo padrão que PROMÉTHÉE I, porém é introduzido o conceito de fluxo líquido, obtido por meio da soma algébrica entre os fluxos positivos e negativo. O software que é utilizado na modelagem é o Visual Prométhée (Mareschal, 2014).

O cálculo do método é composto de quatro etapas:

Calcular a diferença de desempenho da alternativa x_i com a alternativa x_k relativa ao critério j e a função de preferência relativa de cada critério j . A preferência relativa é dada por:

$$P(x_i, x_k) = P_j(|u_j(x_i) - u_j(x_k)|) = P(\delta_{ik}) \quad (1)$$

sendo a diferença para cada par de alternativa representada por,

$$\delta_{ik} = |u_j(x_i) - u_j(x_k)| \quad (2)$$

Sendo que:

$x_i, x_k =$ Alternativas possíveis;

$\delta_{ik} =$ Diferença de desempenho das alternativas;

$P =$ Função de preferência relativa.

Calcular o índice de preferência (s_{ik}) da alternativa x_i comparada a alternativa x_k , este índice é dado pela equação:

$$s_{ik} = \frac{\sum_j w_j \cdot P_j(x_i, x_k)}{\sum_j w_j} \quad (3)$$

Onde w_j representa o peso de cada critério, ou seja, a importância que o decisor atribui ao critério dentro do problema em questão.

No terceiro passo deve-se calcular os fluxos de superação. O primeiro fluxo é chamado de fluxo de superação positivo, ou fluxo de saída, que é expressado por:

$$\Phi_i^+ = \sum_k S_{ik} \quad (4)$$

Sendo que Φ_i^+ representa como a alternativa x_i supera as demais alternativas.

O segundo é o fluxo de superação negativo, também chamado de fluxo de entrada. Pode ser calculado como:

$$\Phi_i^- = \sum_k S_{ki} \quad (5)$$

Sendo que Φ_i^- expressa como a alternativa x_i é superada pelas demais alternativas.

O quarto e último passo consiste em obter a ordenação final utilizando o conceito de fluxo líquido, que representa o balanço final entre o poder e a fraqueza de uma determinada alternativa. Vale ressaltar que quanto maior o valor do fluxo líquido melhor é o desempenho da alternativa. A equação de fluxo líquido é dada por:

$$\Phi(a) = \Phi^+(a) - \Phi^-(a) \quad (6)$$

Para se determinar os pesos dos critérios é necessário antecipadamente definir sua importância na modelagem multicritério, em que a importância é reflexo da preferência subjetiva do decisor, bem como as características objetivas dos próprios critérios (Markovic

Brankovic, Markovic, & Nikolic, 2018). Portanto neste trabalho os quatro critérios avaliados terão o mesmo peso, pois a FIFA não faz esta distinção entre os critérios.

Após aplicação do método é calculado o coeficiente de correlação de *Spearman* que é utilizado para relações envolvendo variáveis ordinais. Este coeficiente é baseado em comparação de rankings e é utilizado para calcular a dispersão entre duas ordenações distintas (Zhang, Wei, Wang, & Han, 2016). O coeficiente de *Spearman* é calculado por:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d^2}{n(n^2 - 1)} \quad (7)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As ordenações obtidas na modelagem multicritério são organizadas em uma matriz de gráficos de dispersão, e são categorizadas por confederação, conforme Figura 1. A parte superior da matriz representa as correlações de *Spearman* e na parte inferior as respectivas dispersões. A diagonal representa a função de distribuição de probabilidade ou FDP.

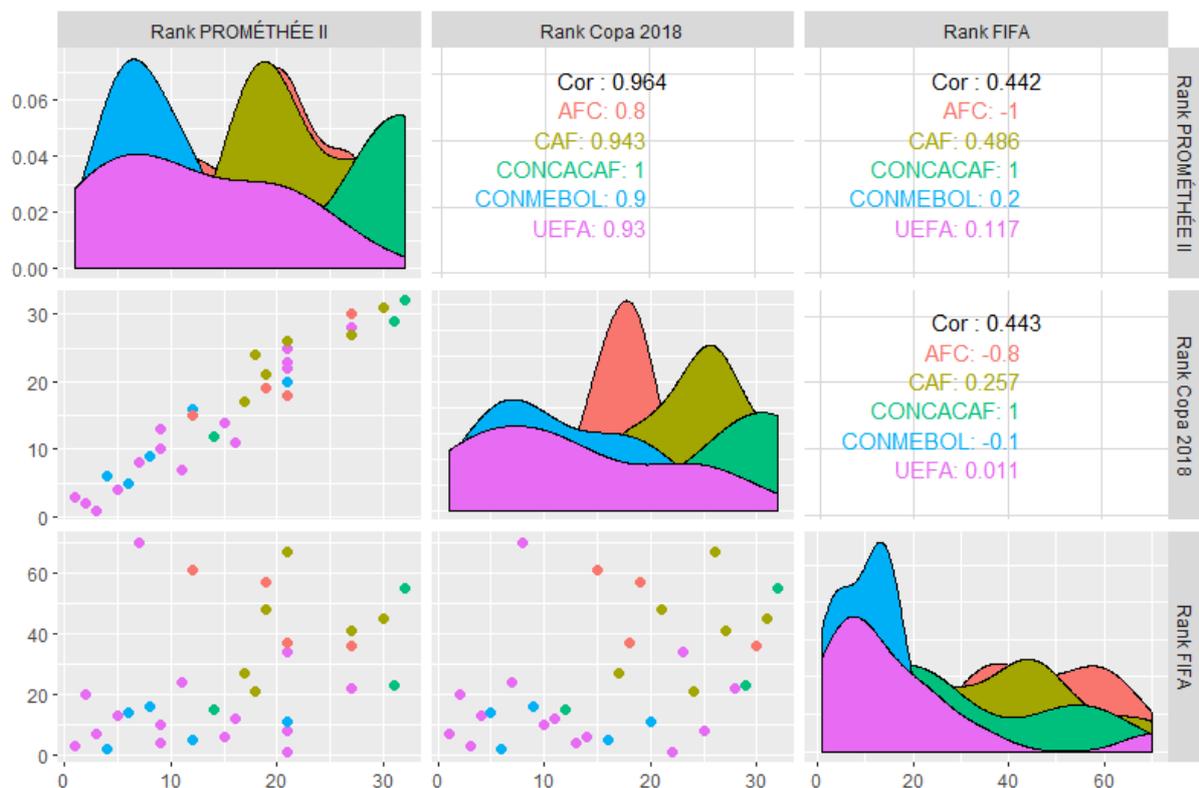


Figura 1 – Matriz de dispersão e correlação das ordenações. Fonte: Elaborado pelos autores.

Analisando a ordenação Rank PROMÉTHÉE II com a Rank Copa de 2018, na Figura 2, observa-se que há uma tendência dos dados estarem localizados no bissetor, porém em alguns pontos este fato não é respeitado, o que nos leva a considerar que existem dispersões entre as duas ordenações comparadas.

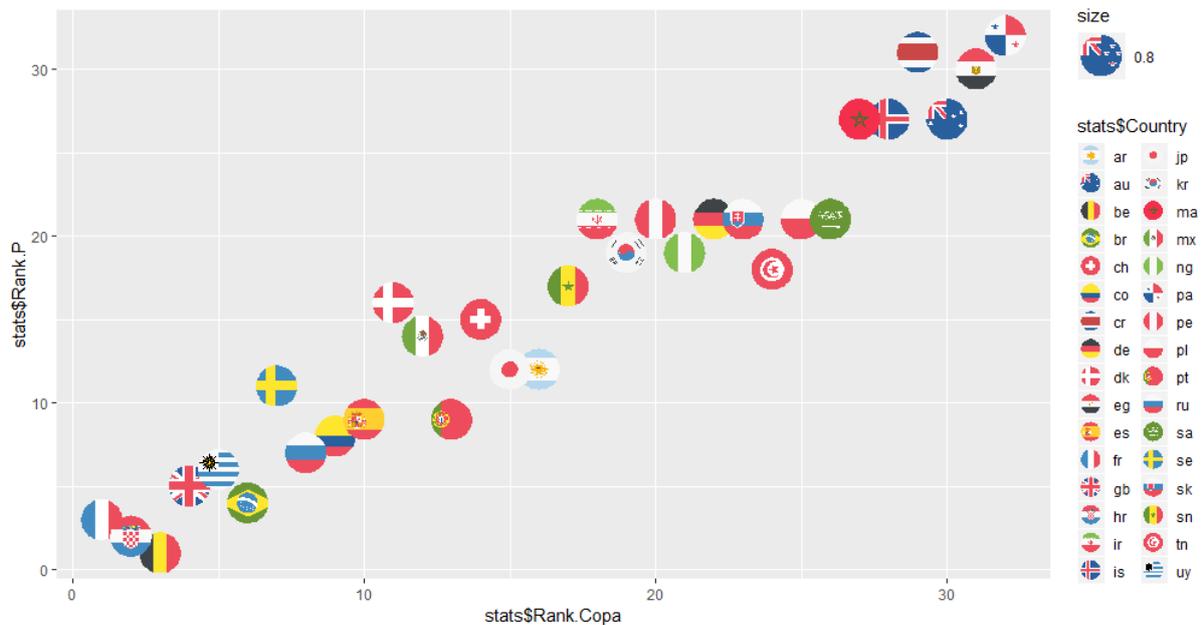


Figura 2 – Gráfico de dispersão entre Rank PROMÉTHÉE II e Rank Copa 2018. Fonte: Elaborado pelos autores.

Observando o eixo das ordenadas (ordenação PROMÉTHÉE II) as seleções que tem melhor desempenho nos critérios estabelecidos são as que estão mais na parte inferior, já no eixo das abcissas (classificação final da copa) as seleções de melhor colocação são as que estão mais à esquerda do gráfico.

Destaca-se a seleção da Bélgica que é considerada segundo a modelagem aplicada como sendo a seleção com melhor desempenho, apresentando fluxo líquido de 0,483. A França que foi a última campeã mundial obteve valor de 0,403 de fluxo líquido, ocupando a terceira posição na ordenação não compensatória. A explicação da Bélgica ocupar melhor posição do que a França está associada a soma dos desempenhos.

Portugal, Arábia Saudita, Polônia e Tunísia foram as seleções que mais ganham posições com a aplicação da não compensação. Já a Dinamarca, Suécia, Irã e França são as que mais perderam posições. A seleção da Tunísia destaca -se por ganhar 6 posições e a Dinamarca por perder 5 posições.

A Tabela 1 traz as ordenações finais das seleções participantes da Copa do Mundo 2018. Com isso é possível elaborar um gráfico de três dimensões para comparação conjunta das três variáveis analisadas, conforme Figura 3.

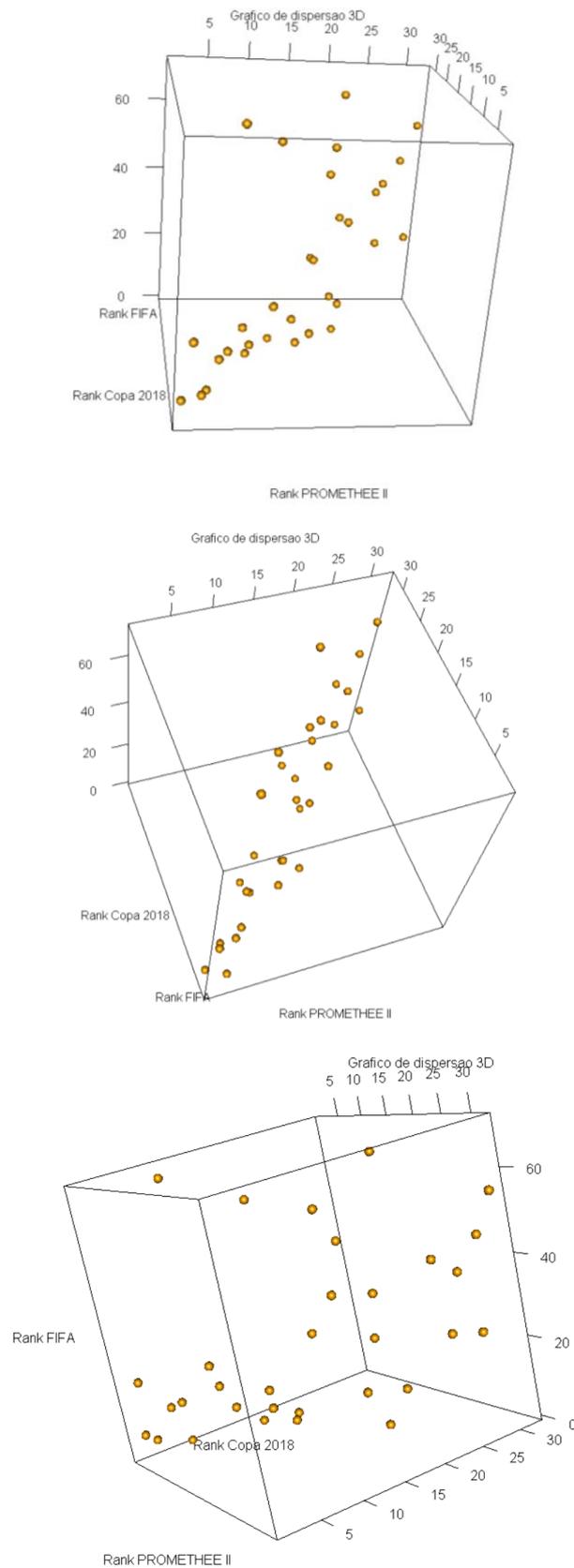


Figura 3 – Gráfico de dispersão entre Rank PROMÉTHÉE II e Rank Copa 2018. Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 1 – Ordenação das seleções participantes da Copa do Mundo 2018

Seleções	Posições ordinais PROMÉTHÉE II	Posições ordinais COPA 2018	Posições ordinais FIFA
Bélgica	1	3	3
Croácia	2	2	20
França	3	1	7
Brasil	4	6	2
Inglaterra	5	4	13
Uruguai	6	5	14
Rússia	7	8	70
Colômbia	8	9	16
Portugal	9	13	4
Espanha	9	10	10
Suécia	11	7	24
Argentina	12	16	5
Japão	12	15	61
México	14	12	15
Suíça	15	14	6
Dinamarca	16	11	12
Senegal	17	17	27
Tunísia	18	24	21
Nigéria	19	21	48
Coréia do Sul	19	19	57
Alemanha	21	22	1
Polônia	21	25	8
Peru	21	20	11
Sérvia	21	23	34
Irã	21	18	37
Arábia Saudita	21	26	67
Islândia	27	28	22
Austrália	27	30	36
Marrocos	27	27	41
Egito	30	31	45
Costa Rica	31	29	23
Panamá	32	32	55

Fonte: Elaborado pelos autores.

Comparando a ordenação Rank PROMÉTHÉE II e Rank Copa 2018 com Rank FIFA observa-se um valor baixo de correlação de *Spearman* (0,44), isto indica que existem significativas dispersões entre as ordenações. Seleções que tinham uma boa colocação no *rank* da FIFA antes do início do mundial não obtiveram boas posições na Copa de 2018 e na modelagem não compensatória, já outras seleções que eram mal colocadas no *rank* da FIFA obtiveram boas colocações nas outras ordenações, conforme visto na Figura 4 e Figura 5.

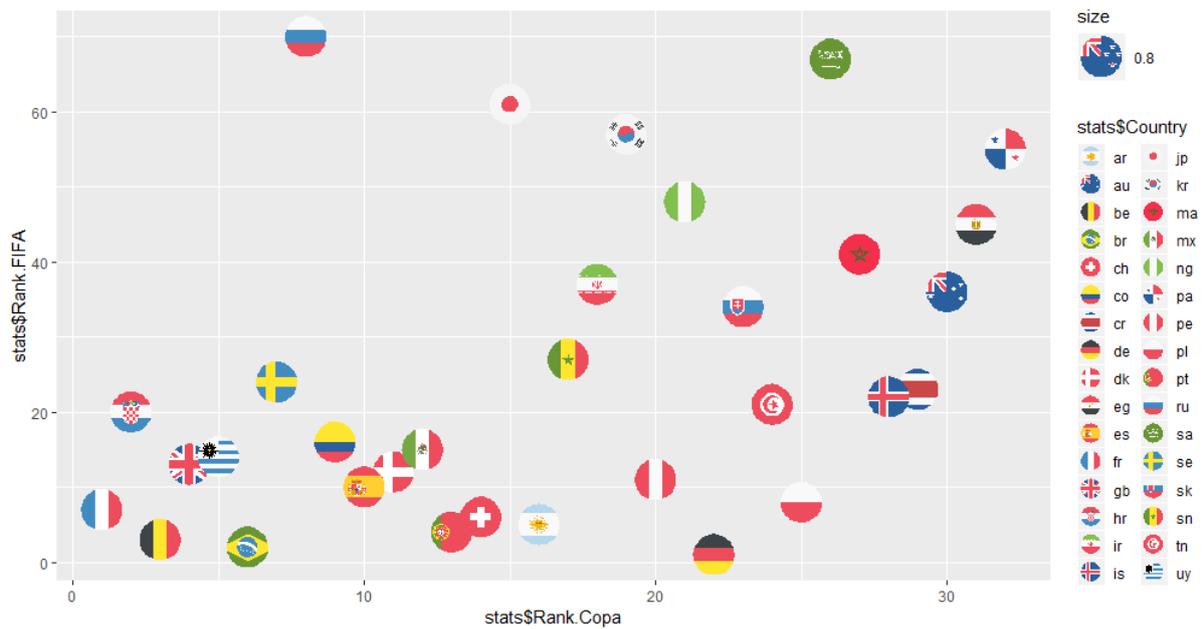


Figura 4 – Gráfico de dispersão entre Rank FIFA e Rank Copa 2018 (Correlação de 0,443).
Fonte: Elaborado pelos autores.

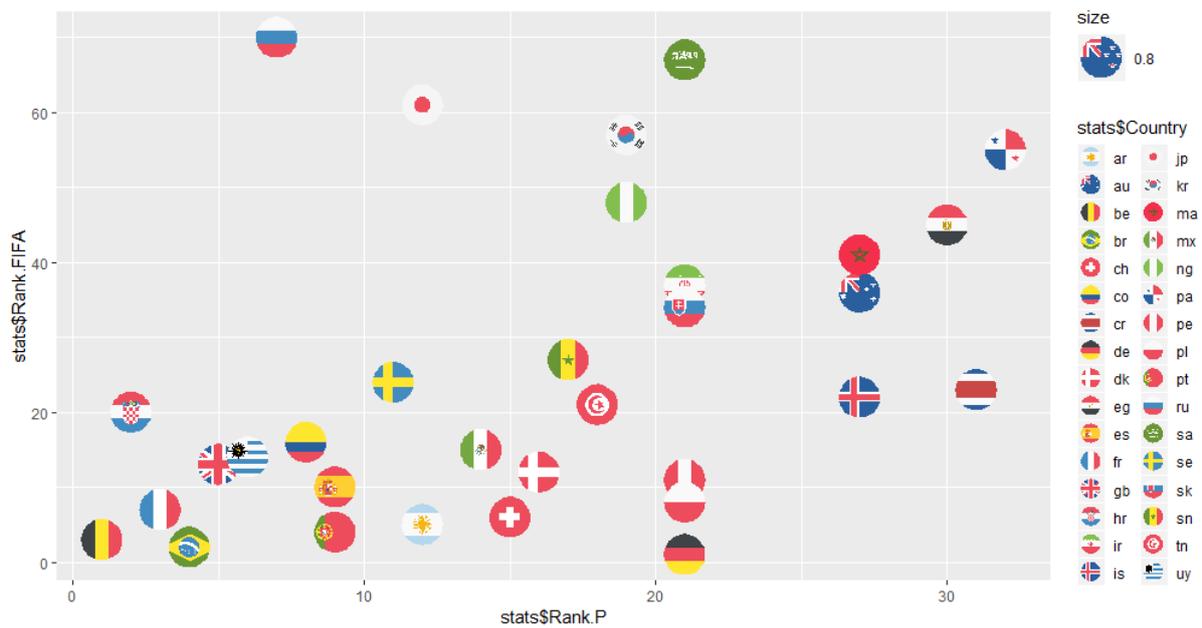


Figura 5 – Gráfico de dispersão entre Rank FIFA e Rank PROMÉTHÉE II (Correlação de 0,442).
Fonte: Elaborado pelos autores.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa analisou a eficácia de 32 seleções participantes da Copa do Mundo de 2018 mediante quatro critérios que são utilizados pela FIFA. A escolha da metodologia pela ordenação do ranking apresenta duas abordagens. A primeira é que desempenhos elevados em alguns critérios podem compensar baixos desempenhos em outros critérios. A segunda, como bem destaca Zambom-Ferraresi *et al.* (2017), times mais eficientes são os que apresentam melhores desempenhos em um número mínimo de critérios, e que um alto desempenho em um critério específico não deve compensar os demais.

Observou-se que todas as correlações com o *rank* FIFA foram as que obtiveram o valor mais baixo, sendo estes de 0,442 e 0,443. Na comparação da modelagem não compensatória com o a classificação final da Copa de 2018 houve uma correlação muito forte com valor de 0,964. Esta diferença entre os valores das correlações é explicada pelo fato da FIFA utiliza-se de um método de cálculo com características de compensação.

Na avaliação das seleções considera-se importante um bom desempenho em todos os critérios propostos. Nesta perspectiva, o método PROMÉTHÉE II consegue atingir seu objetivo, visto que analisa a eficácia de um processo complexo, sem dar privilégios a times que tem bom desempenho em um determinado critério e inferior em outros e que este compense os demais. Além disso é capaz de lidar com critérios que se apresentam com diferentes escalas, sendo desnecessária a normalização e conversão de dados.

Por fim, este trabalho é capaz de solucionar a problemática citada, tornando-se um instrumento de ordenação de seleções que pode ser utilizado em diversos campeonatos sendo eles nacionais ou internacionais.

REFERÊNCIAS

- Battisti, I. D. E. (2008). MÉTODOS ESTATÍSTICOS, 80.
- FIFA, F. I. F. A. (2018). Revision of the FIFA / Coca-Cola World Ranking.
- FIFA.com. (2018). 2018 FIFA World Cup Russia™ - FIFA.com. Recuperado 17 de julho de 2018, de <https://www.fifa.com/worldcup/statistics/teams/goal-scored>
- J. P. Brans, & Ph. Vincke. (1985). A Preference Ranking Organisation Method: (The PROMETHEE Method for Multiple Criteria Decision-Making). *Management Science*, 31, 647–656.
- Macharis, C., Springael, J., De Brucker, K., & Verbeke, A. (2004). PROMETHEE and AHP: The design of operational synergies in multicriteria analysis. *European Journal of Operational Research*, 153, 307–317.
- Mareschal, B. (2014). PROMETHEE & GAIA Software. Recuperado 16 de agosto de 2018, de <http://www.promethee-gaia.net/software.html>
- Markovic Brankovic, J., Markovic, M., & Nikolic, D. (2018). Comparative study of hydraulic structures alternatives using promethee II complete ranking method. *Water Resources Management*, 32, 3457–3471.
- Qader, M. A., Zaidan, B. B., Zaidan, A. A., Ali, S. K., Kamaluddin, M. A., & Radzi, W. B. (2017). A methodology for football players selection problem based on multi-measurements criteria analysis. *Measurement*, 111, 38–50.
- Salles, S. A. F., Almeida, L. da C., Hora, H. R. M., & Erthal, M. (2018). Análise da eficiência de jogadores dos principais campeonatos europeus de futebol através de DEA. *Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento*, 10, 9–26.
- Zambom-Ferraresi, F., García-Cebrián, L. I., Lera-López, F., & Iráizoz, B. (2017). Performance Evaluation in the UEFA Champions League. *Journal of Sports Economics*, 18, 448–470.
- Zhang, W.-Y., Wei, Z.-W., Wang, B.-H., & Han, X.-P. (2016). Measuring mixing patterns in complex networks by Spearman rank correlation coefficient. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 451, 440–450.

MULTICRITERIA MODELING OF THE 2018 WORLD CUP USING PROMÉTHÉE II METHOD

Abstract: *Football is a sport that has great social and economic impact worldwide. Clubs and selections are increasingly seen as a profitable business, and compulsorily the efficiency of teams has increasingly important role in their survival. Until the 2018 FIFA World Cup, FIFA used a sort calculation method that had compensatory characteristics, where good performances on some criteria provide for deficiency in others. This paper proposes to give a non-compensatory and multicriteria treatment for the ordering of the 2018 World Cup participants by adopting the PROMÉTHÉE II method. The results point to dispersions in relation to the final classification of the 2018 World Cup and the FIFA rank of clubs. The ordering found in the work is considered more realistic, since it incorporates elements of imprecision and non-compensation.*

Keywords: *PROMETHEE II, World Cup, Multicriteria modeling.*