

Uma comparação entre métodos *Hesitant Fuzzy-TOPSIS* no apoio à tomada de decisão para seleção de fornecedores

A comparison between *Hesitant Fuzzy-TOPSIS* methods to support decision making for supplier selection

RESUMO

Igor Mansur Beleski
igor.beleski@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

Francisco Rodrigues Lima Junior
frjunior@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

A seleção de fornecedores é central às atividades de compra das organizações, sendo fundamental na constituição de uma cadeia de suprimentos efetiva. Uma das maneiras de lidar com esse processo é o uso de métodos de tomada de decisão multicritério. Entre estes, o *Hesitant Fuzzy-TOPSIS* (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) se destaca por permitir o uso de expressões linguísticas na avaliação de alternativas. Nesse contexto, este estudo apresenta uma comparação entre dois modelos *Hesitant Fuzzy-TOPSIS* considerando o problema de seleção de fornecedores. Uma aplicação simulada de cada modelo, considerando cinco alternativas, quatro critérios de decisão, com dois tomadores de decisão, foi implementada com o uso do Microsoft Excel. Os resultados alcançados são apresentados e discutidos. A comparação entre os modelos permitiu elucidar suas similaridades e diferenças. Ambos os modelos mostraram capacidade de lidar com decisão em grupo e apontaram a alternativa A_5 como a melhor. No entanto, diferiram no modo de cálculo de distâncias, modo de composição de soluções ideais, e possibilidade de uso de pesos para os critérios.

PALAVRAS-CHAVE: Seleção de fornecedores. Métodos multicritério. *Hesitant Fuzzy-TOPSIS*.

Recebido: 19 ago. 2019.

Aprovado: 01 out. 2019.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



ABSTRACT

Supplier selection is central to organizations' purchasing activities and is critical to building an effective supply chain. One of the ways to deal with this process is the use of multicriteria decision making methods. Among these, the *Hesitant Fuzzy-TOPSIS* (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) allows the use of linguistic expressions in the evaluation of alternatives. In this context, this study presents a comparison between two *Hesitant Fuzzy-TOPSIS* models to deal with supplier selection problem. A simulated application of each of the models was made using Microsoft Excel, considering five alternatives, four decision criteria and two decision makers. The results achieved are presented and discussed. The comparison between the models elucidated their similarities and differences. Both models showed the capability to deal with group decision making processes and pointed to alternative A_5 as the best evaluated. However, they differed in the way to calculate distance and in the ideal solution composition, as well as in the possibility of using weighted criteria.

KEYWORDS: Supplier selection. Multicriteria Decision Making Methods. *Hesitant Fuzzy-TOPSIS*.

INTRODUÇÃO

Página | 2

Muitas decisões precisam ser tomadas dentro das organizações, exigindo dos gestores habilidades de discernimento e capacidade de realizar escolhas mais vantajosas, a fim de atingir seus objetivos econômicos e de desempenho. Em um contexto industrial, a seleção dos fornecedores com que se pretende firmar relações de compra se mostra fundamental, tanto pelo modo como afeta diretamente os custos, resultados e qualidade dos produtos (THRULOGACHANTAR; ZAILANI, 2011; WU; BARNES, 2012), como também pela necessidade cada vez mais acentuada e crucial de se constituir uma cadeia de suprimentos efetiva (WU; BARNES, 2010; ZIMMER; FRÖHLING; SCHULTMANN, 2015), o que está diretamente relacionado à escolha de seus fornecedores.

A escolha de fornecedores é um processo complexo por envolver múltiplas alternativas e critérios (WU; BARNES, 2010; WU; BARNES, 2011). Uma maneira amplamente abordada para lidar com este tipo de problema é o uso de métodos de tomada de decisão multicritério (*Multicriteria Decision Making Methods*). Entre estas técnicas, o uso de *Hesitant Fuzzy-TOPSIS - Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (BEG; RASHID, 2013; ONAR; OZTAYSI; KAHRAMAN, 2014) é uma abordagem emergente, ainda explorada, mas que tem o potencial de incorporar novas funcionalidades aos modelos de decisão, incluindo a capacidade de utilizar mais de um termo linguístico (ex. “médio”, “alto”) para avaliar as alternativas do problema. Essa abordagem é adequada para apoiar decisões sob incerteza, caracterizadas pela escassez de informações e pelo uso de julgamentos subjetivos de especialistas.

A primeira versão do *Hesitant Fuzzy-TOPSIS* foi proposta por Beg e Rashid (2013). Depois disso, outras versões dessa técnica foram propostas. Entretanto, não foram encontrados estudos comparativos entre as diferentes abordagens do *Hesitant Fuzzy-TOPSIS*. Diante disto, este trabalho apresenta uma comparação entre dois métodos *Hesitant Fuzzy-TOPSIS*, com intuito de elucidar as particularidades dos resultados de sua aplicação em um problema de seleção de fornecedores. Os dois modelos foram simulados com base em uma situação envolvendo os julgamentos linguísticos de dois tomadores de decisão sobre cinco fornecedores, considerando quatro critérios de decisão.

MÉTODO

Além de um levantamento bibliográfico sobre temas relacionados à seleção de fornecedores e tomada de decisão multicritério, o trabalho consistiu na implementação de dois modelos *Hesitant Fuzzy-TOPSIS* com o uso do software *Microsoft Excel*, seguida pela aplicação ilustrativa e análise de resultados. Embora esses modelos computacionais possuam algumas etapas similares, eles se diferem no modo de cálculo das distâncias e na forma de determinação das soluções ideais utilizadas. Essas diferenças são apresentadas a seguir.

O primeiro método *Hesitant Fuzzy-TOPSIS* utilizado foi proposto por Beg e Rashid (2013), e consiste na priorização de alternativas quanto aos critérios escolhidos de acordo com sua proximidade com uma solução ideal positiva (SIP) e uma solução ideal negativa (SIN). A forma de cálculo dessas soluções é apresentada a seguir, nas equações 1 e 2.

$$\tilde{A}^+ = \left[\left(\left(\max_{l=1}^k (\max_i H_{Sij}^l) \right) | j \in \Omega_b, \left(\min_{l=1}^k (\min_i H_{Sij}^l) \right) | j \in \Omega_c \right) \right],$$

$$\left(\left(\max_{l=1}^k (\max_i H_{Sij}^l) \right) | j \in \Omega_b, \left(\min_{l=1}^k (\min_i H_{Sij}^l) \right) | j \in \Omega_c \right) \quad (1)$$

$$\tilde{A}^- = \left[\left(\left(\min_{l=1}^k (\min_i H_{Sij}^l) \right) | j \in \Omega_b, \left(\max_{l=1}^k (\max_i H_{Sij}^l) \right) | j \in \Omega_c \right) \right],$$

$$\left(\left(\min_{l=1}^k (\min_i H_{Sij}^l) \right) | j \in \Omega_b, \left(\max_{l=1}^k (\max_i H_{Sij}^l) \right) | j \in \Omega_c \right) \quad (2)$$

O cálculo das distâncias para cada alternativa é dado pelas equações 3 e 4.

$$D^+ = \begin{pmatrix} d(x_{11}, \tilde{V}_1^+) + d(x_{12}, \tilde{V}_2^+) + \dots + d(x_{1n}, \tilde{V}_n^+) \\ d(x_{21}, \tilde{V}_1^+) + d(x_{22}, \tilde{V}_2^+) + \dots + d(x_{2n}, \tilde{V}_n^+) \\ \vdots \\ d(x_{m1}, \tilde{V}_1^+) + d(x_{m2}, \tilde{V}_2^+) + \dots + d(x_{mn}, \tilde{V}_n^+) \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$D^- = \begin{pmatrix} d(x_{11}, \tilde{V}_1^-) + d(x_{12}, \tilde{V}_2^-) + \dots + d(x_{1n}, \tilde{V}_n^-) \\ d(x_{21}, \tilde{V}_1^-) + d(x_{22}, \tilde{V}_2^-) + \dots + d(x_{2n}, \tilde{V}_n^-) \\ \vdots \\ d(x_{m1}, \tilde{V}_1^-) + d(x_{m2}, \tilde{V}_2^-) + \dots + d(x_{mn}, \tilde{V}_n^-) \end{pmatrix} \quad (4)$$

O segundo método *Hesitant Fuzzy-TOPSIS* utilizado foi proposto por Onar, Oztaysi e Kahraman (2014), e também consiste na priorização de alternativas quanto aos critérios escolhidos de acordo com sua proximidade com uma solução ideal positiva (SIP) e uma solução ideal negativa (SIN). Para esse método a forma de cálculo dessas soluções é apresentada a seguir, nas equações 5 e 6.

$$A^+ = \{x_j, \max_i \langle \gamma_{ij}^{\sigma(\lambda)} \rangle | j = 1, 2, \dots, n\} = \{x_1, ((\gamma_1^1) + (\gamma_1^2)^+, \dots, (\gamma_1^i)), \langle x_2, ((\gamma_2^1) + (\gamma_2^2)^+, \dots, (\gamma_2^i)), \dots, \langle x_n, ((\gamma_n^1) + (\gamma_n^2)^+, \dots, (\gamma_n^i)) \rangle\} \quad (5)$$

$$A^- = \{x_j, \min_i \langle \gamma_{ij}^{\sigma(\lambda)} \rangle | j = 1, 2, \dots, n\} = \{x_1, ((\gamma_1^1) - (\gamma_1^2)^-, \dots, (\gamma_1^i)), \langle x_2, ((\gamma_2^1) - (\gamma_2^2)^-, \dots, (\gamma_2^i)), \dots, \langle x_n, ((\gamma_n^1) - (\gamma_n^2)^-, \dots, (\gamma_n^i)) \rangle\} \quad (6)$$

O cálculo das distâncias para cada alternativa é dado pelas equações 7, 8 e 9.

$$D_i^+ = \sum_{j=1}^n ||h_{ij} - h_j^*|| \quad (7)$$

$$D_i^- = \sum_{j=1}^n ||h_{ij} - h_j^-|| \quad (8)$$

$$||h_{ij} - h_j^-|| = \frac{1}{l} \sum_{j=1}^l |h_{1\sigma(j)} - h_{2\sigma(j)}| \quad (9)$$

Para ambos os métodos, a pontuação final (*Relative closeness*) que determina o desempenho de cada alternativa é dada pela equação 10.

$$RC(A_i) = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \quad (10)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fim de observar as diferenças nos resultados para cada método, quando aplicado a um problema de seleção de fornecedores, uma aplicação simulada foi realizada, envolvendo julgamentos linguísticos de dois tomadores de decisão para quatro critérios de desempenho, em relação a cinco alternativas de fornecedores. Esses julgamentos são apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – Julgamentos dos decisores 1 e 2 em relação ao desempenho dos fornecedores

	Decisor 1				Decisor 2			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
A1	Médio	Bom	Ruim	Ruim	Ruim	Bom	Ruim	Médio
A2	Ruim	Médio	Médio	Bom	Ruim	Ruim	Bom	Bom
A3	Bom	Médio	Bom	Ruim	Médio	Ruim	Bom	Ruim
A4	Bom	Ruim	Ruim	Médio	Médio	Ruim	Ruim	Bom
A5	Bom	Ruim	Ruim	Bom	Bom	Médio	Ruim	Bom

Fonte: Autoria própria (2019).

Para realização dos cálculos de cada método, os julgamentos dos decisores são agregados conforme cada modelo. Os julgamentos agregados de acordo com o método 1 (BEG; RASHID, 2013) são apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Julgamentos agregados dos decisores para o método 1

Alternativas	C1		C2		C3		C4	
	p ₁	q ₁	p ₂	q ₂	p ₃	q ₃	p ₄	q ₄
A1	2	3	4	4	2	2	2	3
A2	2	2	2	3	3	4	4	4
A3	3	4	2	3	4	4	2	2
A4	3	4	2	2	2	2	3	4
A5	4	4	2	3	2	2	4	4

Fonte: Autoria própria (2019).

Os julgamentos agregados de acordo com o método 2 (ONAR; OZTAYSI; KAHRAMAN, 2014) são apresentados na tabela 3.

Tabela 3 – Matriz agregada conforme o método 2

Critérios	Pontuações agregadas			Critérios	Pontuações agregadas				
	l	m	u		l	m	u		
C1	A1	0,176	0,303	0,448	C3	A1	0,116	0,232	0,367
	A2	0,116	0,232	0,367		A2	0,303	0,448	0,613
	A3	0,303	0,448	0,613		A3	0,367	0,519	0,689
	A4	0,303	0,448	0,613		A4	0,116	0,232	0,367
	A5	0,367	0,519	0,689		A5	0,116	0,232	0,367
C2	A1	0,367	0,519	0,689	C4	A1	0,176	0,303	0,448
	A2	0,176	0,303	0,448		A2	0,367	0,519	0,689

Critérios	Pontuações agregadas			Critérios	Pontuações agregadas		
	l	m	u		l	m	u
A3	0,176	0,303	0,448	A3	0,116	0,232	0,367
A4	0,116	0,232	0,367	A4	0,303	0,448	0,613
A5	0,176	0,303	0,448	A5	0,367	0,519	0,689

Fonte: Autoria própria (2019).

Com o uso do modelo proposto por Beg e Rashid (2013), as soluções ideais encontradas foram $A+ = [(4,4), (4,4), (4,4), (4,4)]$ e $A- = [(2,2), (2,2), (2,2), (2,2)]$. Usando o modelo proposto por Onar, Oztaysi e Kahraman (2014), as soluções ideais encontradas foram $A+ = [(0,689), (0,689), (0,689), (0,689)]$ e $A- = [(0,116), (0,116), (0,116), (0,116)]$.

As pontuações finais ($RC(A_i)$) em ambos os modelos foram calculadas por meio da equação 10, permitindo o ranqueamento das alternativas de acordo com sua distância quanto às soluções ideais positiva e negativa. As pontuações para cada modelo são apresentadas na tabela 3. Em relação ao modelo 1, a alternativa A5 apresentou a maior pontuação final (0,563), enquanto as alternativas A2 e A3 tiveram pontuações iguais, ficando em segundo lugar. Similarmente, as alternativas A1 e A4 tiveram pontuações iguais (0,375), ocupando a última posição. Quanto ao modelo 2, a alternativa A2 também apresentou a maior pontuação final (0,495), e de forma paralela ao outro modelo, as alternativas A2 e A3 tiveram coeficientes iguais (0,464), ficando novamente em segundo lugar. Diferentemente do primeiro modelo, as alternativas A1 e A4 apresentaram coeficientes distintos embora bem próximos (0,400 e 0,402, respectivamente), mas ainda ocuparam as últimas posições.

Tabela 3 – Ranking dos fornecedores avaliados

	Modelo 1		Modelo 2	
	Pontuação final $RC(A_i)$	Classificação	Pontuação final $RC(A_i)$	Classificação
A1	0,375	4º	0,400	5º
A2	0,500	2º	0,464	2º
A3	0,500	2º	0,464	2º
A4	0,375	4º	0,402	4º
A5	0,563	1º	0,495	1º

Fonte: Autoria própria (2019).

CONCLUSÃO

Esse trabalho apresentou um novo estudo comparando dois métodos *Hesitant-Fuzzy* TOPSIS propostos na literatura no contexto de um problema de seleção de fornecedores, sendo possível explicitar as similaridades e diferenças entre eles. Primeiramente, destaca-se que ambos os modelos analisados suportam processos de decisão em grupo, permitindo a agregação da opinião de múltiplos decisores. Além disso, ambos os modelos fazem uso de mais de um termo linguístico para avaliar as alternativas quanto aos critérios utilizados. Destaca-se que apenas a abordagem de Beg e Rashid (2013) permite utilizar

expressões linguísticas como “entre baixo e médio” e “pelo menos alto”. Quanto aos resultados, ambos os modelos apontaram a alternativa A5 como a melhor colocada entre as opções. Dentre os dois modelos, apenas o proposto por Onar, Oztaysi e Kahraman (2014) possibilita o uso de pesos diferentes para cada critério. Os modelos também diferem na forma como os dados são utilizados durante os cálculos e na forma de obtenção das soluções ideais positiva e negativa. Enquanto o modelo de Beg e Rashid (2013) realiza os cálculos com base nos índices dos termos linguísticos e utiliza as equações 1 e 2 para determinar as soluções ideais, Onar, Oztaysi e Kahraman (2014) utilizam os vértices dos números *fuzzy* triangulares (l, m, u) para o processamento das informações, e as equações 5 e 6 para compor as soluções ideais.

Os resultados deste estudo podem ser usados para auxiliar pesquisadores e gestores na escolha de um método de decisão adequado às suas necessidades. Estudos futuros podem comparar as abordagens propostas em relação à complexidade computacional e à adequação para incluir e excluir alternativas sem alterar a consistência do *ranking*. Também podem adaptar o procedimento de cálculo das distâncias proposto por Beg e Rashid (2013) para possibilitar a consideração de pesos distintos para os critérios de decisão.

REFERÊNCIAS

BEG, I.; RASHID, T. TOPSIS for hesitant fuzzy linguistic term sets. **International Journal of Intelligent Systems**, v. 28, n. 12, p. 1162-1171, 2013.

ONAR, S. C.; OZTAYSI, B; KAHRAMAN, C. Strategic decision selection using hesitant fuzzy TOPSIS and interval type-2 fuzzy AHP: a case study. **International Journal of Computational intelligence systems**, v. 7, n. 5, p. 1002-1021, 2014.

THRULOGACHANTAR, P.; ZAILANI, S. The influence of purchasing strategies on manufacturing performance: An empirical study in Malaysia. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 22, n. 5, p. 641-663, 2011.

WU, C.; BARNES, D. Formulating partner selection criteria for agile supply chains: A Dempster–Shafer belief acceptability optimisation approach. **International Journal of Production Economics**, v. 125, n. 2, p. 284-293, 2010.

WU, C.; BARNES, D. A literature review of decision-making models and approaches for partner selection in agile supply chains. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 17, n. 4, p. 256-274, 2011.

WU, C.; BARNES, D. A dynamic feedback model for partner selection in agile supply chains. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 32, n. 1, p. 79-103, 2012.

ZIMMER, K.; FRÖHLING, M.; SCHULTMANN, F. Sustainable supplier management—a review of models supporting sustainable supplier selection, monitoring and development. **International Journal of Production Research**, v. 54, n. 5, p. 1412-1442, 2016.