

<https://eventos.utfpr.edu.br//sicite/sicite2019>

## Aplicação do método *Hesitant Fuzzy-TOPSIS* para avaliar programas de desenvolvimento de fornecedores

## Application of the Hesitant Fuzzy-TOPSIS method for supplier development program evaluation

### RESUMO

**Antonio Ricardo Lunardi**  
[lunardi@alunos.utfpr.edu.br](mailto:lunardi@alunos.utfpr.edu.br)  
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA  
FEDERAL DO PARANÁ, Curitiba,  
PR, Brasil

**Francisco Rodrigues Lima Júnior**  
[eng.franciscojunior@gmail.com](mailto:eng.franciscojunior@gmail.com)  
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA  
FEDERAL DO PARANÁ, Curitiba,  
PR, Brasil

Diante de cadeias produtivas globais, na medida em que os fabricantes se esforçam para minimizar riscos de abastecimento, emerge a necessidade de aprimorar as capacidades e o desempenho de seus fornecedores. Assim, desenvolver fornecedores se tornou uma das principais alternativas para o alcance desses objetivos. O desafio dos fabricantes é decidir quais programas de desenvolvimento devem ser implementados, fortalecidos ou interrompidos, sendo que um dos complicadores é a ausência e/ou escassez de informações para a tomada de decisão. Nesse contexto, o objetivo deste estudo é desenvolver um modelo de decisão capaz de para auxiliar gestores na avaliação de programas de desenvolvimento de fornecedores em ambientes de incerteza. Para alcançar esse objetivo, adotou-se o método *Hesitant Fuzzy-TOPSIS*. Uma aplicação piloto foi realizada com base em dados simulados. Como principal benefício de uso, o modelo permite a adoção de mais de um termo linguístico e de expressões linguísticas para quantificar o desempenho dos programas de desenvolvimento de fornecedores.

**PALAVRAS-CHAVE:** Desenvolvimento de fornecedores. *Hesitant Fuzzy-TOPSIS*. Decisão multicritério.

**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

Facing global supply chains, manufacturers make efforts in order to reduce supply risks. At that time, it is born the need of enhancing the performance of their suppliers. So, supplier development became one of the main strategies to reach these objectives. The manufacturer's challenge is to choose the programs to implement, to strengthen or to interrupt, under the lack or absence of relevant information for decision making. Considering this, the aim of this study is to develop a decision model able to help managers in evaluating supplier development programs under uncertainty. In order to achieve this goal, the *Hesitant Fuzzy-TOPSIS* method was adopted. A pilot application was performed based on simulated data. As the main benefit, the model allows the adoption of one or more linguistic terms or expressions for quantifying the performance of supplier development programs.

**KEYWORDS:** Supplier development. Hesitant Fuzzy-TOPSIS. Multicriteria decision.

## INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de fornecedores pode ser definido como uma ação que vise a melhorar o desempenho de fornecedores da empresa compradora, para suprir carências da mesma (KRAUSE; ELLRAM, 1997). Quando um comprador se defronta com alguma deficiência da empresa fornecedora, é comum que o processo de mudança de fornecedor seja caro e soluções internas sejam inviáveis, já que o foco da organização não é esse, e também por requerer com frequência custosos investimentos. Nesses casos a melhor solução é o desenvolvimento de fornecedores (WAGNER, 2010).

A importância da colaboração e das práticas de desenvolvimento de fornecedores tem sido bastante discutida na literatura que trata de cadeia de suprimentos. Diversos autores têm ressaltado que a prática de desenvolvimento de fornecedores torna a empresa compradora mais competitiva e traz a ela ganhos em vários aspectos: mais aptidão para lidar com gerenciamento de incertezas (LIKER; CHOI, 2004), satisfação econômica e não econômica de comprador, aumento do tempo de colaboração (GLAVEE-GEO, 2019) e proteção para uma série de fatores de risco visíveis que ocorrem com as empresas na atualidade (PRADHAN; ROUTROY, 2018). Há um crescente interesse por pesquisa sobre o tema de desenvolvimento de fornecedores desde o início dos anos 2000, como demonstra o estudo de Glock et al. (2017). Ele estabelece a categorização da prática em três fases distintas, que formam um processo cíclico: 1) Fase de preparação. 2) Fase de desenvolvimento. 3) Fase de avaliação e monitoramento.

Diante da importância de implantar e avaliar os programas de desenvolvimento de fornecedores em organizações empresariais, principalmente naquelas que dependem fortemente do desempenho de seus fornecedores, este estudo visa desenvolver um modelo de decisão multicritério para apoiar a avaliação de programas de desenvolvimento de fornecedores. Dada a dificuldade de se obter informações precisas e atualizadas sobre o desempenho dos fornecedores e programas avaliados, optou-se por adotar uma técnica de decisão baseada em lógica *fuzzy*, desenvolvida justamente para lidar com a tomada de decisão em situações de incerteza e ausência de informações (BEG; RASHID, 2013).

## MÉTODO

As etapas componentes deste estudo são descritas a seguir:

- a) Pesquisa bibliográfica: envolveu um levantamento bibliográfico sobre desenvolvimento de fornecedores, lógica *fuzzy*, TOPSIS e método *Hesitant Fuzzy-TOPSIS*. Nessa etapa também foram mapeados os estudos que propõem modelos quantitativos para apoiar a avaliação de programas de desenvolvimento de fornecedores. Utilizando a *string* “*supplier development*”, foram pesquisadas as bases de dados Science Direct, periódicos Capes, Emerald, Scopus, Web of Science e Google Scholar. Esse levantamento permitiu identificar 9 modelos prévios. Foram mapeadas as técnicas e métricas utilizadas em cada modelo. Esses resultados foram suprimidos deste artigo devido à limitação do número de páginas;
- b) Modelagem computacional: um modelo de decisão foi construído com base em Beg e Rashid (2013). As equações foram implementadas utilizando o

software MS Excel, o que trouxe transparência aos cálculos e maior facilidade de uso;

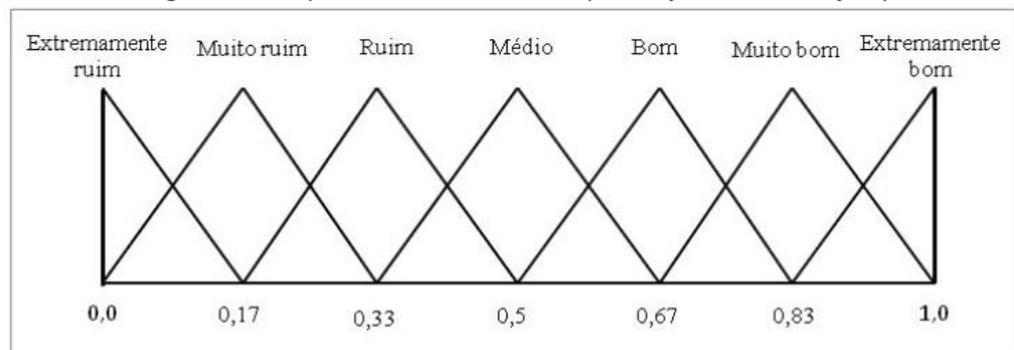
- c) Aplicação piloto: foi feita com base em um caso simulado. As métricas foram definidas com base em estudos da literatura. Devido à dificuldade de obter dados reais para aplicação, os julgamentos linguísticos dos dois decisores envolvidos foram determinados de forma simulada.

### O MÉTODO HESITANT FUZZY-TOPSIS

A utilização da versão clássica da lógica *fuzzy* em problemas de decisão apresenta certas limitações, já que há casos em que apenas um termo linguístico não é capaz de definir com precisão a informação julgada como adequada pelo especialista (ou decisor). Com o intuito de sanar esse problema, pode ser aplicado o método *Hesitant Fuzzy-TOPSIS*, no qual os especialistas podem julgar o desempenho das alternativas, em cada critério, utilizando um ou mais termos linguísticos.

A figura 1 apresenta um exemplo de uma variável modelada por conjuntos *hesitant fuzzy*, baseada na representação *Hesitant Fuzzy Linguistic Terms Sets (HFLTS)*. Ela possui 7 níveis categorizados em números *fuzzy* triangulares, os quais representam termos linguísticos.

Figura 1- Exemplo de variável modelada por conjuntos *hesitant fuzzy*



Fonte: Beg e Rashid (2013).

Os passos do método *Hesitant Fuzzy-TOPSIS* são detalhados a seguir com base em Beg e Rashid (2013):

Passo 1. Seja  $\tilde{X}^l = [H_{Sij}^l]_{m \times n}$  uma matriz de decisão *fuzzy*;  $E = \{e_1, e_2, \dots, e_k\}$  é o conjunto de especialistas envolvidos no processo decisório;  $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$  é o conjunto das alternativas consideradas; e  $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$  é o conjunto dos critérios utilizado para avaliar as alternativas. O desempenho da alternativa  $A_i$  em relação ao critério  $C_j$  é denotado como  $x_{ij}$ . A matriz  $X = [x_{ij}]$ , com  $X_{ij} = [S_{pij}, S_{qij}]$ , é calculada agregando as opiniões dos decisores  $(\tilde{X}^1, \tilde{X}^2, \dots, \tilde{X}^k)$ , de acordo com as equações 1 e 2.

$$s_{pij} = \min\{\max H_{Sij}^l, (\min H_{Sij}^l)\} \quad (1)$$

$$s_{qij} = \max\{\max H_{Sij}^l, (\min H_{Sij}^l)\} \quad (2)$$

Passo 2. Seja  $\Omega_b$  uma coleção de critérios de benefício (ou seja, quanto maior o desempenho em  $C_j$ , maior será a pontuação final). A SIP do HFLTS é representada como  $\tilde{A}^+ = (\tilde{V}_1^+, \tilde{V}_2^+, \dots, \tilde{V}_n^+)$ , e a SIN é definida como  $\tilde{A}^- = (\tilde{V}_1^-, \tilde{V}_2^-, \dots, \tilde{V}_n^-)$ . As

equações 3 e 4 orientam a composição das SIP e SIN. Nessas equações,  $\tilde{V}_j^+ = [v_{pj}, v_{qj}]$ , ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) e ( $i = 1, 2, \dots, m$ ).

$$\tilde{A}^+ = \left[ \left( k \max_{l=1} (H_{Sij}^l) \right) \mid j \in \Omega_b \right] \quad (3)$$

$$\tilde{A}^- = \left[ \left( k \min_{l=1} (H_{Sij}^l) \right) \mid j \in \Omega_b \right] \quad (4)$$

Passo 3. Construir uma matriz de separação ideal positiva ( $D^+$ ) e uma matriz de separação ideal negativa ( $D^-$ ). A equação 5 detalha o cálculo de  $D^+$ .

$$D^+ = \begin{pmatrix} d(x_{11}, \tilde{V}_1^+) + & d(x_{12}, \tilde{V}_2^+) + & \dots + & d(x_{1n}, \tilde{V}_n^+) \\ d(x_{21}, \tilde{V}_1^+) + & d(x_{22}, \tilde{V}_2^+) + & \dots + & d(x_{2n}, \tilde{V}_n^+) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ d(x_{m1}, \tilde{V}_1^+) + & d(x_{m2}, \tilde{V}_2^+) + & \dots + & d(x_{mn}, \tilde{V}_n^+) \end{pmatrix} \quad (5)$$

Passo 4. Calcular a proximidade relativa (*relative closeness*,  $RC$ ) de cada alternativa para a solução ideal usando a equação 6, na qual  $D_i^- = \sum_{j=1}^n d(x_{ij}, \tilde{V}_j^-)$  e  $D_i^+ = \sum_{j=1}^n d(x_{ij}, \tilde{V}_j^+)$ .

$$RC(A_i) = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \quad (6)$$

Passo 5. Classificar todas as alternativas  $A_i$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ) de acordo com o coeficiente de proximidade  $RC(A_i)$ . Quanto maior o valor de  $RC(A_i)$ , melhor é o desempenho final da alternativa  $A_i$ .

## RESULTADOS

Esta sessão apresenta os resultados de um caso simulado, envolvendo a aplicação ilustrativa do método *Hesitant Fuzzy-TOPSIS* na avaliação de programas de desenvolvimento de fornecedores. Com base em Beg e Rashid (2013), a escala de julgamentos linguísticos foi dividida em 7 termos usados na avaliação: ER - Extremamente ruim, MR - Muito ruim, R - Ruim, M - Médio, B - Bom, MB - Muito bom, EB - Extremamente bom (ver figura 1). O quadro 1 descreve os programas de desenvolvimento de fornecedores avaliados. Enquanto as alternativas 1, 2, 4 e 5 se referem a programas implantados em fornecedores específicos, a alternativa 3 se refere a uma prática que abrange todos os fornecedores estratégicos da empresa. Dessa forma, o caso ilustrativo envolveu a avaliação de 5 programas de desenvolvimento, realizada por 2 decisores, considerando 4 métricas, definidas com base na literatura: aumento da capacidade técnica ( $C_1$ ), melhoria das práticas gerenciais e organizacionais ( $C_2$ ), redução dos custos ( $C_3$ ), e comprometimento da alta gerência ( $C_4$ ).

Quadro 1 – Alternativas avaliadas pelos decisores

Alternativas	Descrição
$A_1$	Implantação de certificação dos fornecedores 1 e 2
$A_2$	Suporte técnico para resolução de problemas do fornecedor 3
$A_3$	Programa de premiação de melhores projetos (todos os fornecedores)
$A_4$	Iniciativas para melhoria da programação da produção e adequação da capacidade produtiva dos fornecedores 4 e 5
$A_5$	Práticas ambientais de redução de consumo de insumos e energia dos fornecedores 4 e 6

Fonte: Autoria própria.

A quadro 2 apresenta os julgamentos linguísticos dos decisores para cada um dos 5 programas de desenvolvimento. O peso (nível de importância) de todos os

critérios foi considerado o mesmo. Utilizando as equações 1 e 2, os julgamentos dos decisores foram agregados. Por limitações de espaço no artigo, a matriz de decisão agregada foi suprimida.

Quadro 2 – Julgamentos linguísticos dos decisores 1 e 2

	Decisor 1				Decisor 2			
	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$
$A_1$	[B, MB, EB]	[MB]	[B, MB]	[MB, EB]	[B, MB]	[B, MB]	[M, B, MB]	[B, MB]
$A_2$	[M, B, MB]	[B, MB]	[M, B]	[M]	[R, M]	[R, M, B]	[M]	[R]
$A_3$	[MB, EB]	[MB]	[B, MB]	[B, MB]	[B, MB]	[B]	[M, B]	[B]
$A_4$	[R]	[B, MB]	[M, B]	[MB]	[ER]	[M, B]	[R]	[MB]
$A_5$	[M, B]	[MB]	[B, MB]	[B, MB]	[R, M]	[M, B]	[M, B]	[M, B]

Fonte: Autoria própria.

As soluções ideais positiva e negativa, para os quatro critérios, foram obtidas pelas equações 3 e 4, respectivamente. Portanto, elas são representadas linguisticamente como  $A^+ = [[MB, EB] [MB, MB] [B, MB] [MB, EB]]$  e  $A^- = [[ER, ER] [R, B] [R, R] [R, R]]$ . A partir dos dados quadro 1 e dos vetores de solução ideal positiva e negativa, foram calculadas as distâncias  $D^+$  e  $D^-$ . A equação 5 foi usada para calcular a distância entre as pontuações agregadas e  $A^+$ . Analogamente, foi feito o cálculo da distância entre as pontuações agregadas e  $A^-$ .

Por fim, com os valores de  $D^+$  e  $D^-$ , a pontuação final de cada programa  $RC(A_i)$  foi obtida usando a equação 7. Os resultados são apresentados no quadro 2. De acordo com os valores obtidos, o programa de “implantação de certificação do fornecedor 1 e 2” apresentou o melhor desempenho, seguido pelo “programa de premiação de melhores projetos”. Portanto, a empresa compradora deve dar continuidade a essas iniciativas e focar esforços e demais investimentos na manutenção destes programas. Por outro lado, os programas “suporte técnico para resolução de problemas” e “iniciativas para melhoria da programação da produção e adequação da capacidade produtiva” apresentaram a menor pontuação final, o que sugere que a empresa compradora deve replanejar a forma como estes programas estão sendo estruturados e implementados, ou ainda decidir sobre a continuidade ou interrupção destes.

Quadro 2 - Pontuação final e classificação dos programas avaliados.

	Programa de desenvolvimento	$RC(A_i)$	Classificação
$A_1$	Implantação de certificação dos fornecedores 1 e 2	0,88889	1º
$A_3$	Programa de premiação de melhores projetos (todos os fornecedores)	0,77778	2º
$A_5$	Práticas ambientais de redução de consumo de insumos e energia dos fornecedores 4 e 6	0,62963	3º
$A_2$	Suporte técnico para resolução de problemas do fornecedor 3	0,40741	4º
$A_4$	Iniciativas para melhoria da programação da produção e adequação da capacidade produtiva dos fornecedores 4 e 5	0,40741	4º

Fonte: Autoria própria.

## CONCLUSÃO

Este estudo propôs um modelo de decisão para apoiar a avaliação de programas de desenvolvimento de fornecedores. O modelo é baseado no método *Hesitant Fuzzy-TOPSIS*. O principal diferencial desse modelo, mediante as abordagens prévias, é a possibilidade de utilizar mais de um termo linguístico ao quantificar o desempenho de um programa de desenvolvimento, em uma determinada métrica. No caso ilustrativo desenvolvido, foram avaliados 5 programas, com base em 4 métricas, de acordo com os julgamentos de 2 decisores. Embora essa aplicação piloto tenha demonstrado apenas o uso de um ou mais termos linguísticos, também é possível utilizar expressões linguísticas, tal como “entre médio e alto” ou “pelo menos alto”.

Estudos futuros podem realizar ajustes nas métricas utilizadas pelo modelo, para realizar aplicações reais e avaliar a usabilidade da proposta. Vale ressaltar que o modelo não é adequado para apoiar avaliações baseadas em valores precisos e métricas financeiras, sendo adequado para decisões sob incerteza, utilizando métricas qualitativas, dados imprecisos e julgamentos subjetivos. Estudos futuros também podem adaptar a etapa de cálculo das distâncias, a fim de incorporar diferentes níveis de importância às métricas.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ).

## 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.
- GLAVEE-GEO, R. Does supplier development lead to supplier satisfaction and relationship continuation?. **Journal of Purchasing and Supply Management**, 2019.
- GLOCK, C. H.; GROSSE, E. H.; RIES, J. M. Decision support models for supplier development: Systematic literature review and research agenda. **International Journal of Production Economics**, v.193, p. 798-812, 2017.
- KRAUSE, D.R.; ELLRAM, L.M. Success factors in supplier development. **Int. Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 27, n. 1, p. 39-52, 1997.
- LIKER, J. K.; CHOI, T. Y. Building deep supplier relationships. **Harvard business review**, v. 82, n. 12, p. 104-113, 2004.
- PRADHAN, S.K.; ROUTHROY, S. Improving supply chain performance by Supplier Development program through enhanced visibility. **Materials Today: Proceedings**, v. 5, n. 2, p. 3629-3638, 2018.
- WAGNER, Stephan M. Indirect and direct supplier development: performance implications of individual and combined effects. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 57, n. 4, p. 536-546, 2009.