

Modelos de decisão para formulação e avaliação de programas de desenvolvimento de fornecedores: uma revisão sistemática da literatura

CARLOS HENRIQUE LOPES RESENDE

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ (UTFPR)

FRANCISCO RODRIGUES LIMA JUNIOR

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ (UTFPR)

Agradecimento à órgão de fomento:

Este estudo não foi financiado por órgão de fomento.

Modelos de decisão para formulação e avaliação de programas de desenvolvimento de fornecedores: uma revisão sistemática da literatura

1. INTRODUÇÃO

Diante de cadeias de suprimentos globais, na medida em que os fabricantes se esforçam para minimizar riscos de abastecimento e criar redes de suprimentos eficientes e competitivas, surge a necessidade de aprimorar as capacidades e o desempenho de seus fornecedores (MODI; MABERT, 2007). A gestão de relacionamento com fornecedores envolve uma série de decisões que impactam no desempenho da empresa compradora e da cadeia de suprimentos como um todo. Melhorar continuamente as operações logísticas e de manufatura passam a ser requisitos obrigatórios para as empresas em destaque no mercado. Neste contexto, desenvolver fornecedores se tornou uma das principais alternativas para o alcance desses objetivos (LI et al., 2012).

O termo “desenvolvimento de fornecedor” se refere a qualquer esforço da empresa compradora a fim de melhorar desempenho e/ou capacidades de seus fornecedores para que estes consigam atender as necessidades de abastecimento de curto e longo prazo (KRAUSE; ELLRAM, 1997). O desenvolvimento de fornecedor não é uma prática de responsabilidade singular a um departamento, pois requer o comprometimento múltiplo, principalmente da alta gerência (LI et al., 2012). O investimento em recursos, tempo, *know-how* e comunicação é capaz de fomentar o estabelecimento da confiança, que é um fator essencial para a eficácia dos programas de desenvolvimento de fornecedor (WAGNER, 2011). Li et al. (2007) fomenta a construção do capital relacional como fator determinante para o sucesso dos relacionamentos entre comprador e fornecedor.

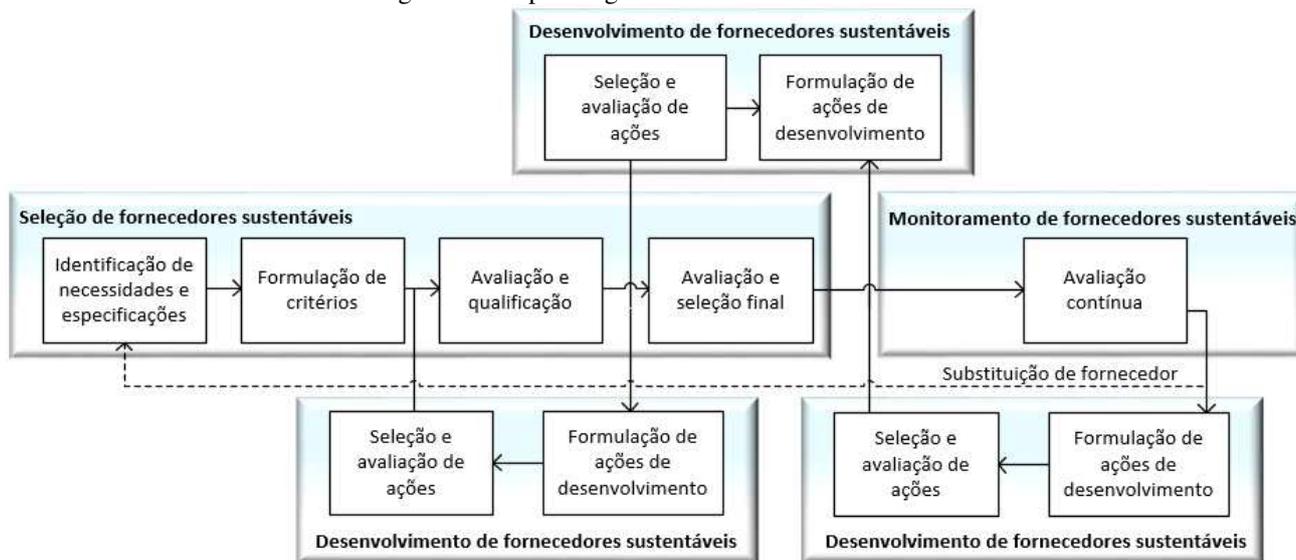
O desenvolvimento de fornecedores favorece o aumento da vantagem competitiva e benefícios de longo prazo. Operacionalmente há ganhos na melhoria da qualidade, redução de custos, melhoria das capacidades e gestão eficaz e eficiente da cadeia de abastecimento (DALVI; KANT, 2015). No entanto, alguns obstáculos costumam dificultar a implementação bem-sucedida, tais como *feedback* improdutivo, metas equivocadas, falta de confiança na empresa compradora por parte do fornecedor, ausência de comprometimento e falta de recursos humanos (RAJPUT; BAKAR, 2012).

As ações de desenvolvimento de fornecedores são coordenadas pela empresa compradora e podem envolver o empenho de recursos administrativos, financeiros, operacionais, técnicos, entre outros (LI et al., 2007). Segundo Wagner (2011), as atividades de desenvolvimento possuem duas abordagens. Na abordagem indireta, a empresa faz forte uso da comunicação, aumenta meta, incentiva e solicita melhorias no desempenho. Na abordagem direta, a empresa compradora tem uma atuação mais ativa no comprometimento de recursos para desenvolver o fornecedor, incluindo recursos humanos, financiamento de máquinas e treinamentos. Independentemente da abordagem escolhida, é necessário escolher os fornecedores habilitados a participar dos programas de desenvolvimento. Após a implantação de um ou mais programas, também é preciso avaliar o desempenho do(s) fornecedor(es) a fim de comparar o estado atual com as metas previamente definidas (BAI; SARKIS, 2011).

Conforme ilustra a Figura 1, o gerenciamento de fornecedores envolve uma série de processos de tomada de decisão independentes, porém inter-relacionados. Inicialmente, a partir da identificação das necessidades de compra, deve-se definir e ponderar os critérios utilizados para medir o desempenho dos fornecedores nas etapas posteriores. Na etapa de qualificação, as possíveis fontes de abastecimento são avaliadas a fim de verificar quais delas atendem aos requisitos de desempenho estabelecidos pela empresa compradora. Apenas os fornecedores qualificados são considerados na etapa de seleção final, na qual se escolhe quais serão contratados com base em uma avaliação mais detalhada. Após a contratação, inicia-se o monitoramento contínuo do desempenho dos fornecedores com o propósito de verificar se as obrigações contratuais estão sendo cumpridas. Tanto nessa etapa quanto na qualificação e na seleção final, caso o desempenho de um ou mais fornecedores estratégicos esteja abaixo do esperado, a empresa compradora pode optar por investir esforços visando à melhoria de resultados. Se isso ocorrer, surge a necessidade de formular, implantar e avaliar programas de

desenvolvimento de fornecedores. Outra alternativa é substituir o fornecedor por outro e então iniciar um novo processo de seleção (ZIMMER et al., 2015; AMEGBE, HANU, 2018).

Figura 1 – Etapas do gerenciamento de fornecedores



Fonte: Adaptado de Zimmer et al. (2015)

A literatura apresenta quatro artigos de revisão relacionados ao tema desenvolvimento de fornecedores. Rajput e Bakar (2012) investigaram 98 estudos que abordam práticas de desenvolvimento de fornecedores e extraíram os principais elementos, benefícios, resultados esperados e barreiras à implantação destas práticas. Ahmed e Hendry (2012) revisaram 62 estudos, com enfoque na identificação das principais atividades e fatores de sucesso, bem como na caracterização dos programas como diretos ou indiretos e em abordagens reativas ou estratégicas. Zimmer et al. (2015) analisaram 143 artigos que apresentam modelos de decisão para gestão sustentável de fornecedores. A partir da classificação dos estudos de acordo com as etapas mostradas na Figura 1, Zimmer et al. (2015) concluíram que a maioria dos estudos foca na seleção de fornecedores. Esses autores encontraram apenas 13 modelos que fornecem suporte às etapas de formulação e avaliação de programas de desenvolvimento de fornecedores. Glock et al. (2017) revisaram 46 modelos que provêm suporte ao monitoramento de fornecedores, à preparação de programas de desenvolvimento e à avaliação destes. Esses autores constataram que o número de publicações vem crescendo desde 2014 e apontaram que os métodos de otimização baseados em programação matemática são os mais aplicados.

Enquanto os estudos de Rajput e Bakar (2012) e Ahmed e Hendry (2012) focam em aspectos conceituais, apenas as revisões elaboradas por Zimmer et al. (2015) e Glock et al. (2017) englobam a análise dos modelos de decisão existentes. Contudo, os estudos de Zimmer et al. (2015) e Glock et al. (2017) não incluem modelos publicados a partir de 2017. Além disso, os autores não consideraram diversos aspectos relevantes à caracterização dos modelos quantitativos, tais como: as métricas de avaliação adotadas e a forma como estas foram escolhidas, a abordagem usada para modelagem de incerteza e dados imprecisos, as técnicas de validação dos resultados, a origem dos dados usados na avaliação dos fornecedores e especificação das ações sugeridas após a avaliação dos fornecedores. Diante da necessidade de atualizar o estado da arte, o objetivo deste estudo é traçar um panorama dos modelos de decisão para apoiar a formulação e avaliação de programas de desenvolvimento de fornecedores. A partir da realização de uma revisão sistemática da literatura, espera-se responder a algumas questões de pesquisa relacionadas ao estado da arte desse tema, tais como: quais são as técnicas, métricas e ações de desenvolvimento mais frequentes? Quais são as abordagens mais utilizadas para lidar com decisões sob incerteza? Quais os setores mais estudados?

2. METODOLOGIA

2.1 Procedimentos de busca e seleção de artigos

A busca e seleção de artigos foram realizadas a partir de procedimentos recomendados na literatura para elaboração de revisões sistemáticas. A revisão sistemática é uma forma de sintetizar o conteúdo existente de um tema específico de maneira justa, usada para investigar temas emergentes a fim de propor direções futuras (ZIMMER et al., 2015).

As buscas de artigos nas bases de periódicos foram realizadas utilizando a *string* “*supplier development*”. Os artigos foram coletados nas bases *Science Direct* (www.sciencedirect.com), *Scopus* (www.scopus.com), *Emerald Insight* (www.emeraldinsight.com) e *IEEEExplore* (ieeexplore.ieee.org). Uma busca adicional também foi realizada por meio da ferramenta *Google Scholar* (scholar.google.com). Baseando-se em Lima-Junior e Carpinetti (2017), o levantamento bibliográfico foi feito por meio dos seguintes procedimentos:

- 1) Inserção da *string* de busca em cada uma das bases;
- 2) Aplicação de um filtro para selecionar somente artigos publicados nas duas últimas décadas (1999 em diante);
- 3) Utilização de um filtro para incluir somente artigos publicados em periódicos científicos, eliminando assim os capítulos de livro e os estudos publicados em congresso;
- 4) Ordenação dos resultados por relevância a partir de uma funcionalidade contida nas bases (com exceção de *Emerald* e *Google acadêmico*);
- 5) Seleção dos 300 primeiros resultados listados;
- 6) Análise do título, do resumo, das palavras-chave e às vezes do conteúdo dos artigos para eliminar aqueles que não contemplavam modelos quantitativos para apoiar a formulação e avaliação de programas de desenvolvimento de fornecedores;
- 7) Eliminação das cópias dos artigos repetidos, ou seja, aqueles que foram listados e selecionados em mais de uma base de dados.

Conforme mostra a Tabela 1, após a aplicação dos sete passos descritos, foram selecionados 23 artigos, sendo que a maioria destes foi coletada na base *Science Direct*.

Tabela 1 – Resultado das buscas e seleção de artigos nas bases de dados

Base de periódicos	1	2	3	4	5	6	7
Science direct	942	860	790	790	300	12	12
Scopus	410	376	291	291	291	17	4
Emerald	744	660	659	659	300	3	3
Scholar google	17,500	15,400	15,400	15,400	300	20	3
IEEE-xplore	22	18	5	5	5	1	1
Total							23

Fonte: Elaborado pelo autor.

2.2 Procedimentos de análise e classificação dos artigos selecionados

Os artigos selecionados foram analisados de maneira holística a partir de alguns elementos estruturais. Inicialmente foram coletados os seguintes dados sobre a origem dos estudos: ano de publicação, nome do periódico e país de origem de cada autor. Na sequência, a caracterização dos estudos foi realizada de acordo com um conjunto de 11 fatores, definidos com base em Brandenburg et al. (2014), Lima-Junior e Carpinetti (2017) e Glock et al. (2017), os quais são descritos a seguir:

- a) **Escopo:** refere-se à proposta de cada estudo, classificando-os em modelos para formulação ou modelos para avaliação de programas de desenvolvimento de fornecedores. No caso dos modelos de apoio à formulação de programas, estes também foram subdivididos entre os modelos que indicam qual(is) iniciativa de desenvolvimento deve ser implantada, quando deve ser implantada e/ou quanto será investido para desenvolver cada fornecedor;
- b) **Tipos de modelo:** realiza um agrupamento dos estudos de acordo com a natureza das técnicas de decisão utilizadas, subdividindo-as entre métodos de decisão multicritério (MCDM), programação matemática e técnicas de inteligência computacional;

- c) **Técnicas:** identifica a(s) técnica(s) de decisão utilizadas por cada modelo. Também classifica em modelo simples (composto por apenas uma técnica) ou modelo combinado (que utiliza duas ou mais técnicas);
- d) **Tipo de aplicação:** verifica se a avaliação foi feita com base em dados reais ou simulados;
- e) **Setor de aplicação:** considerando apenas as aplicações baseadas em dados reais, identifica o setor de atuação da empresa analisada. Por exemplo, setor alimentício ou automotivo;
- f) **Origem dos dados para avaliação:** analisa a procedência dos dados utilizados para avaliação do desempenho dos fornecedores e/ou dos programas de desenvolvimento, de modo a explicitar se foram obtidos por meio de dados históricos, julgamentos de especialistas, dados simulados ou combinações entre eles;
- g) **Métricas de desempenho:** lista as métricas (indicadores de desempenho ou critérios de avaliação) utilizadas para avaliação do desempenho dos fornecedores e/ou dos programas de desenvolvimento;
- h) **Origem das métricas:** identifica como foram escolhidas as métricas. Enquanto alguns modelos definem as métricas a partir de estudos da literatura, outros se baseiam na opinião de especialistas ou extraem as métricas de modelos de referência como o SCOR® (*Supply Chain Operations Reference*);
- i) **Modelagem de incerteza:** verifica se o modelo adota alguma abordagem para lidar com decisões em ambientes de incerteza, que envolvem ausência de dados, dados imprecisos, avaliações qualitativas e/ou julgamentos subjetivos. Também classifica os estudos conforme a abordagem adotada;
- j) **Abordagem de validação:** analisa se foi aplicado algum procedimento para validar os resultados do estudo, identificando também a(s) técnica(s) utilizada na validação;
- k) **Ações de desenvolvimento sugeridas:** identifica as ações sugeridas por cada modelo após a avaliação do desempenho de fornecedores a fim de apoiar a formulação de programas de desenvolvimento.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

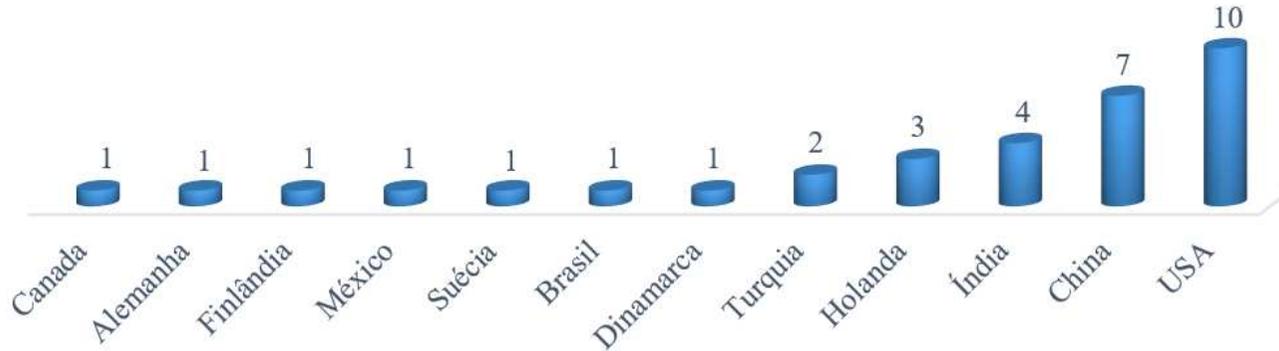
A Figura 2 mostra a distribuição das publicações ao longo dos anos. Dentre os estudos encontrados, o primeiro foi publicado no ano 2000. Nota-se que 69% dos estudos são dos últimos 5 anos, o que evidencia que este é um campo de pesquisa recente e em crescimento. A distribuição das publicações de acordo com os países de origem dos autores está indicada na Figura 3. Predominam as publicações oriundas dos Estados Unidos, seguidos da China e Índia. Como alguns estudos foram desenvolvidos por dois ou mais pesquisadores de países diferentes, o somatório das frequências indicadas na Figura 3 é maior que 23. Já a Tabela 2 mostra os periódicos onde foram publicados os estudos analisados, separando-os por ano de publicação. No total, foram identificados 15 periódicos que publicaram sobre o tema, sendo o *Industrial Journal of Production Economics* o periódico de maior destaque.

Figura 2 - Distribuição dos estudos por ano



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 3 - Distribuição dos estudos por país



Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 2 - Periódicos nos quais foram publicados os estudos analisados

Periódicos	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Total
Int. J. Production Economics									1					1				1		1	4
European Journal of Operational Research						1									1		1				3
Computers & Industrial Engineering																1		1			2
Expert Systems with Applications													1				1				2
Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics																		1			1
Benchmarking: An International Journal																			1		1
Business Strategy and the Environment																1					1
Construction Management and Economics																				1	1
Industrial Marketing Management															1						1
Ingeniería, investigación y tecnología																				1	1
Int. J. of Operations & Production Management				1																	1
Int. J. of Productivity and Performance Management																1					1
Journal of Cleaner Production												1									1
Materials Today: Proceedings																			1		1
Supply Chain Management		1																			1
Transactions on Engineering Management																			1		1

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 4 apresenta o resultado da classificação dos estudos de acordo com o escopo de cada modelo. Dentre os 23 estudos, 13 (56,5%) são voltados para apoiar a formulação de programas de desenvolvimento de fornecedores e 10 (43,5%) são voltados para avaliação destes após a implantação. A ampla maioria dos modelos para formulação de programas de desenvolvimento indica quais ações devem ser implantadas, sendo que apenas 3 modelos permitem analisar quanto deve ser investido em cada fornecedor e somente 1 modelo possibilita decidir quando as ações devem ser implantadas.

Figura 4 - Escopo dos modelos analisados

Proposto por	Formulação de programas de desenvolvimento de fornecedores			Avaliação de programas de desenvolvimento
	Quais ações devem ser feitas	Quando as ações devem ser implantadas	Quanto deve ser investido em cada fornecedor	Qual o desempenho dos programas em curso
Akman (2014)	X			
Araz e Ozkarahan (2007)	X			
Arroyo e Ramos (2018)	X		X	
Awasthi e Kannan (2016)				X
Bai e Sarkis (2010)				X
Bai e Sarkis (2011)				X
Bai, Dhavale e Sarkis (2015)			X	
Bai, Rezaei e Sarkis (2017)	X			
Dou, Zhu e Sarkis (2013)				X
Dou, Zhu e Sarkis (2014)				X
Forker e Mendez (2001)	X			
Fu, Zhu e Sarkis (2012)				X
Kumar e Routroy (2017)				X
Kumar e Routroy (2017)				X
Lima Junior e Carpinetti (2016)	X			
Liu, Diwg e Lall (2000)	X			
Meisel e Glock (2018)	X	X	X	
Noorizadeh, Rashidi e Peltokorpi (2018)	X			
Rezaei , Wang e Tavasszy (2015)	X			
Rezaei e Ortt (2013)	X			
Routroy e Pradhan (2014)				X
Routroy, Pradhan e Kumar (2016)				X
Talluri e Narasimhan (2004)	X			

Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 5 lista as técnicas de decisão utilizadas por cada estudo, enquanto a Figura 6 agrupa as técnicas identificadas com base em Lima Junior e Carpinetti (2017). Os modelos de decisão multicritério (MCDM) são os mais frequentes, totalizando 52,2% dos estudos analisados. Vale ressaltar que as técnicas MCDM híbridas, como *Fuzzy AHP* e *Fuzzy TOPSIS*, também foram incluídas nessa categoria. Em seguida, estão os modelos de programação matemática, com 26,1%, e de inteligência computacional, com apenas 13%. Também foram encontradas aplicações nas quais se utiliza um método MCDM em uma etapa do problema, e um método de inteligência computacional em outra etapa, sem modificar as particularidades de cada um. Essas aplicações combinadas entre métodos MCDM e de inteligência computacional totalizaram 8,7% dos estudos.

Figura 5 – Técnica(s) de decisão utilizadas por cada estudo analisado

Abordagem	Proposto por	Técnica(s) utilizadas
Método isolado	Araz e Ozkarahan (2007)	PROMETHEE
	Arroyo e Ramos (2018)	<i>Fuzzy AHP</i>
	Bai e Sarkis (2010)	<i>Rough Set Theory</i>
	Forker e Mendez (2001)	DEA
	Kumar e Routroy (2017)	PVA (<i>Performance value Analysis</i>)
	Lima Junior e Carpinetti (2016)	<i>Fuzzy TOPSIS</i>
	Liu, Diwg e Lall (2000)	DEA
	Meisel e Glock (2018)	<i>Mathematical Model</i>
	Noorizadeh, Rashidi e Peltokorpi (2018)	DEA (<i>Data Envelopment Analysis</i>)
	Rezaei , Wang e Tavasszy (2015)	BWM (<i>Best Worst Method</i>)
	Rezaei e Ortt (2013)	Fuzzy Inference
	Routroy, Pradhan e Kumar (2016)	GTA (<i>Graph theoretic Approach</i>)
	Talluri e Narasimhan (2004)	DEA
Métodos combinados	Akman (2014)	<i>Fuzzy C-Means</i> e VIKOR
	Awasthi e Kannan, (2016)	<i>Fuzzy VIKOR</i> e <i>Fuzzy NGT</i>
	Bai e Sarkis. (2011)	<i>Grey System Theory</i> e <i>Rough Set Theory</i>
	Bai, Dhavale e Sarkis (2015)	<i>Rough Set Theory</i> e <i>Fuzzy C-Means</i>
	Bai, Rezaei e Sarkis (2017)	<i>Rough Set Theory</i> , VIKOR e <i>Fuzzy C-Means</i>
	Dou, Zhu e Sarkis (2014)	<i>Fuzzy Scoring</i> e <i>Fuzzy DEMATEL</i>
	Dou, Zhu e Sarkis. (2013)	<i>Grey System Theory</i> e ANP
	Fu, Zhu e Sarkis. (2012)	<i>Grey System Theory</i> e DEMATEL
	Kumar e Routroy (2017)	<i>Fuzzy AHP</i> e <i>Fuzzy Weighted Average</i>
	Routroy e Pradhan (2014)	AHP e PVA

Fonte: Elaborado pelo autor.

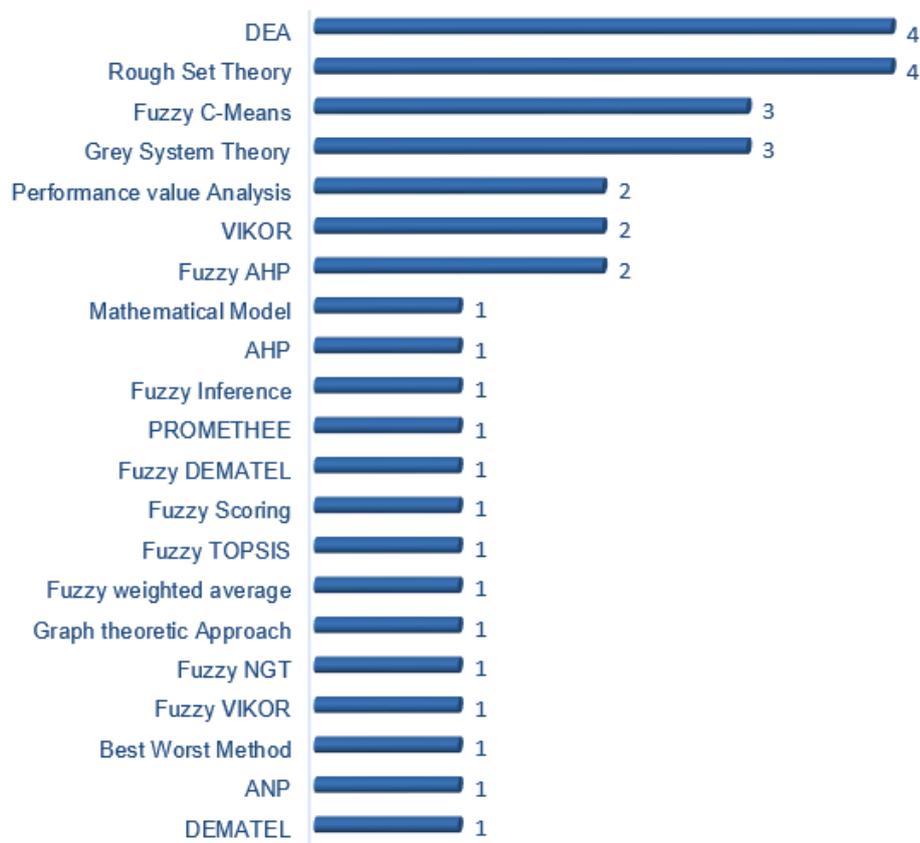
Figura 6 – Agrupamento dos modelos identificados de acordo com a natureza da técnica utilizada

MCDM	AHP (<i>Analytic Hierarchy Process</i>), Fuzzy AHP, ANP (<i>Analytic Network Process</i>), PROMETHEE (<i>Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations</i>), BWM (<i>Best Worst Method</i>), Fuzzy TOPSIS (<i>Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution</i>), DEMATEL (<i>Decision Making Trial and Evaluation Laboratory</i>), Fuzzy DEMATEL, Fuzzy VIKOR (<i>Visekriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje</i>), Fuzzy Weighted Average, VIKOR, Fuzzy NGT (<i>Nominal Group Technique</i>), Fuzzy Scoring e PVA (<i>Performance value Analysis</i>)
Programação matemática	Mathematical model, DEA (<i>Data Envelopment Analysis</i>) e GTA (<i>Graph theoretic Approach</i>)
Inteligência computacional	<i>Fuzzy Inference</i> , <i>Fuzzy C-Means</i> , <i>Rough Set Theory</i> e <i>Grey System Theory</i>

Fonte: Elaborado pelo autor.

As técnicas quantitativas identificadas e sua frequência de uso estão dispostas na Figura 7. Foram identificadas 21 técnicas de decisão diferentes. Ao considerar todos os estudos, as mais recorrentes foram DEA (*Data Envelopment Analysis*) e *Rough Set Theory*. Dentre os 13 estudos que utilizam apenas uma técnica de decisão, a técnica DEA também é a mais aplicada. Entre os estudos que combinam duas ou mais técnicas, *Rough Set Theory*, *Fuzzy C-Means* e *Grey System Theory* se destacam. Apesar do método DEA ter se sobressaído, os estudos que fizeram sua aplicação não são tão recentes, pois foram publicados antes de 2010. Desde 2014, nota-se o crescimento do uso da técnica *Fuzzy C-Means* e também o aumento da adoção de métodos combinados. Outra constatação é que 70% dos artigos que utilizam a combinação de duas ou mais técnicas são representados focam na avaliação de programas de desenvolvimento.

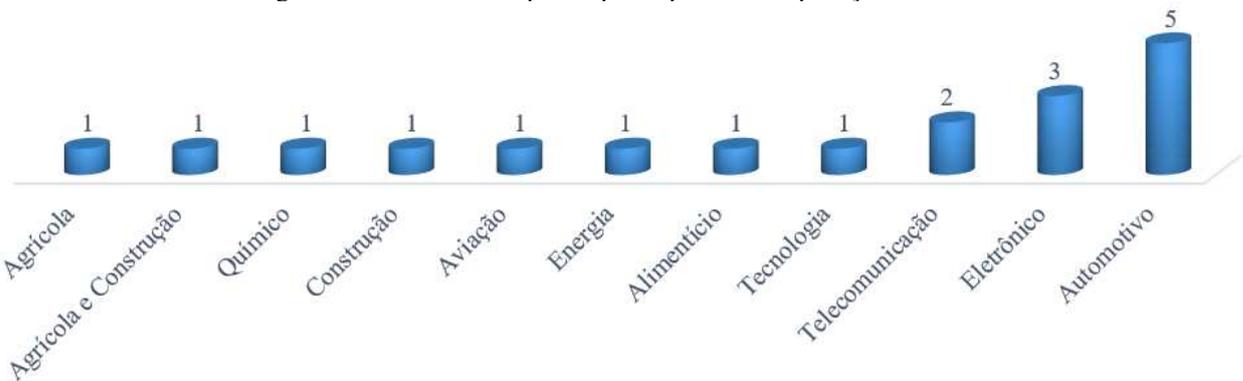
Figura 7 – Frequência de uso das técnicas quantitativas identificadas



Fonte: Elaborado pelo autor.

Em relação ao tipo de aplicação, 18 estudos (78,3%) realizaram aplicações em casos reais, em contraposto aos 5 artigos que realizam aplicações simuladas. Dentre as aplicações reais, conforme mostra a Figura 8, as empresas dos setores automotivo, eletrônico e telecomunicações são as mais recorrentes. O destaque do setor automotivo pode estar associado ao fato de ser o maior setor manufatureiro do mundo, desafiado constantemente a melhorar as práticas de gestão, formas organizacionais e a lidar com pressões ambientais rotineiramente.

Figura 8 - Setores das empresas participantes das aplicações reais

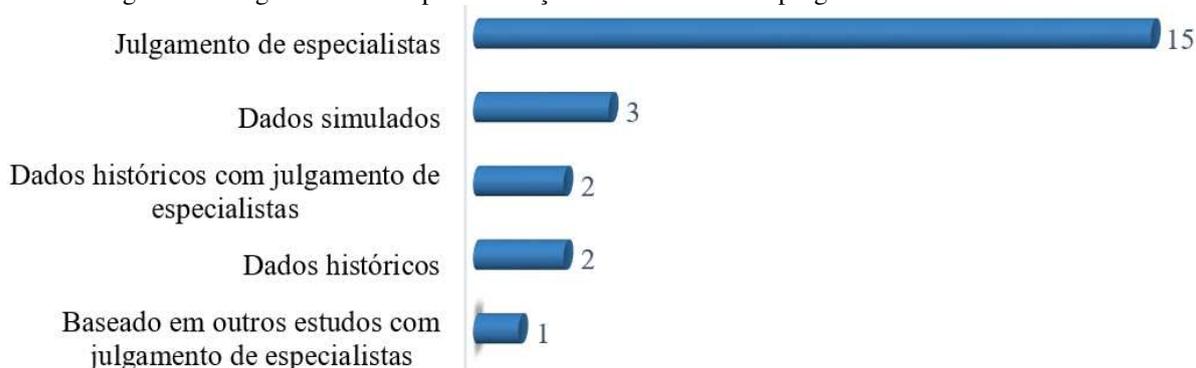


Fonte: Elaborado pelo autor.

No que tange a origem dos dados para avaliação do desempenho dos fornecedores e/ou dos programas de desenvolvimento, a Figura 9 apresenta a distribuição dos resultados da classificação. Nota-se que 73% dos modelos utilizaram julgamentos coletados de especialistas, enquanto de 13% usam dados simulados. Também foram identificadas combinações entre julgamentos de especialistas com dados históricos e dados extraídos de outros estudos da literatura. Aplicações baseadas apenas em dados históricos de desempenho são pouco

recorrentes, totalizando somente 8,7% dos estudos. A maior parte das aplicações reais foram baseadas em julgamentos de especialistas, enquanto a maioria das aplicações ilustrativas utilizaram dados simulados.

Figura 9 - Origem dos dados para avaliação de fornecedores e programas de desenvolvimento



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 10 lista as métricas de avaliação de fornecedores ou de programas de desenvolvimento utilizadas em cada estudo. Constatou-se o domínio das métricas relacionadas a fatores ambientais, o que pode estar relacionado às pressões dos agentes sociais e econômicos em relação ao impacto ambiental causado por atividades empresariais. Outras métricas em destaque estão relacionadas à qualidade e capacidade.

Figura 10 - Métricas de desempenho adotadas pelos modelos analisados

Métrica proposta por	Métricas utilizadas
Akman (2014)	Capacidade, qualidade, custo, entrega, fatores ambientais e serviço.
Araz e Ozkarahan (2007)	Qualidade, custo, entrega, financeiro, comunicação, tecnologia, <i>design</i> do produto e processos.
Arroyo e Ramos (2018)	Qualidade, entrega, financeiro, preço, tecnologia, confiabilidade, cultura organizacional, pós-venda e gestão de riscos.
Awasthi e Kannan, (2016)	Custo, tempo de produção, recursos e fatores ambientais.
Bai e Sarkis. (2010)	Transferência de conhecimento, transferência de recursos, gestão e características organizacionais.
Bai e Sarkis. (2011)	Transferência de conhecimento, transferência de recursos, gestão e características organizacionais, comunicação e <i>feedback</i> /incentivos.
Bai, Rezaei e Sarkis (2017)	Capacidade e complacência.
Baia, Dhavale e Sarkis (2015)	Gestão e características organizacionais e fatores ambientais.
Dou, Zhu e Sarkis (2014)	Qualidade, custo, tempo de produção, recursos, fatores ambientais e tecnologia.
Dou, Zhu e Sarkis. (2013)	Qualidade, custo, flexibilidade, entrega e fatores ambientais.
Forker e Mendez (2001)	Treinamento, qualidade, serviço, <i>design</i> do produto, processos e relacionamento interno.
Fu, Zhu e Sarkis. (2012)	Transferência de conhecimento, certificações, treinamento, características ambientais, responsabilidade, <i>feedback</i> /incentivos e design do produto.
Kumar e Routroy (2017)	Capacidade, flexibilidade, fatores ambientais, responsabilidade, confiabilidade, pós-venda e gestão de riscos.
Kumara e Routroy (2017)	Capacidade, complacência, qualidade, flexibilidade, responsabilidade, comunicação, pós-venda e inovação.
Lima Junior e Carpinetti (2016)	Custo e entrega.
Liu, Diwg e Lall (2000)	Gestão e características organizacionais, treinamento, capacidade, complacência, qualidade, entrega, financeiro, comunicação, preço e capacidade técnica.
Meisel e Glock (2018)	Transferência de conhecimento, complacência, financeiro e projetos.

Noorizadeh, Rashidi e Peltokorpi (2018)	Recência e frequência.
Rezaei , Wang e Tavasszy (2015)	Capacidade e complacência.
Rezaei e Ortt (2013)	Capacidade e complacência.
Routroy e Pradhan (2014)	Certificação, complacência, fatores ambientais, proximidade à base de fabricação, <i>feedback</i> e/ou incentivos, planejamento estratégico, inovação e projetos.
Routroy, Pradhan and Kumar (2016)	Transferência de conhecimento, certificações, fatores ambientais, proximidade à base de fabricação, <i>feedback</i> /incentivos, planejamento estratégico, inovação, projetos e compromisso da alta gestão.
Talluri e Narasimhan (2004)	Gestão e características organizacionais, qualidade, custo, entrega, preço, <i>design</i> do produto e organização burocrática.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 11 apresenta os resultados da classificação dos estudos quanto à forma de escolha das métricas adotadas. Constatou-se que em 56% dos estudos as métricas foram definidas pelos autores a partir de uma listagem de métricas extraídas de estudos anteriores; 21% estudos utilizaram métricas escolhidas por especialistas com base em estudos anteriores. Com uma frequência menor, há casos em que as métricas foram escolhidas por especialistas com base nas necessidades da empresa compradora, bem como situações em que elas foram arbitrariamente definidas pelos próprios autores. Apenas um estudo adotou as métricas sugeridas pelo modelo SCOR®.

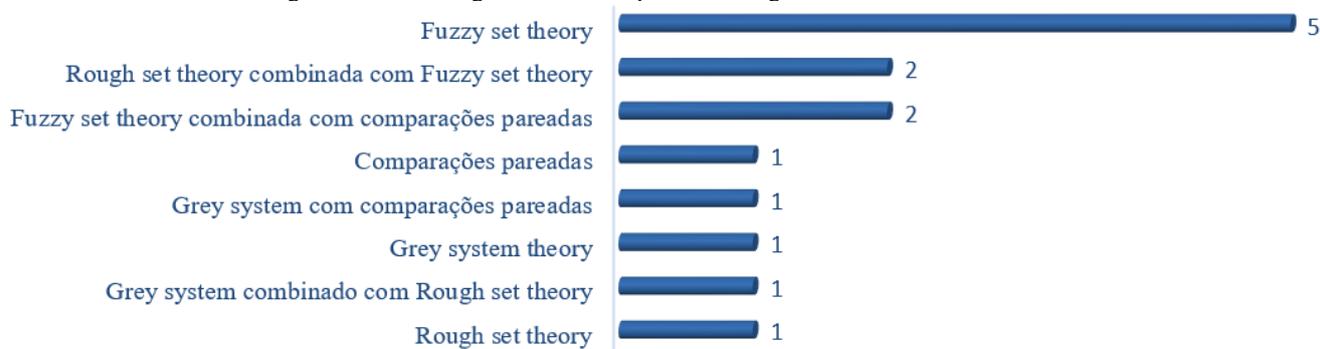
Figura 11 - Origem das métricas utilizadas nos modelos analisados



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 12 sintetiza os resultados referentes à classificação dos modelos conforme a abordagem adotada para modelagem de incerteza.

Figura 12 - Abordagens utilizadas para modelagem de incerteza



Fonte: Elaborado pelo autor.

Contatou-se que 14 dentre os 23 artigos analisados (60,9%) adotaram alguma técnica apropriada para apoiar a tomada de decisão em ambientes de incerteza, já que a formulação e a avaliação de programas de desenvolvimento de fornecedores costumam envolver variáveis

qualitativas, ausência de informação, valores imprecisos e/ou julgamentos subjetivos. Dentre as abordagens identificadas, a mais recorrente é a Teoria dos Conjuntos *Fuzzy*, que possibilita utilizar termos linguísticos quantificados por números *fuzzy* para avaliar o peso das métricas e as pontuações das alternativas. Outras abordagens são baseadas em *Rough Set Theory*, *Grey System* e comparações pareadas entre os elementos do problema. Combinações entre essas abordagens também foram identificadas.

Figura 13 - Ações sugeridas para elaboração de programas de desenvolvimento de fornecedores

Ações após avaliação do fornecedor	Rezaei, Wang e Tavasszy (2015)	Lima Junior e Carpinetti (2016)	Bai, Dhavale e Sarkis (2015)	Liu, Diwg e Lall (2000)	Akman (2014)	Forker e Mendez (2001)	Talluri e Narasimhan (2004)	Araz e Ozkarahan (2007)	Rezaei e Ort (2013)	Arroyo e Ramos (2018)	Meisel e Glock (2018)	Noorizadeh, Rashidi e Peltokorpi (2018)	Bai, Rezaei e Sarkis (2017)
Substituir fornecedor		x			x				x	x			
Fornecer <i>feedback</i> e/ ou incentivos									x	x			x
Melhorar o desempenho operacional					x								
Adotar estratégia de comunicação	x								x	x		x	
Aumentar o investimento em tecnologia								x					
Desenvolver práticas ambientais			x		x								
Melhorar o investimento financeiro												x	
Melhorar o desempenho de entrega		x		x									
Diminuição de custos		x					x	x				x	
Melhoria da qualidade	x						x	x					
Melhoria da complacência													x
Melhorar a capacidade											x	x	x
Fornecimento de treinamento								x			x		x
Realizar transferência de recurso				x									
Realizar transferência de conhecimento	x						x	x					x
Ajuste no índice de preço dos produtos				x									
Construção de centro de distribuição				x									
Aplicar programas TQM						x							
Integrar sistemas eletrônicos (fabricante/fornecedor)							x						
Práticas de projeto estrutural de produto								x					
Maior precaução devido à posição financeira								x					
Instigar a concorrência entre fornecedores									x				
Visitas a fornecedores e troca de informações	x												
Assistência para melhoria da qualidade	x												
Aumentar o valor de compra	x												
Cerimônia de premiação anual	x												
Investimentos voltados a aspectos de negócio			x										

Conquistar certificações											x			
Implementar ferramentas da qualidade											x			
Implementar sistema de auditoria de processos											x			
Implementar atividades de aquisição ecológica														x

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 13 apresenta as ações sugeridas pelos modelos após o processo de avaliação. Nessa figura estão descritas apenas as ações sugeridas pelos modelos de apoio à formulação de programas de desenvolvimento de fornecedores, uma vez que os artigos sobre avaliação destes programas após a implantação não recomendam ações de desenvolvimento específicas, restringindo-se a indicar se o(s) programa(s) avaliado deve ser interrompido, continuado ou fortalecido. Dentre as ações listadas, destacam-se transferência de conhecimento, redução de custos e melhoria da comunicação, com quatro ocorrências cada. Essas ações estão alinhadas com a tendência de estreitar relações com seus fornecedores aspirando melhorias na qualidade e desenvolvimento de novos processos. A recomendação de substituição do fornecedor também é frequente nos casos em que a elaboração e implantação de ações de desenvolvimento não se mostra viável.

Por fim, em relação à validação dos resultados dos modelos, conforme ilustra a Figura 14, mais da metade (52,2%) dos estudos utiliza alguma técnica para este propósito, sendo que 44% realizaram testes de análise de sensibilidade, 4% aplicaram a técnica estatística ANOVA e outros 4% utilizaram a opinião de especialistas (geralmente gestores da empresa participante) para verificar a consistência dos resultados. A análise de sensibilidade consiste de uma sequência de testes nos quais verifica-se como a variação dos valores de algumas entradas do modelo impacta os valores de saída. Ressalta-se que não foram encontrados estudos que validem os resultados com base na comparação destes com dados reais de desempenho ou com valores fornecidos por outras técnicas de decisão.

Figura 14 – Técnicas utilizadas para validação dos resultados dos modelos analisados



Fonte: Elaborado pelo autor.

4. LACUNAS DE PESQUISA análise dos estudos existentes possibilitou identificar algumas lacunas de pesquisa relacionadas ao presente tema. Uma delas consiste na necessidade de desenvolver modelos que ajudem a decidir o nível de investimento em cada programa e determinar quando estes programas devem ser implantados, já que são escassos os modelos para tais propósitos. Também são raras as aplicações nos setores agrícola, construção civil, químico, aviação, energia e alimentício. Não foram encontrados estudos voltados aos setores têxtil, metal mecânico, farmacêutico, calçadista, naval e moveleiro. Em relação às estratégias da cadeia de suprimento consideradas pelos artigos revisados, foram encontrados sete modelos voltados para cadeias de suprimentos *green* (BAI, SARKIS, 2010; FU; ZHU; SARKIS, 2012; DOU; ZHU; SARKIS, 2013; AKMAN, 2014; AWASTHI; KANNAN, 2016; BAI; DHAVAL; SARKIS, 2016; BAI; REZAEI; SARKIS, 2017), porém não há modelos focados em cadeia sustentável, *lean*, ágil e flexível.

Quanto à origem das métricas de avaliação, somente um modelo adota os indicadores de desempenho propostos pelo SCOR®, havendo a ausência de estudos que apliquem indicadores do *Balanced Scorecard*. No que diz respeito às técnicas de avaliação de desempenho, não foram encontrados modelos para formulação de programas de desenvolvimento baseados em DEMATEL, AHP, ANP, *Fuzzy* NGT, *Fuzzy* VIKOR, *Fuzzy*

QFD, *Fuzzy DEMATEL*, *Graph theoretic approach*, *Fuzzy scoring*, *Performance value analysis*, *Grey system Fuzzy Weighted Average*, *Hesitant Fuzzy e Intuitionistic Fuzzy*. Verificou-se a ausência de modelos para avaliação de programas de desenvolvimento baseados em *Best Worst Method*, *Fuzzy TOPSIS*, *Fuzzy QFD*, *VIKOR*, *PROMETHEE*, *Fuzzy inference e Hesitant fuzzy*, *DEA* e *Fuzzy C-Means*. Há apenas um modelo baseado puramente em inteligência computacional, sendo que técnicas como redes neurais artificiais e sistemas de inferência neuro-*fuzzy* ainda não foram testadas no desenvolvimento de fornecedores. Também não foram detectados modelos baseados em técnicas estocásticas ou de simulação computacional. Constatou-se ainda a ausência de estudos comparativos que identifiquem as vantagens e limitações de uso de determinadas técnicas de decisão considerando as características e os requisitos dos problemas de formulação e avaliação de programas de desenvolvimento.

5. CONCLUSÕES

Este estudo analisou 23 estudos que propõem modelos quantitativos para apoiar a formulação e avaliação de programas de desenvolvimento de fornecedores. Os artigos foram caracterizados de acordo com 11 fatores. A maioria dos estudos foram publicados após 2013. Os resultados mostram que pouco mais da metade dos modelos são focados na formulação de programas de desenvolvimento de fornecedores. Constatou-se que a técnica DEA é mais utilizada, o que vai de encontro aos resultados obtidos por Glock et al. (2017). Identificou-se também a aplicação frequente de *Rough Set Theory*. Ainda assim, a abordagem *fuzzy* é a mais adotada para lidar com decisões sob incerteza. Quase metade dos estudos foram validados usando análise de sensibilidade. Verificou-se também a predominância de métricas relacionados a fatores ambientais, qualidade e capacidade. Após a avaliação dos fornecedores, as ações mais recomendadas estão relacionadas à melhoria da capacidade, transferência de conhecimento, redução de custos e melhoria da comunicação.

Os resultados deste estudo permitiram traçar um panorama do estudo da arte desse tema de pesquisa, complementando os estudos de revisão anteriores. As lacunas de pesquisa identificadas evidenciam a necessidade do desenvolvimento de novos modelos considerando elementos ainda pouco estudados. Os resultados apresentados também podem ser úteis para pesquisadores e gestores que desejem desenvolver ferramentas computacionais na área de tomada de decisão para o desenvolvimento de fornecedores.

Embora tenham sido adotados procedimentos sistematizados de pesquisa, é possível que alguns estudos não tenham sido incluídos na amostra. Logo, esta revisão pode ser complementada por novos estudos, os quais também podem considerar as bases de periódicos Springer e Taylor & Francis.

REFERÊNCIAS

- AHMED, M.; HENDRY, L. Supplier Development Literature Review and Key Future Research Areas. **Int. J. of Engineering and Technology Innovation**, v. 2, p. 293-303, 2012.
- AKMAN, G., Evaluating suppliers to include green supplier development programs via Fuzzy c-means and VIKOR methods, **Computers & Industrial Engineering**, v.86, p. 69-82, 2014.
- AMEGBE, H.; HANU, C. Sustainable management of existing suppliers: a perspective of selected firms in ghana. **Research in Logistics & production**, v.8, p.303-316, 2018.
- ARAZ, C.; OZKARAHAN, I. Supplier evaluation and management system for strategic sourcing based on a new multicriteria sorting procedure" **International Journal of Production Economics**. v.106, p. 585-606, 2007.

- ARROYO-LÓPEZ, P.; RAMOS-RANGEL, J. A methodological proposal to define supplier development programs. **Ingeniería, investigación y tecnología**, v.19, p.25-36, 2018.
- AWASTHI, A.; KANNAN, G. Green supplier development program selection using NGT and VIKOR under fuzzy environment. **Computers & Ind. Engineering**, v.91, p.100-108, 2016.
- BAI, C.; DHAVALÉ, D.; SARKIS, J. Complex investment decisions using rough set and fuzzy c-means: An example of investment in green supply chains. **European Journal of Operational Research**, v. 248, n. 2, p.507-521, 2016.
- BAI, C.; REZAEI, J.; SARKIS, J. Multicriteria Green Supplier Segmentation. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 64, n. 4, p. 515-528, 2017.
- BAI, C.; SARKIS, J. Evaluating supplier development programs with a grey based rough set methodology. **Expert Systems with Applications**, v. 38, p. 13505–13517, 2011.
- BAI, C.; SARKIS, J. Green supplier development: analytical evaluation using rough set theory. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, n. 12, p. 1200-1210, 2010.
- BRANDENBURG, M.; GOVINDAN, K.; SARKIS, J.; SEURING, S. Quantitative models for managing supply chain risks. **European J. of Operational Research**, v. 233, p.299–312, 2014.
- DALVI, M.; KANT, R. Benefits, criteria and activities of supplier development: a categorical literature review, **Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics**, v. 27, p. 653-675, 2015.
- DOU, Y.; ZHU, Q.; SARKIS, J. Evaluating green supplier development programs with a grey-analytical network process-based methodology. **European Journal of Operational Research**, v. 233, p. 420-431, 2013.
- DOU, Y.; ZHU, Q.; SARKIS, J. Integrating Strategic Carbon Management into Formal Evaluation of Environmental Supplier Development Programs. **Business Strategy and the Environment**, v.24, p.873– 891, 2014.
- FORKER, L.; MENDEZ, D. An analytical method for benchmarking best peer suppliers, **International Journal of Operations & Production Management**, v. 21, p.195 – 209, 2001.
- FU, X.; ZHU, Q.; SARKIS, J. Evaluating green supplier development programs at a telecommunications systems provider. **International Journal of Production Economics**, v. 140, n. 1, p. 357-367, 2012.
- 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.; SCANNELL, T.V.; CALANTONE, R. J. A structural analysis of the effectiveness of buying firms strategies to improve supplier performance. **Decision Sciences**, v. 31, n. 1, p. 33-55, 2000.
- KRAUSE, D.; ELLRAM, L. Success factors in supplier development. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 27, n. 1, p. 39-52, 1997.
- KUMAR, S.; ROUTROY, S. Analyzing a manufacturer's returns from supplier development programs. **Materials Today: Proceedings**, v. 4, p. 2255-2262, 2017a.
- KUMAR, S.; ROUTROY, S. Performance analysis of supplier development programs. **Benchmarking: An International Journal**, v. 24, n. 2, p. 488-510, 2017b.

- LI, W.; HUMPHREYS, P. YEUNG, A. CHENG, T. C. E. The impact of specific supplier development efforts on buyer competitive advantage: An empirical model. **International Journal of Production Economics**, v. 106, p. 230-247, 2007.
- LI, W.; HUMPHREYS, P.; YEUNG, A. CHENG, T. C. E. The impact of supplier development on buyer competitive advantage: A path analytic model. **International Journal of Production Economics**, v. 135, p. 353-366, 2012.
- LIKER, J.; CHOI T. Building deep supplier relationships' **Harvard Business Review**. v. 82, n. 12, p. 104-113, 2004.
- LIMA-JUNIOR, F. R.; CARPINETTI, L. C. R. Combining SCOR® model and fuzzy TOPSIS for supplier evaluation and management. **International Journal of Production Economics**, v. 174, p. 128-141, 2016.
- LIMA-JUNIOR; F. R. CARPINETTI, L. C. R. Quantitative models for supply chain performance evaluation: A literature review. **Computers & Industrial Engineering**, v.113, p. 333-346, 2017.
- LIU, J.; DING, F.; LALL, V. Using data envelopment analysis to compare suppliers for supplier selection and performance improvement. **Supply Chain Management: An International Journal**, v.5, n. 3, p.143-150, 2000.
- MEISEL, F.; GLOCK, C. H. Self-induced learning vs. project-based supplier development for production ramp-up with two supply options, **International Journal of Production Economics**, v.198, p.60-69, 2018.
- MODI, S.; MABERT, V. Supplier development: Improving supplier performance through knowledge transfer. **Journal of Operations Management**, v. 25, p. 42–64, 2007.
- NOORIZADEH, A.; RASHIDI, K.; PELTOKORPI, A. Categorizing suppliers for development investments in construction: application of DEA and RFM concept. **Construction Management and Economics**, v.36, p.487-506, 2018
- RAJPUT, A.; BAKAR, A. H. A. Elements, Benefits, & Issues of Supplier Development Contextualizing Multiple Industries. **Journal of Basic and Applied Scientific Research**, v. 2, p. 11186-11195, 2012.
- REZAEI, J.; ORTT, R. Supplier segmentation using fuzzy logic, **Industrial Marketing Management**, v.42, n. 4, p. 507-517, 2013.
- REZAEI, J.; WANG, J.; TAVASSZY, L. Linking supplier development to supplier segmentation using Best Worst Method. **Expert Systems with Applications**, v. 42, n. 23, 2015.
- ROUTROY, S.; PRADHAN, S. Analyzing the performance of supplier development: a case study. **Int. J. of Productivity and Performance Management**, v. 63, p.209-233, 2014
- ROUTROY, S.; PRADHAN, S. K.; KUMAR, S. Evaluating the implementation performance of a supplier development program. **Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics**, v. 28, p. 663-682, 2016.
- TALLURI, S.; NARASIMHAN, R. A methodology for strategic sourcing, **European Journal of Operational Research**, v.154, p.236-250, 2004.
- WAGNER, S. Supplier development and the relationship life-cycle, **International Journal of Production Economics**, v. 129 n. 2, p. 277-283, 2011.

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, p. 1412–1442, 2015.