

APLICAÇÃO DE FTOPSIS-CLASS PARA CLASSIFICAÇÃO DA MATURIDADE DA GESTÃO DE RISCO EM CADEIAS DE SUPRIMENTOS

Ingrid Saiala Cavalcante de Souza Feitosa

Universidade de São Paulo

Av. Trab. São Carlsense, 400 - Parque Arnold Schmidt, 13566-590, São Carlos - SP

i.saiala@hotmail.com

Luiz Cesar Ribeiro Carpinetti

Universidade de São Paulo

Av. Trab. São Carlsense, 400 - Parque Arnold Schmidt, 13566-590, São Carlos - SP

carpinet@sc.usp.br

Adiel Teixeira de Almeida Filho

Centro de Informática, Universidade Federal de Pernambuco

Av. Jornalista Aníbal Fernandes, s/n, Cidade Universitária, 50.740-560 – Recife - PE

adielfilho@cin.ufpe.br

RESUMO

Este trabalho apresenta uma aplicação do método FTOPSIS-Class para avaliação de maturidade do gerenciamento de risco na cadeia de suprimentos. Há um amplo volume de publicações referentes à gestão de cadeias de suprimento e gerenciamento de riscos na literatura, entretanto, não se identificou aplicação de MCDA em modelo de maturidade que enfocasse a gestão dos riscos nessa cadeia. O modelo proposto foi aplicado em indústrias do APL Têxtil do Agreste de Pernambuco, estrutura determinante para a economia dessa região e que se encontra em evolução, expandindo do mercado regional, para atender aos mercados nacional e internacional. O modelo de maturidade trabalhado possui quatro níveis de maturidade, avaliados segundo critérios nas dimensões Riscos Gerenciados, Processo de Gestão de Risco e Suporte Organizacional. A aplicação demonstrou que o modelo fornece resultados consistentes quanto à avaliação das organizações. Ressalta-se seu ineditismo e a possibilidade de aplicação do modelo nos mais diversos setores.

PALAVRAS CHAVE. Gerenciamento de Risco na Cadeia de Suprimento. Maturidade. FTOPSIS-Class.

Tópicos. PO na Administração e Gestão da Produção.

ABSTRACT

This paper presents the application of the method FTOPSIS-Class to assess supply chain risk management maturity. Despite the large volume of publications regarding the management of supply chains and risk management, it was not identified in the literature an application of MCDA in maturity models that focused on risk management in this chain. The proposed model has been applied within the local production cluster of textile industries of Pernambuco. This cluster is the most influential structure for the economy of that region and it is evolving, expanding from the regional market, to serve the national and international markets. The structured maturity model has four levels of maturity, evaluated according to criteria in the Risks Managed, Risk Management Process and Organizational Support dimensions. Its application has proved that the model provides consistent results regarding the assessment of organizations. Its novelty is highlighted and the possibility of its application in the most diverse sectors.

KEYWORDS. Supply Chain Risk Management. Maturity. FTOPSIS-Class.

Paper topics. OR in Administration and Production Management.

1. Introdução

Os riscos presentes em uma cadeia de suprimento, à nível micro ou macro, podem trazer efeitos adversos nas mais variadas parcelas da cadeia, levando, por exemplo, a falhas de nível operacional, tático ou estratégico [Ho et al. 2015]. A gestão das organizações precisa estar apta a gerenciar os fatores que põem em risco o alcance de seus objetivos, o que se apresenta de forma desafiadora nas cadeias de suprimento, em que os fluxos de informação, material e financeiro extrapolam limites organizacionais e, muitas vezes, fronteiras nacionais. É um ambiente complexo que exige atitudes proativas dos gestores para que se evite a perda de valor dos negócios, identificando-se alternativas de ação antes ou durante a ocorrência de mudanças nos fluxos normais na sua cadeia de suprimentos e ambiente [Heckmann et al. 2015].

Avaliar o gerenciamento de risco de organizações integrantes de cadeias de suprimentos, identificando o nível de maturidade em que essa gestão se encontra, possibilita direcionar decisões sobre quais práticas de gerenciamento de risco e melhorias devem ser priorizadas e onde aplicá-las. O nível de maturidade em que uma organização se encontra está relacionado à sua integração e coordenação, refletindo no seu desempenho e na gestão dos riscos. A utilização de modelos de maturidade é valiosa para uma gestão de desempenho eficiente e eficaz nas organizações e seu emprego promove maiores níveis de aprendizado organizacional, fazendo com que a gestão seja mais crítica sobre suas práticas [Bititci et al. 2015].

Classificar organizações em determinado nível de maturidade, segundo algum modelo, pode ser tratado como um problema de classificação multicritério. Nessa situação, os múltiplos objetivos avaliados são a presença e grau de alcance de atributos que determinam a categorização em um certo nível de maturidade. Assim, é possível empregar um método multicritério de apoio à decisão (*Multicriteria Decision Aid Method* – MCDA). Na problemática de classificação, se atribui cada alternativa, ou ação, a exatamente uma das categorias predefinidas que direcionam a decisão e que devem possuir uma definição intrínseca, ou seja, que não se refere às outras categorias [Roy 1996].

A partir do exposto, este artigo apresenta uma proposta de aplicação do método FTOPSIS-Class [Ferreira et al. 2018] para a classificação das organizações quanto à maturidade em gestão de riscos da cadeia de suprimentos (GRCS). O modelo de maturidade empregado nessa aplicação foi construído em [Feitosa 2019] considerando modelos de maturidade para cadeia de suprimentos isolados e de gestão de risco e as diretrizes propostas pela NBR ISO 31000:2018 – Gestão de Riscos [ABNT 2018]. Nesse contexto, o método FTOPSIS-Class foi escolhido pois atende a problemática descrita e se destacou pela clareza de sua lógica e emprego de variáveis linguísticas e números *fuzzy*, permitindo captar imprecisões do julgamento humano na avaliação dos critérios e alternativas. Outros métodos MCDA de classificação poderiam ser aplicados, tais como o ELECTRE TRI e FlowSort, inspirado no PROMETHEE com as devidas considerações, no entanto optou-se pelo FTOPSIS-Class por permitir de forma clara e intuitiva a noção de distância com escala verbal. O emprego de método MCDA para classificação das organizações nos níveis de maturidade de um modelo se destaca por ser uma abordagem que até então não havia sido utilizada na avaliação em modelos de maturidade.

Dessa forma, ressalta-se o valor da contribuição do modelo proposto por sua inovação e foco em área de relevância e crescente complexidade, o gerenciamento de riscos, para as organizações. Considerando o exposto, o modelo foi desenvolvido de forma a possibilitar sua replicação em diversos setores produtivos. A aplicação real apresentada deu-se em organizações do Arranjo Produtivo Local de Confecções (ou têxtil) (APL) localizado na região Agreste do estado de Pernambuco, dado o grande valor desse tipo de estrutura para o país. Segundo último recenseamento de 2015, o Brasil conta com 677 Arranjos Produtivos Locais (APL), responsáveis pela geração de 3.051.244 empregos diretos (BRASIL, 2018).

2. Modelos de Maturidade e seu uso no contexto de Cadeias de Suprimento

O surgimento dos Modelos de Maturidade deu-se a partir das áreas de Gestão da Qualidade, com [Crosby 1979], e de desenvolvimento de softwares, com o *Capability Maturity Model* (CMM) do *Software Engineering Institute* (SEI), que teve sua primeira versão apresentada e utilizada por desenvolvedores de software durante os anos de 1991 e 1992 [Paulk et al. 1993]. A ideia principal presente em modelos de maturidade é a noção de evolução, a passagem através de um número de estados intermediários no caminho para se atingir a maturidade [Lahti et al. 2009]. Esses modelos caracterizam-se pela presença de diferentes níveis, geralmente de três a seis, nos quais uma organização, ou departamento, alvo de avaliação poderá ser identificada. Maturidade numa cadeia de suprimentos implica em processos bem estruturados, que progridem em direção ao alcance dos objetivos organizacionais [Lahti et al. 2009]. A literatura apresenta, desde [Stevens 1989], pioneiro nos modelos de maturidade com foco na cadeia de suprimentos, diferentes formatos e abordagens desses modelos [Lahti et al. 2009; Reyes e Giachetti 2010; Ayers e Malmberg 2002; Lockamy e McCormack 2004; Zhao et al. 2006].

Realizou-se uma pesquisa bibliográfica na literatura objetivando acessar a produção científica referente ao GRCS e identificar a presença de modelos de maturidade para GRCS. Considerou-se publicações dentro do intervalo de 1998 a 2018, as bases de dados *Scopus* e *Web of Science* – coleção principal (*Clarivate Analytics*), publicações em língua inglesa e apenas artigos publicados em *journals*. As palavras-chave empregadas foram *supply chain*, *risk*, *risk management*, *risk assessment*, *Enterprise Risk Management*, *uncertainty*, *maturity* e *maturity model*. Observou-se que há considerável produção científica na área de cadeias de suprimentos, sua gestão e de gerenciamento de risco, com publicações com as mais variadas abordagens referentes a essa cadeia [Hanebeck e Tracey 2003; Lockamy III et al. 2008; Fawcett et al. 2012; Hoffmann et al. 2013; Okongwu et al. 2013; Broft et al. 2016; Böhme et al. 2016; MacCarthy et al. 2016; Ward et al. 2018]. Entretanto, não se identificou na literatura consultada modelo de maturidade que avalie o gerenciamento de risco na cadeia de suprimentos e envolvendo método MCDA para a problemática de classificação.

Dentre as técnicas empregadas tem-se, por exemplo, a avaliação do nível de maturidade através de técnicas estatísticas multivariadas, como análise fatorial, análise de cluster e regressão logística multinomial [Oliva 2016] e a aplicação de modelo *fuzzy* para cálculo de índice de maturidade com base em critérios relevantes e melhores práticas [Zhao et al. 2013]. [Fawcett et al. 2012] tratam da confiança na cadeia de suprimentos, para inovação colaborativa, propondo um modelo de maturidade para compreensão dos diferentes níveis de confiança. [Böhme et al. 2016] avaliam a maturidade de cadeia de suprimentos no setor hospitalar público, com o objetivo de melhorar a confiabilidade dos fluxos de valor. A abordagem de [MacCarthy et al. 2016] apresenta a maturidade como estágios do ciclo de vida, e a introdução de inovação na cadeia de suprimentos é o contexto do trabalho de [Ward et al. 2018], propondo um framework de maturidade de três dimensões: maturidade tecnológica, maturidade da cadeia de suprimentos e maturidade do produto. Porém, nenhum desenvolvimento que empregue MCDA como apresentado aqui foi identificado.

3. *Fuzzy Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution* (FTOPSIS) para Classificação – FTOPSIS-Class

A seleção de um método MCDA apropriado, ou de uma combinação de métodos, depende do contexto em que o processo decisório está inserido [Greene et al. 2011] e deve considerar fatores como a disponibilidade de informações requeridas e o grau de precisão destas, a racionalidade, que pode ser compensatória ou não compensatória, a estrutura de preferências do decisor e a problemática em questão [Roy e Słowiński 2013]. O método FTOPSIS-Class, proposto por [Ferreira et al. 2018] como um método *fuzzy* de apoio à decisão multicritério para a problemática de classificação, foi empregado nesse modelo devido à sua adequação à problemática em

consideração e à racionalidade compensatória e à possibilidade de utilização de variáveis linguísticas, traduzidas em números *fuzzy*. Além desses fatores, o método possui lógica de simples compreensão e implementação computacional.

O algoritmo para o método FTOPSIS-Class [Ferreira et al. 2018] é apresentado no Quadro 1. Os passos de 1 a 4 seguem os mesmos procedimentos do método FTOPSIS [Chen 2000] em que o FTOPSIS-Class tem suas raízes.

Algoritmo FTOPSIS-Class (Ferreira et al. 2018)

Passo 1: Estruturar o modelo de decisão, com a identificação do decisor, conjunto de critérios e alternativas.

Passo 2: Definir as variáveis linguísticas que serão utilizadas para avaliar os pesos dos critérios e para medir a classificação das alternativas nos critérios.

Passo 3: Construir a matriz de decisão normalizada $\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n}$ de acordo com:

$$\tilde{r}_{ij} = \begin{cases} \left(\frac{a_{ij}}{d_j^*}, \frac{b_{ij}}{d_j^*}, \frac{c_{ij}}{d_j^*}, \frac{d_{ij}}{d_j^*} \right) & \text{se } j \in B, \text{ onde } B \text{ representa critérios associados a} \\ & \text{benefícios, e } d_j^* = \max_i d_{ij} \\ \left(\frac{a_j^-}{d_{ij}^-}, \frac{a_j^-}{c_{ij}^-}, \frac{a_j^-}{b_{ij}^-}, \frac{a_j^-}{a_{ij}^-} \right) & \text{se } j \in C, \text{ onde } C \text{ representa critérios associados a} \\ & \text{custo, e } a_j^- = \min_i a_{ij} \end{cases}$$

Passo 4: Construir a matriz de decisão *fuzzy* ponderada normalizada $\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n}$ a partir de $\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]$ e $\tilde{W} = [\tilde{w}_j]$ onde $\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \otimes \tilde{w}_j$.

Passo 5: Determinar para cada classe p :

Passo 5.1: A solução positiva ideal para a classe p como $\tilde{A}_p^* = [\tilde{v}_{p1}^*, \tilde{v}_{p2}^*, \dots, \tilde{v}_{pn}^*]$, onde $\tilde{v}_{pj}^* = \tilde{q}_{pj}$, com o objetivo de maximizar a adequação da alternativa i em relação à categoria p , minimizando a distância entre $\tilde{A}_q^*$ e os valores de referência de cada categoria.

Passo 5.2: A solução negativa ideal para a classe p como $\tilde{A}_p^- = [\tilde{v}_{p1}^-, \tilde{v}_{p2}^-, \dots, \tilde{v}_{pn}^-]$, onde $\tilde{v}_{p'j}^-$ são os valores da classe p' mais distante de p , e a distância a ser maximizada.

Passo 6: Calcular as distâncias de cada alternativa i em relação à cada classe p da seguinte forma:

$$\begin{aligned} \tilde{d}_i^{p*} &= \sum_{j=1}^n \delta(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_{pj}^*), \quad i = 1, 2, \dots, m \\ \tilde{d}_i^{p-} &= \sum_{j=1}^n \delta(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_{pj}^-), \quad i = 1, 2, \dots, m \end{aligned}$$

Passo 7: Calcular o coeficiente de proximidade CC_i^p para cada alternativa i em relação a cada perfil p como:

$$CC_i^p = \frac{\tilde{d}_i^{p-}}{\tilde{d}_i^{p*} + \tilde{d}_i^{p-}} \quad i = 1, 2, \dots, m.$$

Passo 8 (sorting): Para cada alternativa i , determinar sua classe $p_i^* = \operatorname{argmax}_{p \in P} \{CC_i^p\}$, ou seja, p_i^* é a classe com o maior valor de CC_i^p para a alternativa i .

Quadro 1. Algoritmo método FTOPSIS-Class. Fonte: Os Autores (2019)

4. Modelo MCDA para classificação de organizações em níveis de maturidade no GRCS

O Modelo de Maturidade para GRCS [Feitosa 2019] adotado na aplicação apresentada aqui é constituído de quatro níveis que são definidos considerando-se três dimensões: Riscos Gerenciados, Gestão de Risco e Suporte Organizacional. Cada uma dessas dimensões desdobra-se em critérios e subcritérios que permitem a avaliação do grau de maturidade de uma organização integrante de cadeia de suprimentos quanto ao gerenciamento de riscos nessa cadeia. Os critérios e subcritérios considerados para cada dimensão são apresentados no Quadro 2.

Dimensões	Critérios	Subcritérios
1. Riscos Gerenciados	Riscos de demanda (C11)	
	Riscos de Produção (C12)	
	Riscos de Fornecimento (C13)	
	Riscos Financeiros (C14)	
	Riscos de Informação (C15)	
	Riscos de Transporte (C16)	
	Riscos de Interrupção (Macro-Riscos) (C17)	
2. Processo de gestão de Risco	Identificação (C2)	
	Avaliação (C3) –	Matriz Severidade (<i>impacto x probabilidade</i>) (C31)
		Ferramentas de Avaliação (C32)
		Priorização dos riscos avaliados (C33)
	Resposta e Mitigação (C4)	
	Monitoramento (C5) –	Uso de atributos/métricas de desempenho (C51)
3. Suporte Organizacional		Relatórios de monitoramento (C52)
	Comunicação (C61)	
	Comprometimento da alta direção (C62)	
	Cultura organizacional (C63)	
	Recursos (C64)	
	Melhoria Contínua (C65)	
	Integração (C66)	

Quadro 2. Critérios e subcritérios para cada dimensão avaliada no modelo. Fonte: Os Autores (2019)

A avaliação desses critérios, bem como a ponderação dos pesos, deu-se pelo emprego de variáveis linguísticas expressas de forma quantitativa através de números *fuzzy*. Essas variáveis linguísticas e seus números *fuzzy* correspondentes foram determinadas segundo uma escala Likert de cinco pontos [Likert 1932], sendo cada ponto representado por uma variável linguística. A Tabela 1 a seguir traz a descrição dessas variáveis linguísticas junto aos respectivos números *fuzzy* trapezoidais para avaliação das alternativas e pesos dos critérios.

<i>Classificação</i>		<i>Número Fuzzy Trapezoidal</i>				<i>Peso</i>		<i>Número Fuzzy Trapezoidal</i>			
Nenhum (N)	Não se aplica (NS)	0	0	0,1	0,2	Pouco (P)	0	0	0,1	0,2	
Pouco (P)	Pouco Aplicável (PA)	0,1	0,2	0,3	0,4	Moderado (M)	0,1	0,2	0,3	0,4	
Moderado (M)	Aplicação Moderada (AM)	0,3	0,4	0,5	0,6	Importante (I)	0,3	0,4	0,5	0,6	
Elevado (E)	Ampla Aplicação (AA)	0,5	0,6	0,7	0,8	Muito importante (MI)	0,5	0,6	0,7	0,8	
Integral/Total (I)	Aplicação total (AT)	0,7	0,8	0,9	1	Extremamente importante (EI)	0,7	0,8	0,9	1	

Tabela 1. Variáveis linguísticas. Fonte: Os Autores (2019)

Na modelagem para o método FTOPSIS-Class, os níveis do modelo de maturidade, categorias ou classes em que as organizações são classificadas, possuem um perfil que indica, para cada critério considerado, a avaliação mínima que uma alternativa deve ter para que se considere que essa se encontra naquele dado nível para o atributo avaliado. Essas avaliações determinarão as soluções ideais no FTOPSIS-Class como descrito no passo 5 do método apresentado no Quadro 1. Os perfis, avaliações dos critérios considerados para cada nível do modelo de maturidade, são apresentados na Tabela 2 a seguir.

<i>Maturidade no GRCS</i>	<i>Crítérios</i>																			
	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C2	C31	C32	C33	C4	C51	C52	C61	C62	C63	C64	C65	C66
Nível 1	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Nível 2	M	M	M	P	P	P	P	P	M	P	P	P	N	N	P	P	P	P	P	P
Nível 3	M	M	M	M	M	M	P	M	M	M	P	M	P	P	M	M	M	M	P	P
Nível 4	E	E	E	M	M	M	M	E	E	E	M	E	M	M	E	E	M	M	M	M

Tabela 2. Avaliação dos critérios para cada nível do modelo de maturidade. Fonte: Os Autores (2019)

4.1 Aplicação do modelo de maturidade para GRCS

O modelo empregado nesse trabalho pode ser utilizado por organizações de diversos setores, entretanto a aplicação apresentada enfocou o APL de confecções localizado na região Agreste do estado de Pernambuco. Esse APL é de grande importância econômica para a região e encontra-se em evolução, para ampliar o alcance do mercado nacional e expandir para mercados internacionais. As particularidades típicas do setor de vestuário, como os elevados níveis de competitividade do mercado de moda, a busca constante por novas tendências e diferenciação e produtos com ciclo de vida reduzido [Ngai et al. 2014] trazem complexidade à gestão da cadeia de suprimentos e a tornam ainda mais desafiadora.

Nesse cenário, é de grande relevância avaliar o gerenciamento de risco de organizações integrantes dessa cadeia de suprimentos. Ainda, a consolidação de um APL estabelece um importante instrumento para o desenvolvimento regional, através, por exemplo, do desenvolvimento de vocações microrregionais, agregação de valor aos produtos, diversificação da

base produtiva, integração do espaço econômico da região [Costa 2010]. Determinar o nível de maturidade do GRCS permite compreender o grau de desenvolvimento dos processos de gerenciamento de risco nas organizações e direcionar com maior clareza as ações para melhoria desses.

As organizações integrantes do APL de confecções de Pernambuco participantes dessa aplicação estão localizadas na cidade de Caruaru e de Santa Cruz do Capibaribe, duas das três principais cidades do APL e que formam, junto com a cidade de Toritama, seu núcleo inicial. As três cidades são os maiores produtores e centros de comercialização de confecção, respondendo por 76% do pessoal ocupado na produção de peças de vestuário [SEBRAE 2013] e por 59% dessa produção no estado, o que corresponde a um volume de 143,058 milhões de peças [IEMI 2017]. Quatro organizações de diferentes segmentos de vestuário participaram da pesquisa: segmento de moda casual feminina e masculina, de moda íntima, de roupas esportivas e de roupas profissionais (fardamentos). As organizações participantes da pesquisa possuem entre 50 e 200 funcionários, qualificando-as como empresas de pequeno e médio porte, segundo o critério de classificação do SEBRAE para indústria [SEBRAE 2013]. Elas possuem um mínimo de 15 anos de atuação em seu segmento e um máximo de 29 anos, indicando que são organizações experientes no setor confeccionistas e estabelecidas no segmento em que atuam.

Aplicou-se um questionário junto a essas organizações em que se avaliou cada critério através da escala de cinco pontos apresentada anteriormente. A partir desse mesmo instrumento de pesquisa simulou-se ainda a avaliação de quatro alternativas, A1, A2, A7 e A8, possíveis respostas de organizações em diferentes níveis de maturidade, totalizando oito alternativas a serem classificadas. Ao constatar a alocação de alternativas simuladas, cuja classificação era previamente definida, nos níveis já esperados, pode-se verificar o adequado funcionamento do modelo.

A Tabela 3 traz a matriz de decisão *fuzzy* obtida através das respostas ao questionário, onde se tem a avaliação de cada alternativa, organização A_i , para cada critério j considerado.

C11					C12				C13				C14			
A1	0,0714	0,1429	0,2429	0,3429	0,1200	0,2000	0,3000	0,4000	0,0625	0,1250	0,2250	0,3250	0,0286	0,0571	0,1571	0,2571
A2	0,7000	0,8000	0,9000	1,0000	0,7000	0,8000	0,9000	1,0000	0,7000	0,8000	0,9000	1,0000	0,6714	0,7714	0,8714	0,9714
A3	0,1000	0,1714	0,2714	0,3714	0,2700	0,3600	0,4600	0,5600	0,3250	0,4250	0,5250	0,6250	0,2571	0,3429	0,4429	0,5429
A4	0,5286	0,6286	0,7286	0,8286	0,4800	0,5800	0,6800	0,7800	0,2750	0,3750	0,4750	0,5750	0,2429	0,3429	0,4429	0,5429
A5	0,2714	0,3714	0,4714	0,5714	0,4000	0,5000	0,6000	0,7000	0,2750	0,3750	0,4750	0,5750	0,4429	0,5429	0,6429	0,7429
A6	0,2000	0,2857	0,3857	0,4857	0,4200	0,5200	0,6200	0,7200	0,3500	0,4500	0,5500	0,6500	0,4143	0,5143	0,6143	0,7143
A7	0,5857	0,6857	0,7857	0,8857	0,6200	0,7200	0,8200	0,9200	0,6500	0,7500	0,8500	0,9500	0,5286	0,6286	0,7286	0,8286
A8	0,3286	0,4286	0,5286	0,6286	0,2800	0,3800	0,4800	0,5800	0,4250	0,5250	0,6250	0,7250	0,1571	0,2571	0,3571	0,4571
C15					C16				C17				C2			
A1	0,0400	0,0800	0,1800	0,2800	0,0800	0,1600	0,2600	0,3600	0,0000	0,0000	0,1000	0,2000	0,0383	0,0767	0,1767	0,2767
A2	0,7000	0,8000	0,9000	1,0000	0,7000	0,8000	0,9000	1,0000	0,5889	0,6889	0,7889	0,8889	0,5467	0,6467	0,7467	0,8467
A3	0,2600	0,3600	0,4600	0,5600	0,3400	0,4400	0,5400	0,6400	0,3111	0,4000	0,5000	0,6000	0,0383	0,0600	0,1600	0,2600
A4	0,1200	0,2000	0,3000	0,4000	0,2800	0,3600	0,4600	0,5600	0,2000	0,2889	0,3889	0,4889	0,0833	0,1333	0,2333	0,3333
A5	0,6200	0,7200	0,8200	0,9200	0,3800	0,4800	0,5800	0,6800	0,3444	0,4444	0,5444	0,6444	0,1733	0,2533	0,3533	0,4533
A6	0,4200	0,5200	0,6200	0,7200	0,3400	0,4400	0,5400	0,6400	0,2111	0,2667	0,3667	0,4667	0,1450	0,2033	0,3033	0,4033
A7	0,5800	0,6800	0,7800	0,8800	0,6600	0,7600	0,8600	0,9600	0,3000	0,4000	0,5000	0,6000	0,5200	0,6167	0,7167	0,8167
A8	0,1800	0,2800	0,3800	0,4800	0,3400	0,4400	0,5400	0,6400	0,1222	0,2222	0,3222	0,4222	0,2450	0,3033	0,4033	0,5033
C31					C32				C33				C4			
A1	0,0000	0,0000	0,1000	0,2000	0,0200	0,0400	0,1400	0,2400	0,0000	0,0000	0,1000	0,2000	0,0000	0,0000	0,1000	0,2000
A2	0,7000	0,8000	0,9000	1,0000	0,5067	0,6067	0,7067	0,8067	0,7000	0,8000	0,9000	1,0000	0,5743	0,6600	0,7600	0,8600
A3	0,6000	0,6857	0,7857	0,8857	0,0867	0,1200	0,2200	0,3200	0,3000	0,4000	0,5000	0,6000	0,1286	0,1829	0,2829	0,3829
A4	0,2000	0,2286	0,3286	0,4286	0,0900	0,1267	0,2267	0,3267	0,3000	0,4000	0,5000	0,6000	0,2383	0,3033	0,4033	0,5033
A5	0,7000	0,8000	0,9000	1,0000	0,1033	0,1400	0,2400	0,3400	0,3000	0,4000	0,5000	0,6000	0,3594	0,4384	0,5384	0,6384
A6	0,3000	0,3429	0,4429	0,5429	0,0800	0,1133	0,2133	0,3133	0,3000	0,4000	0,5000	0,6000	0,2139	0,2856	0,3856	0,4856
A7	0,7000	0,8000	0,9000	1,0000	0,2400	0,2867	0,3867	0,4867	0,5000	0,6000	0,7000	0,8000	0,4627	0,5627	0,6627	0,7627
A8	0,6000	0,6857	0,7857	0,8857	0,1200	0,1533	0,2533	0,3533	0,1000	0,2000	0,3000	0,4000	0,1633	0,2324	0,3324	0,4324
C51					C52				C61				C62			
A1	0,0600	0,1200	0,2200	0,3200	0,0000	0,0000	0,1000	0,2000	0,1000	0,2000	0,3000	0,4000	0,1000	0,2000	0,3000	0,4000
A2	0,7000	0,8000	0,9000	1,0000	0,7000	0,8000	0,9000	1,0000	0,7000	0,8000	0,9000	1,0000	0,7000	0,8000	0,9000	1,0000
A3	0,0000	0,0000	0,1000	0,2000	0,0000	0,0000	0,1000	0,2000	0,1000	0,2000	0,3000	0,4000	0,1000	0,2000	0,3000	0,4000
A4	0,3800	0,4800	0,5800	0,6800	0,6000	0,6857	0,7857	0,8857	0,3000	0,4000	0,5000	0,6000	0,5000	0,6000	0,7000	0,8000
A5	0,5000	0,6000	0,7000	0,8000	0,1000	0,1143	0,2143	0,3143	0,3000	0,4000	0,5000	0,6000	0,3000	0,4000	0,5000	0,6000
A6	0,4200	0,5200	0,6200	0,7200	0,7000	0,8000	0,9000	1,0000	0,1000	0,2000	0,3000	0,4000	0,3000	0,4000	0,5000	0,6000
A7	0,6200	0,7200	0,8200	0,9200	0,7000	0,8000	0,9000	1,0000	0,5000	0,6000	0,7000	0,8000	0,5000	0,6000	0,7000	0,8000
A8	0,1800	0,2800	0,3800	0,4800	0,4000	0,4571	0,5571	0,6571	0,5000	0,6000	0,7000	0,8000	0,5000	0,6000	0,7000	0,8000
C63					C64				C65				C66			
A1	0,0000	0,0000	0,1000	0,2000	0,0000	0,0000	0,1000	0,2000	0,0000	0,0000	0,1000	0,2000	0,0000	0,0000	0,1000	0,2000
A2	0,7000	0,8000	0,9000	1,0000	0,7000	0,8000	0,9000	1,0000	0,7000	0,8000	0,9000	1,0000	0,7000	0,8000	0,9000	1,0000
A3	0,3000	0,4000	0,5000	0,6000	0,5000	0,6000	0,7000	0,8000	0,0000	0,0000	0,1000	0,2000	0,3000	0,4000	0,5000	0,6000
A4	0,5000	0,6000	0,7000	0,8000	0,3000	0,4000	0,5000	0,6000	0,1000	0,2000	0,3000	0,4000	0,1000	0,2000	0,3000	0,4000
A5	0,3000	0,4000	0,5000	0,6000	0,5000	0,6000	0,7000	0,8000	0,3000	0,4000	0,5000	0,6000	0,1000	0,2000	0,3000	0,4000
A6	0,3000	0,4000	0,5000	0,6000	0,3000	0,4000	0,5000	0,6000	0,1000	0,2000	0,3000	0,4000	0,3000	0,4000	0,5000	0,6000
A7	0,7000	0,8000	0,9000	1,0000	0,7000	0,8000	0,9000	1,0000	0,5000	0,6000	0,7000	0,8000	0,3000	0,4000	0,5000	0,6000
A8	0,3000	0,4000	0,5000	0,6000	0,1000	0,2000	0,3000	0,4000	0,1000	0,2000	0,3000	0,4000	0,3000	0,4000	0,5000	0,6000

Tabela 3. Matriz de decisão fuzzy. Fonte: Os Autores (2019)

Para determinação dos pesos dos critérios, dado que o método empregado não propõe nem indica nenhum procedimento para elicitação desses valores, assumiu-se que todos os critérios possuam o mesmo grau de importância. O peso dos critérios foi representado pela avaliação ‘Muito Importante’, dessa forma, para cada critério j , $\tilde{w}_j = (0,5; 0,6; 0,7; 0,8)$. A matriz de decisão fuzzy, construída com as avaliações das alternativas para cada critério foi então normalizada. Como não há critérios referentes a custos, para a normalização de todos os critérios aplicou-se $\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{d_j^*}, \frac{b_{ij}}{d_j^*}, \frac{c_{ij}}{d_j^*}, \frac{d_{ij}}{d_j^*} \right)$, onde $d_j^* = \max_i d_{ij}$. E obteve-se a matriz de decisão fuzzy normalizada ponderada $\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n}$ através de $\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \otimes \tilde{w}_j$. Os valores obtidos dessa matriz foram utilizados para o cálculo das distâncias $\tilde{d}_i^{p*}$ e $\tilde{d}_i^{p-}$ das avaliações das alternativas em relação à Fuzzy Positive Ideal Solution (FPIS) e à Fuzzy Negative Ideal Solution (FNIS), respectivamente.

Calculou-se então o *Closeness Coefficient* CC_i^p para cada alternativa i em relação a cada classe/nível de maturidade p . Os valores de CC_i^p obtidos para cada alternativa são apresentados na Tabela 4.

Coeficiente de proximidade CC_i^p				
	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4
A1	0,9053	0,7013	0,1350	0,0947
A2	0,2079	0,3165	0,7422	0,7921
A3	0,6672	0,7618	0,4529	0,3328
A4	0,5721	0,7110	0,5541	0,4279
A5	0,5019	0,6692	0,6286	0,4981
A6	0,5631	0,8046	0,5624	0,4369
A7	0,2829	0,4466	0,7626	0,7171
A8	0,5871	0,7525	0,5734	0,4129

Tabela 4. Classificação das alternativas com os resultados do CC_i^p . Fonte: Os Autores (2019)

Observando a Tabela 4, onde os maiores valores de CC_i^p para cada organização estão destacados em negrito, a organização A1 encontra-se no Nível 1 de maturidade no GRCS, da mesma forma, A2 encontra-se no Nível 4, e assim por diante. A partir dos resultados obtidos das entradas simuladas, observou-se que o modelo opera de maneira satisfatória, classificando adequadamente as organizações nos níveis de maturidade do modelo elaborado. Essa afirmação é possível pois na simulação das entradas definiu-se que as respostas ao questionário para uma alternativa A indicariam uma maturidade em GRCS insipiente e para uma alternativa A' um nível elevado de maturidade, por exemplo.

Dessa forma, pode-se afirmar que os resultados obtidos para as alternativas reais, organizações integrantes do APL de confecções do Agreste, são coerentes. As organizações do APL foram classificadas no Nível 2 de maturidade de GRCS. Isso significa, de acordo com o estabelecido no modelo de maturidade base para essa aplicação [Feitosa 2019], que as organizações já buscam formas de atuar sobre os riscos a que estão sujeitas e já contam com a aplicação de algumas ferramentas para identificação e avaliação desses riscos. Há o emprego de estratégias e/ou práticas para responder aos riscos identificados, porém ainda em nível inicial em sua maior parte. Por fim, ainda não há registros organizados ou formas de monitoramento quanto à ocorrência dos riscos e efetividade do que é empregado em resposta a esses. Quanto aos aspectos de suporte organizacional percebe-se a preocupação e interesse dos gestores em identificar e gerenciar riscos, ainda que a cultura de gerenciamento de risco na organização como um todo e os processos para esse fim estejam em sua maioria em estado inicial.

Os resultados da classificação das organizações no Nível 2 de maturidade é considerado consistente também quando se considera as características do ambiente em que as organizações estão inseridas. Elas precisam lidar, por exemplo, com escassez de mão de obra qualificada, informalidade ainda presente em muitos empreendimentos e o preço elevado de matérias-primas, seguido pela falta dessas e sua pouca variedade, sendo muitas vezes necessário comprar de estados incorrendo em maiores custos, como valores de frete [SEBRAE 2013; IEMI 2017]. Esperava-se que as de maior experiência no mercado ou maior porte, destacassem-se pelo menos até o Nível 3, porém entende-se que a gestão dos riscos, ainda que determinante para o alcance do desempenho organizacional esperado, não estava entre as principais preocupações das organizações. Essa é uma questão que começa a entrar em foco na região somente agora pelo crescente interesse pela expansão no cenário nacional e na exportação, o que leva a maior preocupação com a garantia da qualidade, e os esforços para manter-se competitivo frente à concorrência, inclusive vinda de outros países, como os asiáticos.

5. Considerações Finais

O valor do trabalho desenvolvido deve ser ressaltado por seu ineditismo no emprego de método MCDA, o FTOPSIS-Class, em modelo de apoio à decisão para classificação de organizações em níveis de maturidade. A aplicação, em organizações do APL pernambucano e também com a presença de alternativas simuladas, demonstrou que o modelo de decisão elaborado fornece resultados consistentes, trazendo informações relevantes às organizações quanto à sua gestão de risco. No cenário em que estão inseridas, é de grande importância que as organizações sejam capazes de diagnosticar e reconhecer seu nível de maturidade em GRCS. Isso permitirá compreender as áreas e práticas que a organização precisa fortalecer ou mesmo começar a implementar

Ainda, os resultados são especialmente relevantes quando se leva em conta que o APL de confecções é responsável pelo desenvolvimento econômico de uma região, e principal fonte de emprego e renda para a população de cerca de 10 municípios. As informações trazidas poderão ser empregadas pela gerência e alta direção, por exemplo, em processos decisórios para seleção ou priorização de estratégias de gestão de risco. O auxílio à gerência na tomada de decisões mais coerentes com a realidade organizacional favorece a manutenção de seu posicionamento no mercado e possibilita formar bases organizacionais para o alcance de outros mercados, como já ambicionam e atuam algumas organizações do APL Agreste. Destaca-se que não apenas as organizações fabricantes, avaliadas na pesquisa, mas também outros integrantes da cadeia, além do poder público, podem utilizar-se desse tipo de avaliação.

Foi necessário assumir suposições com base na literatura e conhecimento dos analistas para os perfis dos níveis do modelo de classificação, assim como a opção por pesos iguais para todos os critérios, o que pode configurar limitações para o modelo, porém abre possibilidades de novos desenvolvimentos e melhoria. O que também é válido para o aperfeiçoamento do questionário empregado para captar as avaliações junto às organizações. O modelo, aplicado inicialmente nas organizações do APL Agreste, foi elaborado de forma que permite seu emprego por organizações de outros setores, o que amplia ainda as possibilidades de desenvolvimentos futuros.

Agradecimentos

Este trabalho foi apoiado pela FACEPE e parcialmente apoiado pelo CNPq.

Referências

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2018) NBR ISO 31000: Gestão de riscos — Diretrizes. 2 ed. ABNT, Rio de Janeiro.

Ayers, J. B, e Malmberg, D. M. (2002). “Supply Chain Systems: Are You Ready?” *Information Strategy: The Executive’s Journal*, 18–27.

Bititci, U. S., Garengo, P., Ates, A. e Nudurupati, S. S. (2015). “Value of Maturity Models in Performance Measurement.” *International Journal of Production Research* 53 (10): 3062–85. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.970709>.

Böhme, T, Williams, S. J., Childerhouse, P., Deakins, E e Towill, D. (2016). “Causes, Effects and Mitigation of Unreliable Healthcare Supplies.” *Production Planning and Control* 27 (4): 249–62.

BRASIL. Ministério da Indústria Comércio Exterior e Serviços. Arranjos Produtivos Locais - APL. 2018. Web page: <<http://www.mdic.gov.br/index.php/competitividade-industrial/arranjos-produtivos-locais>>. Acesso em: 21 set. 2018.

Broft, R., Badi, S. M. e Pryke, S. (2016). "Towards Supply Chain Maturity in Construction." *Built Environment Project and Asset Management* 6 (2): 187–204. <https://doi.org/10.1108/BEPAM-09-2014-0050>.

Chen, C. T. (2000). "Extensions of the TOPSIS for Group Decision-Making under Fuzzy Environment." *Fuzzy Sets and Systems* 114 (1): 1–9. [https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(97\)00377-1](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(97)00377-1).

Costa, E. J. M. da (2010). "Arranjos Produtivos Locais, Políticas Públicas e Desenvolvimento Regional," 1–405.

Crosby, P. B. (1979) *Quality is free: The art of making quality certain*. New American Library, New York.

Fawcett, S. E., Jones, S. L. e Fawcett, A. M. (2012). "Supply Chain Trust: The Catalyst for Collaborative Innovation." *Business Horizons* 55 (2): 163–78.

Feitosa, I.S.C. de S. (2019). "Modelo para Avaliação de Maturidade no Gerenciamento de Risco na Cadeia de Suprimentos: Uma Abordagem de Classificação Multicritério". Dissert. de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

Ferreira, L., Borenstein, D., Righi, M. B. e de Almeida Filho, A. T. (2018). "A Fuzzy Hybrid Integrated Framework for Portfolio Optimization in Private Banking." *Expert Systems with Applications* 92: 350–62.

Greene, R., Devillers, R., Luther, J. E. e Eddy, B. G. (2011). "GIS-Based Multiple-Criteria Decision Analysis." *Geography Compass* 5 (6): 412–32.

Hanebeck, H.-C.L., e Tracey, B. (2003). "The Role of Location in Supply Chain Management: How Mobile Communication Enables Supply Chain Best Practice and Allows Companies to Move to the next Level." *International Journal of Mobile Communications* 1 (1–2): 148–66.

Heckmann, I., Comes, T. e Nickel, S. (2015). "A Critical Review on Supply Chain Risk - Definition, Measure and Modeling." *Omega* (United Kingdom) 52: 119–32.

Ho, W., Zheng, T., Yildiz, H. e Talluri, S. (2015). "Supply Chain Risk Management: A Literature Review." *International Journal of Production Research* 53 (16): 5031–69.

Hoffmann, P., Schiele, H. e Krabbendam, K. (2013). "Uncertainty, Supply Risk Management and Their Impact on Performance." *Journal of Purchasing and Supply Management* 19 (3): 199–211.

Inteligência de Mercado – IEMI. (2017). "Estudo da Competitividade dos Setores Têxtil e Confeccionista no Estado de Pernambuco." São Paulo.

Lahti, M., Shamsuzzoha, A.H.M. e Helo, P. 2009. "Developing a Maturity Model for Supply Chain Management." *International Journal of Logistics Systems and Management* 5 (6): 654.

Likert, R. 1932. "A Technique for the Measurement of Attitudes." *Archives of Psychology* 22 140: 55.

Lockamy, A., e McCormack, K. (2004). “The Development of a Supply Chain Management Process Maturity Model Using the Concepts of Business Process Orientation.” *Supply Chain Management: An International Journal* 9 (4): 272–78.

Lockamy III, A., Childerhouse, P., Disney, S. M., Towill, D. R. e McCormack, K. (2008). “The Impact of Process Maturity and Uncertainty on Supply Chain Performance: An Empirical Study.” *International Journal of Manufacturing Technology and Management* 15 (1): 12–27.

MacCarthy, B., Blome, L., Olhager, J., Srai, J. S. e Zhao, X. (2016). “Supply Chain Evolution – Theory, Concepts and Science.” *International Journal of Operations and Production Management* 36 (12): 1696–1718.

Ngai, E. W. T., Peng, S. Alexander, P. e Moon, K. K. L. (2014). “Decision Support and Intelligent Systems in the Textile and Apparel Supply Chain: An Academic Review of Research Articles.” *Expert Systems with Applications* 41 (1): 81–91.

Oliva, F. L. (2016). A maturity model for enterprise risk management. *International Journal of Production Economics*, v. 173, p. 66–79.

Okongwu, U., Morimoto, R. e Lauras, M. (2013). “The Maturity of Supply Chain Sustainability Disclosure from a Continuous Improvement Perspective.” *International Journal of Productivity and Performance Management* 62 (8): 827–55.

Paulk, M. C., Curtis, B., Chrissis, M. B. e Weber, C. V. (1993). “Capability Maturity Model SM for Software, Version 1.1.”

Reyes, G. H. e Giachetti, R. (2010). “Using Experts to Develop a Supply Chain Maturity Model in Mexico.” *Supply Chain Management: An International Journal* 15 (6): 415–24.

Roy, B., e Słowiński, R. (2013). “Questions Guiding the Choice of a Multicriteria Decision Aiding Method.” *EURO Journal on Decision Processes* 1 (1–2): 69–97.

Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE (2013). “Anuário Do Trabalho Na Micro E Pequena Empresa (2013).” São Paulo. Web Page: < [http://www.sebrae.com.br/Sebrae/PortalSebrae/Anexos/Anuario do Trabalho Na Micro e Pequena Empresa_2013.pdf](http://www.sebrae.com.br/Sebrae/PortalSebrae/Anexos/Anuario%20do%20Trabalho%20Na%20Micro%20e%20Pequena%20Empresa_2013.pdf). > Acesso em: nov.2018.

Stevens, G. C. (1989). “Integrating the Supply Chain. International.” *Journal of Physical Distribution and Materials Management* 19: 3.

Ward, M., Halliday, S., Uflewski, O. e Wong, T.C. (2018). “Three Dimensions of Maturity Required to Achieve Future State, Technology-Enabled Manufacturing Supply Chains.” Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: *Journal of Engineering Manufacture* 232 (4): 605–20.

Zhao, D., Zhang, L., Liu, X. e Sun, J. (2006). “A New Supply Chain Maturity Model with 3-Dimension Perspective.” *Technology and Innovation Conference*, 2006. ITIC 2006. International, 1732–37.

Zhao, X.; Hwang, B.-G.; Low, S. P. (2013). Developing Fuzzy Enterprise Risk Management Maturity Model for Construction Firms. *Journal of Construction Engineering and Management* © Asce, v. 139, n. 9, p. 1179–1189.