AVALIAÇÃO PARA INVESTIMENTOS EM COMÉRCIO ELETRÔNICO: UMA ANÁLISE MULTICRITÉRIO COM O SIR MÉTODO

Leydiana de Sousa Pereira
CDSID – Centro de Desenvolvimento em Sistemas de Informação e Decisão
UFPE – Universidade Federal de Pernambuco
leydiana_sousa@hotmail.com

José Leão e Silva Filho
UFPE/ CAA – Universidade Federal de Pernambuco –
BR-104 km 59 - 55002-970. Caruaru – PE
zeleao@gmail.com

Danielle Costa Morais
CDSID – Centro de Desenvolvimento em Sistemas de Informação e Decisão
UFPE – Universidade Federal de Pernambuco
dcmorais@cdsid.org.br

RESUMO

O comércio eletrônico é um processo virtual completo, sendo caracterizado por envolver fluxo de informações e capital, perspectivas de negócios e logística. Esse contexto, naturalmente, une decisões complexas, com diversas partes interessadas, presença de aspectos qualitativo e quantitativo, elevado número de alternativas, entre outros fatores. Nesses cenários, os métodos de decisão multicritério ganham destaque. Este artigo utiliza o método SIR (Superior Inferior Ranking) que ordena as alternativas por diferentes formas de agregação. A ordenação é importante pois os recursos organizacionais disponíveis nem sempre são suficientes para atender todas as ações. O estudo de uma empresa que deseja investir em seu canal de *e-commerce* é apresentando. Os critérios englobados foram: investimentos necessários, confiabilidade na entrega, rapidez na entrega, implementação e alinhamento com a estratégia da empresa. Consequentemente, o ranking das alternativas revela as ações melhores posicionadas de modo a apoiar o decisor e favorecer a eficiência nas decisões.

PALAVRAS CHAVE. Métodos multicritério, SIR método, agregação de opiniões.

Tópicos. ADM- Apoio à Decisão Multicritério

ABSTRACT

E-commerce is a complete virtual process, characterized by involving information and capital flow, business and logistics perspectives. This context unite complex decisions, that includ several stakeholders, qualitative and quantitative aspects, high number of alternatives, among other factors. In these scenarios, multicriteria decision-making methods gain prominence through the diversity of their approaches. In this paper uses the SIR (Superiority and Inferiority Ranking) method that ranks the alternatives by different aggregation forms. This study is relevant because sometimes the availability of resources are not sufficient to perform all desired actions. The case study of investments in e-commerce supply channel was presented. The criteria included: necessary investments, delivery reliability, quick delivery, implementation and alignment with company strategy. For last, the alternative ranking helps and promoves more effective decision-making.

KEYWORDS. Multicriteria methods. SIR method. Opinions aggregation.

Paper topics. ADM- Multicriteria decision aid.

1. Introdução

Considerando a evolução da tecnologia da informação, para qualquer empresa, manter sua representatividade no ambiente virtual não é simplesmente uma questão de competitividade mercadológica, mais um aspecto fundamental para a sobrevivência no mundo dos negócios. Em razão da alta eficiência, da rentabilidade, dos baixos custos comerciais e por deter um processo de transação simplificado, a perspectiva do comércio eletrônico mudou as operações dos fabricantes, os negócios, os modelos de gerenciamento e os modelos comerciais [Lu e Liu, 2015].

O Comércio Eletrônico (CE, e-*commerce*) transformou, nas últimas décadas, a maneira de consumo das pessoas e, consequentemente possibilitou oportunidades no mundo empresarial. Definindo, *e-commerce* pode ser compreendido como o processo de compra, venda e troca de produtos, serviços e informações por redes de computadores ou pela Internet. Quanto a sua classificação, poder ser baseado no tipo de produto ou serviço oferecido, setor atuante, tecnologia empregada, montantes alocados na transação, entre outros aspectos [Turban et. al. 2008].

Segundo dados do relatório *Webshoppers 35*, distribuído pela Ebit, empresa referência em informações sobre o comércio eletrônico nacional, o e-commerce brasileiro proporcionou em 2016 um faturamento de R$ 44,4 bilhões, crescimento nominal de 7,4% comparativamente aos R$ 41,3 bilhões registrados em 2015. Em relação ao número de pedidos, houve uma estabilidade em 106,3 milhões. No entanto, o tíquete médio registrou alta de 8% na comparação entre os períodos, passando de R$ 388 para R$ 452, para o mesmo período analisado.

No *e-commerce*, os aspectos relacionados a logística são cruciais [Zurek, 2015]. Isto, pois consiste em um fator que envolve altos custos, além de ser fundamental para o atendimento satisfatório as demandas dos clientes. Nesse contexto, as decisões permeiam um ambiente turbulento e complexo.

A tomada de decisão caracteriza-se por envolver pelo menos duas alternativas de ação para escolher, com o intuito de atender a objetivos e critérios múltiplos, geralmente conflitantes, requerendo assim, o uso de variados métodos e técnicas [de Almeida 2013]. Os métodos para a tomada de decisão multicritério (do inglês, *Multiple Criteria Decision Making* – MCDM) são diversos, e podem ser classificados simplificadamente como: método de utilidade multiatributo; métodos de sobreclassificação, destacando o ELECTRE e o PROMETHEE; e a abordagem interativa, representada pelos métodos de Programação linear multiobjetivo [Roy, 1985 e Pardalos et al. 1995].

Detendo maior especificidade nessa classificação, é importante ressaltar o método de Ranking de Superioridade e Inferioridade (do inglês, *Superiority and Inferiority Ranking* – SIR). O SIR é um método apresentado por Xu [2001] que generaliza, por funções matemáticas, a ponderação dos índices de superioridade e inferioridade definida por Rebai [1993,1994]. Para isso, flexibiliza as regras de decisão ao utilizar os fluxos obtidos e permite o uso de informações imprecisas, introduzindo conceitos de indiferença e limiares de preferência para cada critério.

A aplicabilidade do SIR permeia distintos contextos na literatura. A proposta de Marzouk et al. [2013], empregou o SIR com intuito de avaliar a oferta mais adequada para aquisição de equipamentos instalados em uma análise combinada com o AHP, que foi útil para calcular os pesos de fatores que influenciam a decisão de aquisição. No campo da logística reversa, Sharma et al. [2016], utilizou o SIR para obter o ranking final das alternativas em um modelo que visa selecionar a melhor alternativa de recuperação de produto dentro de uma cadeia de suprimentos. De forma similar, Chou e Ongkowijoyo [2015] aplicaram o SIR, em modelo de decisão, baseado na confiabilidade, para seleção de suprimento. Enquanto, Rouhani [2017] utilizou as propriedades do SIR para o problema da seleção de software destinados ao gerenciamento de serviços de tecnologia da informação.

Diante das potencialidades do método SIR, esta pesquisa se propõe a apresentar um estudo para a classificação das alternativas de uma empresa que deseja investir em seu canal de *e-commerce*, de forma a possibilitar uma melhor tomada de decisão. A escolha desse método envolve alguns fatores. Inicialmente destaca-se a natureza compensatória do problema. Além disso, foi pensado um método que além de possuir uma abordagem multicritério, fosse capaz de

apresentar soluções extras ao problema, de modo a propiciar informações mais amplas para apoiar o decisor.

Este artigo está dividido em quatro tópicos, incluindo a introdução. No tópico 2, os fundamentos do método adotado são expostos. Posteriormente, o estudo de caso é descrito, seguido pelas análises e discussões dos resultados. Ao fim, são expostas algumas considerações e sugestões para futuros trabalhos.

2. Ranking de Superioridade e Inferioridade (SIR)

A tomada de decisão multicritério apoia os decisores no que tange o conhecimento do problema, considerando em seus valores de julgamento, através da organização, síntese e apresentação das informações, permeado de ampla discussão, escolhendo um curso de ação [Belton e Stewart 2002].

O SIR é um método adequado para resolver problemas de ordenação, e processa dados cardinais e ordinais [Chai et al. 2012]. Deste modo, sejam A_1, A_2,...,A_m, um conjunto com *m* alternativas, e g_1, g_2,...,g_n, outro conjunto com *n* critérios, tem-se que $g_j(A_i)$ corresponde a performance da alternativa A_i no critério g_j. A matriz formada por todos esses valores é definida como o vetor de decisão (D) [Xu, 2001].

$$D = \begin{pmatrix} g_1(A_1) & g_j(A_1) & g_n(A_1) \\ g_1(A_i) & g_j(A_i) & g_n(A_i) \\ g_1(A_m) & g_j(A_m) & g_n(A_m) \end{pmatrix}$$

Para a matriz D, os decisores precisam definir os limiares e pesos para cada critério, além de avaliar o desempenho de cada alternativa. O SIR supõe que todas as avaliações de critério têm por objetivo maximizar. No entanto, caso o critério seja de minimização, deve-se inverter o sentido da avaliação, e consequentemente tornar o critério de maximização.

Na comparação entre as alternativas *A* e *A'* sob o critério *g*, é utilizada a função intensidade de preferência, denotada por P(A, A').

$$P(A, A') = f\big(g(A) - g(A')\big) = f(d) \qquad eq.1$$

Onde *f(d)* é uma função não decrescente entre [0,1] tal que *f(d)* = 0 para $d \leq 0$, de modo que $g(A) \leq g(A')$. O formato da função *d* depende de como se deseja avaliar o critério. Na literatura, são apresentadas diversas formatações possíveis para utilização da função *f*. Xu [2011] discorre sobre os seis tipos de critérios: critério verdadeiro, quase-critério, pseudocritério, área de indiferença e critério gaussiano.

De acordo com os procedimentos desenvolvidos por Xu [2001], seja f_j em relação a *j* critérios g_j (j = 1, 2, ..., n). Para cada par de alternativas A_i e A_k, considera-se que $P_i(A_i, A_k) = f_j(g_j(A_i) - g_j(A_k))$ representa a intensidade de preferência ou superioridade de A_i sob A_k em relação ao critério adotado. Esse mesmo procedimento pode ser utilizado para o aspecto da intensidade de inferioridade.

Posteriormente, para cada alternativa A_i, são definidos índices de superioridade $S_j(A_i)$ e inferioridade $I_j(A_i)$, dado um critério *j*:

$$S_j(A_i) = \sum_{k=1}^{m} P_j(A_i, A_k) - \sum_{k=1}^{m} f_j\left(g_j(A_i) - g_j(A_k)\right) \qquad eq.2$$

$$I_j(A_i) = \sum_{k=1}^{m} P_j(A_k, A_i) - \sum_{k=1}^{m} f_j\left(g_j(A_k) - g_j(A_i)\right) \qquad eq.3$$

Como *f(d) = 0* para todo $d \leq 0$ as expressões acima (Eq. 2 e 3) podem ser reescritas da seguinte maneira:

$$S_j(A_i) = \sum \{f_j[g_j(A_i)] | g_j(A_k) > g_j(A_k)\} \qquad eq.4$$

$$I_j(A_i) = \sum \{f_j[g_j(A_i)] | g_j(A_k) < g_j(A_k)\} \qquad eq.5$$

Nesse ponto, a aplicação do SIR requer o cálculo dos índices de superioridade e inferioridade, de modo a possibilitar seu posicionamento em matrizes de superioridade (Matriz S) e inferioridade (Matriz I), respectivamente:

$$S = \begin{pmatrix} S_1(A_1) & S_j(A_1) & S_n(A_1) \\ S_1(A_i) & S_j(A_i) & S_n(A_i) \\ S_1(A_m) & S_j(A_m) & S_n(A_m) \end{pmatrix} \qquad I = \begin{pmatrix} I_1(A_1) & I_j(A_1) & I_n(A_1) \\ I_1(A_i) & I_j(A_i) & I_n(A_i) \\ I_1(A_m) & I_j(A_m) & I_n(A_m) \end{pmatrix}$$

Segundo Xu [2001], as duas matrizes *S* e *I* incluem de uma melhor forma os dados comparativamente a matriz original *D*. Isto ocorre em razão de permitir a avaliação da intensidade da superioridade e inferioridade. Consequentemente, gera-se maior detalhamento das informações, admitindo apresentar diferentes critérios para avaliação.

Finalizada a construção das matrizes deve ser procedida a etapa de agregação. Assim, os índices de superioridade e inferioridade são agregados para formular o fluxo de superioridade (fluxo S) $\varphi^{>}(.)$ e o fluxo de inferioridade (fluxo I) $\varphi^{<}(.)$ que representam a intensidade global de superioridade e inferioridade, respectivamente [Xu, 2001]. Contextualizando, dada uma função de agregação *C*, em que A_i representa as alternativas, os fluxos correponderiam a:

$$\varphi^{>}(A_i) = C[S_1(A_i), \dots, S_j(A_i), \dots, S_n(A_i)] \quad e \quad \varphi^{<}(A_i) = C[I_1(A_i), \dots, I_j(A_i), \dots, I_n(A_i)]$$

Diante dessa expressão tem-se que possuir "alto" S-fluxo e "baixo" I-fluxo é o melhor para a alternativa A_i. Em seu artigo, Xu [2001] apresenta duas distintas formas para o procedimento de agregação, sendo: (1) SAW e (2) TOPSIS.

2.1 Agregação SIR.SAW

Corresponde a melhor forma de agregação em razão da sua simplicidade. Nesse método de ponderação aditiva simples as representações para os fluxos S e I satisfazem:

$$\varphi^{>}(A_i) = \sum_{j=1}^{n} w_j S_j(A_i) \quad e \quad \sum_{j=1}^{n} w_j I_j(A_i) \qquad eq.6$$

A partir dessa proposição é possível generalizar o índice de preferência como:

$$\pi(A_i, A_k) = \sum_{j=1}^{n} w_j f_i\left(g_j(A_i) - g_j(A_k)\right) = \sum_{j=1}^{n} w_j(c_j/p_j) = \sum_{j=1}^{n} (w_j/p_j)c_j = \sum_{j=1}^{n} v_j c_j \qquad eq.7$$

Onde $v_j = w_j / p_j$. Nesse ponto, o peso w_j e o limiar de preferência p_j não são independentes. Tais fatores alinham-se de forma inversamente proporcional e podem ser incorporados em um único parâmetro. Caso w_j e p_j sejam determinados pelo mesmo decisor há por necessidade a determinação de um único parâmetro $v_j = (w_j / p_j)$, ao invés de dois.

2.2 Agregação SIR.TOPSIS

Nesse procedimento de agregação a estrutura do método TOPSIS é utilizada na determinação dos fluxos de superioridade e inferioridade. Considerando a solução ideal, definida por $A_s^+ = (\max_i S_1(A_i), \dots, \max_i S_n(A_i)) = (S_1^+, \dots, S_n^+)$, e a solução negativa ideal, representada por $A_s^- = (\min_i S_1(A_i), \dots, \min_i S_n(A_i)) = (S_1^-, \dots, S_n^-)$, o fluxo de superioridade do TOPSIS corresponde:

$$\varphi^{>}(A_i) = S^{-}(A_i)/S^{-}(A_i) + S^{+}(A_i) \qquad eq.8$$

Onde: $S^{+}(A_i) = \left\{\sum_{j=1}^{n} \left|w_j\left(S_j(A_i)\right) - S_j^{+}\right|^{\lambda}\right\}^{1/2}$ *e* $S^{-}(A_i) = \left\{\sum_{j=1}^{n} \left|w_j\left(S_j(A_i)\right) - S_j^{-}\right|^{\lambda}\right\}$

Nesse contexto, é possível estabelecer a métrica do espaço vetorial da Distância de Minkowski, entre dois vetores α e β, sendo representada pela Equação 9:

$$d^{\lambda}(\alpha,\beta) = \left\{\sum_{j=1}^{n} \left|a_j - b_j\right|^{\lambda}\right\}^{1/\lambda} (1 \le \lambda \ll \infty) \qquad eq.9$$

Conforme Xu [2001], a solução ideal A_I^{+} e a solução ideal negativa A_I^{-} para a matriz de inferioridade corresponde a:

$$A_I^{+} = \left(min_i I_1(A_i), \ldots, min_i I_n(A_i)\right) = (I_1^{+}, \ldots, I_n^{+}) \qquad eq.10$$
$$A_I^{-} = \left(max_i I_1(A_i), \ldots, max_i I_n(A_i)\right) = (I_1^{-}, \ldots, I_n^{-})$$

Por conseguinte, o fluxo de inferioridade é definido por: $\varphi^{<}(A_i) = I^{+}(A)/I^{+}(A_i) + I^{-}(A_i))$, onde:

$$I^{+}(A_i) = \left\{\sum_{j=1}^{n} \left|w_j(I_j(A_i) - I_j^{+}\right|^{\lambda}\right\}^{\frac{1}{\lambda}} e\ I^{+}(A_i) = \left\{\sum_{j=1}^{n} \left|w_j(I_j(A_i) - I_j^{-}\right|^{\lambda}\right\}^{\frac{1}{\lambda}} \qquad eq.11$$

Na determinação desses fluxos deve ser pontuado que λ (lambda) = 2 corresponde ao uso da distância Euclideana para determinar o fluxo S e o fluxo I. Em diferente situação, quando é utilizado λ = 1 tem-se a satisfação da condição da distância do bloco.

Apresentado esses procedimentos, tem-se que a opção entre o uso do agregado SAW, TOPSIS ou algum outro, depende do tipo de resposta esperada pelo método. As diferentes abordagens influenciam apenas na avaliação dos fluxos positivos e negativos de cada uma das alternativas: enquanto o SAW prioriza a média ponderada e tem um caráter bastante compensatório, o TOPSIS considera os extremos positivos e negativos como referência.

Dessa forma, eé possível a utilização de outros agregadores caso o problema exija uma abordagem diferente. Agregadores *Fuzzy*, agregadores ordenados, preferências intuicionistas são exemplos de alternativas nesta etapa

É interessante ressaltar que não há nenhum impedimento na utilização de mais de um agregador simultaneamente. As semelhanças no ranking podem dar uma sensação maior de robustez da avaliação feita. Por outro lado, diferenças nas avaliações podem apresentar uma ideia do comportamento das alternativas distribuídas. Em casos assim, é importante que o analista tenha conhecimento conceitual do significado da agregação e que tipo de informação ele é capaz de trazer.

A composição dos rankings para a obtenção de uma ordem parcial ou completa é feita na etapa seguinte

.

2.3 SIR Ranking

O ranking do SIR considera que os fluxo de superioridade $\varphi^{>}(A_i)$ e inferioridade $\varphi^{<}(A_i)$ determinados anteriormente sejam usados para ordenar as alternativas [Xu, 2001]. Nesse momento, considerando uma ordem descendente de $\varphi^{>}(A_i)$ é obtido o ranking completo, conhecido por "*S ranking*", atendendo $R_{>} = \{P_{>}, I_{>}\}$ das alternativas tem-se:

$$A_i P_{>} A_k \ se\ \varphi^{>}(A_i) > \varphi^{>}(A_k) \quad e \quad A_i I_{>} A_k \ se\ \varphi^{>}(A_i) = \varphi^{>}(A_k) \qquad eq.12$$

De forma semelhante, nos casos de uma ordem ascendente para $\varphi^{<}(A_i)$ outro conjunto completo de ordenação é obtido, denominado de "*I ranking*". Semelhantemente, considerando $R_{<} = \{P_{<}, I_{<}\}$ das alternativas:

$$A_i P_< A_k \; se \; \varphi^<(A_i) < \varphi^<(A_k) \quad e \quad A_i I_< A_k \; se \; \varphi^<(A_i) = \varphi^<(A_k) \qquad eq.13$$

Generalizando, $R_>$ e $R_<$ correspondem a diferentes ranking completos. As duas estruturas de classificação completa $R_>= \{P_>,I_>\}$ e $R_< = \{P_<,I_<\}$ são combinados em uma ordenação parcial $R_> = \{P,I,R\}= R_> \cap R_<$ considerando o princípio de interseção [Brans et al. 1986; Roy e Bouyssou, 1993]. Dadas as duas alternativas, A e A', é possível analisar as seguintes relações:

1. Relação de Preferência (P):
   $APA' se \; (AP_>A' e \; AP_<A') \; ou \; (AP_>A' \; e \; AI_<A') \; ou \; (AI_>A' e \; AP_<A')$
2. Relação de Indiferença (I):
   $AIA' se \; (AI_>A' e \; AI_<A')$
3. Relação de Incomparabilidade (R):
   $ARA' se \; (AP_>A' e \; AP_<A') ou \; (A'P_>A \; e \; AP_<A)$

Por fim, o procedimento para ranqueamento utilizando o SIR é simples e permite que sejam construídos tanto os ranking totais quanto parciais. Em termos da ordenação parcial é requerida apenas os dados do "*S ranking*" e do "*I ranking*". Por outro lado, em caso de ordenação completa é necessário a sintetização de alguns fluxos. Para esse procedimento tem-se o fluxo líquido (fluxo n) $\varphi_n(A_i) = \varphi^>(A_i) - \varphi^<(A_i)$ (similar ao próprio fluxo líquido do PROMETHEE); e o fluxo relativo (fluxo r) $\varphi_r(A_i) = \varphi^>(A_i)/ (\varphi^>(A_i) + \varphi^<(`A_i))$ (como a distância relativa no método TOPSIS). Tais fluxos quando organizados segundo as propriedades apresentadas anteriormente formam o $\varphi_n(A_i)$ e $\varphi_r(A_i)$, que correspondem a ordem completa.

Considerando as propriedades do método SIR, no tópico consecutivo é proposta sua aplicação a uma problemática de decisão na área do *e-commerce*.

3. Aplicação do modelo

Neste artigo, baseando-se em dados reais, é apresentado o caso de uma empresa do ramo varejo e possui uma linha de *e-commerce* bastante ativa. A empresa possui uma liderança estabelecida na sua região e pretende expandir seus negócios na rede a fim de obter maior alcance nacional. Para facilitar o entendimento das atividades necessárias a agregação do método SIR é proposto o fluxograma disposto na Figura 1.

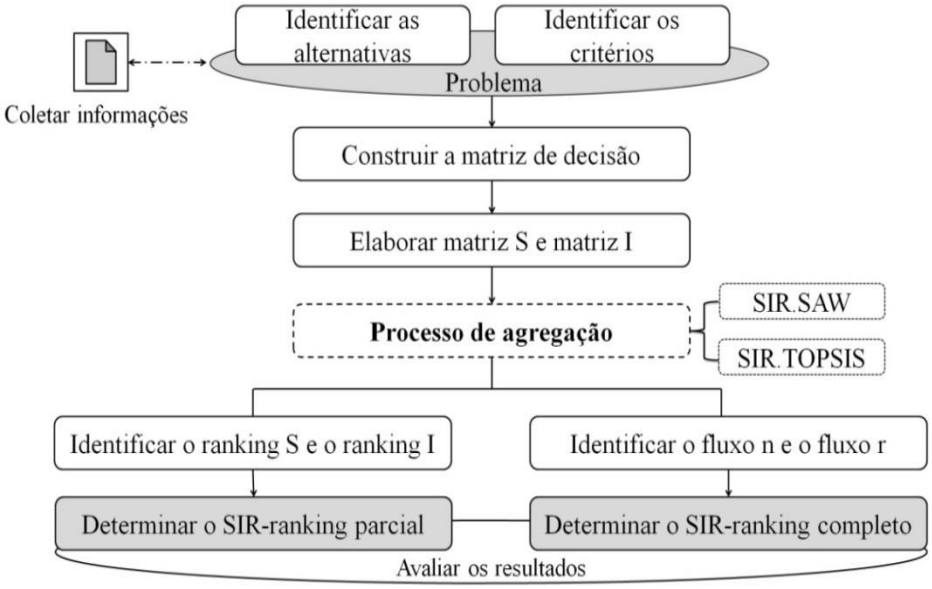


Figura 1 – Etapas e análises do modelo

A empresa tem como estratégia investir para melhorar o seu *e-commerce* e realizar uma campanha de marketing ostensiva no período do final do ano para alavancar a marca. Foram levantadas seis alternativas como opções para o crescimento do *e-commerce* e cinco critérios. Estas medidas foram estabelecidas aliando as opiniões de especialistas de diversas empresas no Brasil [Revista Tecnologistica, 2012] com a situação da empresa. As alternativas identificadas estão listadas abaixo.

- Alternativa 1 (A_1): aumentar o número de centros de distribuição
- Alternativa 2 (A_2): investir na cooperação dos terceirizados
- Alternativa 3 (A_3): melhorar a capacidade operacional
- Alternativa 4 (A_4): conservadorismo na entrega
- Alternativa 5 (A_5): contratar armazéns públicos
- Alternativa 6 (A_6): integrar com outros sites

Os critérios foram propostos pelo decisor, que também teve acesso ao conhecimento dos especialistas. Assim, identificaram-se critérios como: C_1 (Investimentos necessários), C_2 (Confiabilidade na entrega), C_3 (Rapidez na entrega), C_4 (Implementação) e C_5 (Alinhamento com a estratégia da empresa).

Após estas definições, o decisor foi convidado a avaliar as alternativas em função dos critérios. As avaliações foram definidas na escala de valores de 1 a 5, seguindo a classificação: 1 (excelente) e 5 (ruim). A matriz de avaliação do decisor está disposta na Tabela 1.

Tabela 1 – Performance das alternativas

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A_1	1	3	4	2	5
A_2	3	4	5	4	3
A_3	4	2	2	3	4
A_4	5	5	1	3	1
A_5	4	3	3	4	2
A_6	5	4	3	1	3
w	3	4	2	2	3

Dado os valores da matriz de decisão (Tabela 1), é necessário salientar que todos critérios possuem a característica de maximização, além de serem do tipo de preferência linear, ou seja, o valor de *f(d)* varia entre *1* (se d > p); *d/p* (se 0 < d ≤ p) ou *0* (se d ≤ 0). O valor *w* corresponde a importância para cada critério. Para a determinação dos pesos, a significância desse parâmetro foi explicada ao decisor, tornando-o hábil a propor valores e, estes foram normalizados. Os parâmetros de preferência e indiferença foram dispensáveis para este estudo.

Posteriormente, considerando o processo de normalização, pode-se estruturar a matriz S e a matriz I, representadas abaixo.

$$S = \begin{pmatrix} 0{,}00 & 0{,}05 & 0{,}27 & 0{,}05 & 0{,}46 \\ 0{,}08 & 0{,}21 & 0{,}46 & 0{,}33 & 0{,}12 \\ 0{,}15 & 0{,}00 & 0{,}04 & 0{,}14 & 0{,}27 \\ 0{,}31 & 0{,}47 & 0{,}00 & 0{,}14 & 0{,}00 \\ 0{,}15 & 0{,}05 & 0{,}12 & 0{,}33 & 0{,}04 \\ 0{,}31 & 0{,}21 & 0{,}12 & 0{,}00 & 0{,}12 \end{pmatrix} \qquad I = \begin{pmatrix} 0{,}50 & 0{,}53 & 0{,}71 & 0{,}54 & 1{,}00 \\ 0{,}57 & 0{,}64 & 1{,}00 & 1{,}00 & 0{,}57 \\ 0{,}67 & 0{,}50 & 0{,}52 & 0{,}64 & 0{,}71 \\ 1{,}00 & 1{,}00 & 0{,}50 & 0{,}64 & 0{,}50 \\ 0{,}67 & 0{,}53 & 0{,}57 & 1{,}00 & 0{,}52 \\ 1{,}00 & 0{,}64 & 0{,}57 & 0{,}50 & 0{,}57 \end{pmatrix}$$

3.1 Procedimento SIR.SAW

A proposição para cálculo do SIR.SAW possui como ponto de partida a matriz S e a matriz I, que são determinantes na obtenção do fluxo S e do fluxo I, respectivamente. Esse procedimento permite a composição dos fluxos líquido e relativo, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Fluxos do SIR.SAW

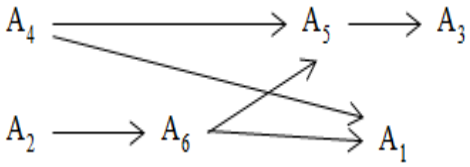
Fluxo S	*Fluxo I*	*Fluxo n*	*Fluxo r*
$\varphi^{>}(A_1) = 0{,}15920$	$\varphi^{<}(A_1) = 0{,}23833$	$\varphi_n(A_1) = -0{,}07913$	$\varphi_r(A_1) = 0{,}40048$
$\varphi^{>}(A_2) = 0{,}21491$	$\varphi^{<}(A_2) = 0{,}08921$	$\varphi_n(A_2) = 0{,}12569$	$\varphi_r(A_2) = 0{,}70665$
$\varphi^{>}(A_3) = 0{,}11656$	$\varphi^{<}(A_3) = 0{,}21213$	$\varphi_n(A_3) = -0{,}09557$	$\varphi_r(A_3) = 0{,}35462$
$\varphi^{>}(A_4) = 0{,}22168$	$\varphi^{<}(A_4) = 0{,}17844$	$\varphi_n(A_4) = 0{,}04324$	$\varphi_r(A_4) = 0{,}55403$
$\varphi^{>}(A_5) = 0{,}12035$	$\varphi^{<}(A_5) = 0{,}15081$	$\varphi_n(A_5) = -0{,}03046$	$\varphi_r(A_5) = 0{,}44383$
$\varphi^{>}(A_6) = 0{,}16729$	$\varphi^{<}(A_6) = 0{,}13108$	$\varphi_n(A_6) = 0{,}03622$	$\varphi_r(A_6) = 0{,}56069$

Diante da obtenção dos fluxos, é possível construir os ranking completos, conforme as representações abaixo.

$$R_{>} : A_4 \rightarrow A_2 \rightarrow A_6 \rightarrow A_1 \rightarrow A_5 \rightarrow A_3$$
$$R_{<} : A_2 \rightarrow A_6 \rightarrow A_5 \rightarrow A_4 \rightarrow A_3 \rightarrow A_1$$

Por sua vez, a partir dos dados anteriores, o ranking parcial é constituído por:

$R = R_{>} \cap R_{<}$:



Os resultados obtidos possuem uma equivalência importante. O resultado da ordenação do fluxo *n* e o resultado da ordenação parcial são similares ao PROMETHEE I e II. Considerando o ranking parcial, nota-se uma incomparabilidade entre as alternativas A_2 e A_4, mesma situação ocorre para as alternativas A_3 e A_1. Por sua vez, para a análise da agregação (ranking total), é necessário determinar o fluxo de análise, o positivo ou negativo.

No cenário de pré-ordem completa, os rankings obtidos são apresentados abaixo.

$$R_n : A_4 \rightarrow A_4 \rightarrow A_6 \rightarrow A_5 \rightarrow A_1 \rightarrow A_3$$
$$R_r : A_2 \rightarrow A_6 \rightarrow A_4 \rightarrow A_5 \rightarrow A_3 \rightarrow A_1$$

Os resultados alcançados revelam uma característica interessante: enquanto na subtração direta entre os fluxos apresenta o A_4 como melhor resultado, na ponderação relativa A_6 supera a posição de A_4. Este resultado significa que provavelmente A_6 obteve avaliações melhores em critérios onde os demais não foram tão bem, o que impulsiona o resultado na agregação relativa. Porém os resultados das avaliações são muito próximos, o que deve ser levado em conta no processo de decisão.

3.2 Procedimento SIR.TOPSIS

Em termos da agregação na forma do SIR.TOPSIS, foi proposto o uso do $\lambda = 2{,}0$, fato que corresponde a distância euclidiana para derivar o fluxo S e o fluxo I, conforme a Tabela 3.

Tabela 3 – Fluxos do SIR.TOPSIS

Fluxo S	*Fluxo I*	*Fluxo n*	*Fluxo r*
$\varphi^{>}(A_1) = 0{,}48474$	$\varphi^{<}(A_1) = 0{,}50287$	$\varphi_n(A_1) = -0{,}01813$	$\varphi_r(A_1) = 0{,}49082$
$\varphi^{>}(A_2) = 0{,}49496$	$\varphi^{<}(A_2) = 0{,}43993$	$\varphi_n(A_2) = 0{,}05503$	$\varphi_r(A_2) = 0{,}52943$
$\varphi^{>}(A_3) = 0{,}45867$	$\varphi^{<}(A_3) = 0{,}49380$	$\varphi_n(A_3) = -0{,}03514$	$\varphi_r(A_3) = 0{,}48156$
$\varphi^{>}(A_4) = 0{,}51099$	$\varphi^{<}(A_4) = 0{,}47467$	$\varphi_n(A_4) = 0{,}03632$	$\varphi_r(A_4) = 0{,}51842$
$\varphi^{>}(A_5) = 0{,}45263$	$\varphi^{<}(A_5) = 0{,}46646$	$\varphi_n(A_5) = -0{,}01383$	$\varphi_r(A_5) = 0{,}49248$
$\varphi^{>}(A_6) = 0{,}48540$	$\varphi^{<}(A_6) = 0{,}45560$	$\varphi_n(A_6) = 0{,}02980$	$\varphi_r(A_6) = 0{,}51584$

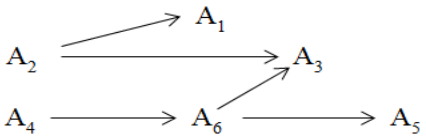
https://proceedings.science/p/85333?lang=pt-br

Mediante os fluxos dispostos na Tabela 3, podem ser obtidos os fluxos positivos e negativos:

$$R^{+}: A_4 \rightarrow A_2 \rightarrow A_1 \rightarrow A_6 \rightarrow A_3 \rightarrow A_5$$
$$R^{-}: A_2 \rightarrow A_6 \rightarrow A_5 \rightarrow A_4 \rightarrow A_3 \rightarrow A_1$$

Consequentemente, dados os conjuntos de dados apresentados, o ranking parcial consiste em:

$R = R_{>} \cap R_{<}$:



Nessa alternativa de agregação os números A_2 e A_4 continuam sendo incomparáveis, fato que nessa representação também ocorre com A_1, A_3 e A_5. Contudo, em termos do ranking total as alternativas com melhores alocações permanecem inalteradas, sendo A_4 seguida pela A_2.

Para o cenário de pré-ordem completa, os ordenamentos obtidos são expostos abaixo:

$$R_n: A_4 \rightarrow A_4 \rightarrow A_6 \rightarrow A_5 \rightarrow A_1 \rightarrow A_3$$
$$R_r: A_2 \rightarrow A_6 \rightarrow A_4 \rightarrow A_5 \rightarrow A_3 \rightarrow A_1$$

Na ordem completa, os rankings coincidem com os rankings do SIR.SAW. Esta semelhança dá uma sensação de confiança do método. As margens do fluxo *r* são demansiadamente pequenas. Isso, é uma consequência do tamanho do lambda adotado. Na etapa seguinte, variações do lambda são propostas tendo em vista avaliar de forma mais profunda o caso, além de tratar de outras avaliações sobre o SIR.SAW.

3.2.1 Análise de sensibilidade

Para realizar a análise de sensibilidade, os resultados foram testados com diferentes parâmetros, a fim de tentar avaliar a robustez do modelo. Isto é, verificar o nível de variação do resultado atual, dada a alteração em alguma(s) das suas variáveis. Na perspectiva do agregador SIR.SAW, opta-se por apresentar os resultados segundo uma análise com os pesos com a mesma intensidade. A intenção é avaliar as alternativas que são mais influenciadas por um bom desempenho na avaliação dos pesos.

A partir da Tabela 4 é possível observar algumas informações relevantes. No cenário de equilíbrio de pesos, a alternativa A_2 permanece com o melhor resultado e A_1 e A_3 se mantiveram como os piores resultados.

Tabela 4 – Fluxos da variação de sensibilidade para o SIR.SAW.

a_n	*n-flow*	*rflow*	*Ranking*
$\mathbf{a_1}$	-0,06381	0,41947	5º
$\mathbf{a_2}$	0,15979	0,75021	1º
$\mathbf{a_3}$	-0,06983	0,38794	6º
$\mathbf{a_4}$	-0,01882	0,47578	4º
$\mathbf{a_5}$	0,00432	0,50790	2º
$\mathbf{a_6}$	-0,01164	0,48129	3º

Por outro lado, as alterantivas A_4 e A_6 perderam posições, e a alternativa A_5 obteve um resultado melhor. Com este resultado, é possível avaliar que A_5 obtém bons resultados em avaliações de menor peso, enquanto A_4 e A_6 obtiveram seus melhores resultados em avaliações com boa ponderação.

https://proceedings.science/p/85333?lang=pt-br

No cenário do SIR.TOPSIS, a sensibilidade foi avaliada promovendo a variação do parâmetro λ, com o objetivo de testar o resultado com diferentes cenários de compensação. Portanto, na Tabela 5 são mostrados alguns resultados.

Tabela 5 – Fluxos relativos na análise de sensibilidade

a_n	φ_r				φ_n			
	λ = 2	**λ = 1**	**λ = 0,5**	**λ = 10**	**λ = 2**	**λ = 1**	**λ = 0,5**	**λ = 10**
φ(A_1)	0,49082	0,49556	0,49793	0,44191	-0,01813	-0,00874	-0,00410	-0,11861
φ(A_2)	0,52943	0,52099	0,51681	0,61316	0,05503	0,04046	0,03296	0,16995
φ(A_3)	0,48156	0,49217	0,49438	0,35735	-0,03514	-0,01516	-0,01103	-0,23867
φ(A_4)	0,51842	0,50953	0,50496	0,58550	0,03632	0,01883	0,00985	0,16862
φ(A_5)	0,49248	0,49958	0,50282	0,44452	-0,01383	-0,00080	0,00551	-0,07062
φ(A_6)	0,51584	0,50862	0,50438	0,56474	0,02980	0,01662	0,00858	0,10537

De início, diante da Tabela 5, é possível perceber que ao reduzir o valor do parâmetro λ, os seus respectivos resultados tendem a se aproximar do valor com maior distância para os dados analisados. Adicionalmente, pode ser observado que mesmo com essa "convergência" dos valores não há mudança no ranqueamento. Assim, tem-se A_2 como a melhor avaliação dentre o conjunto das outras alternativas.

$$R: A_2 \rightarrow A_4 \rightarrow A_6 \rightarrow A_5 \rightarrow A_1 \rightarrow A_3$$

Complementando a análise, os fluxos positivos e negativos também foram revistos e os seus resultados apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Fluxos relativos na análise de sensibilidade

a_n	φ_s				φ_i			
	λ = 2	**λ = 1**	**λ = 0,5**	**λ = 10**	**λ = 2**	**λ = 1**	**λ = 0,5**	**λ = 10**
φ(A_1)	0,48474	0,48827	0,49236	0,45113	0,50287	0,49702	0,49646	0,56974
φ(A_2)	0,49496	0,50195	0,50672	0,46044	0,43993	0,46149	0,47375	0,29049
φ(A_3)	0,45867	0,47662	0,48502	0,29895	0,49380	0,49178	0,49605	0,53762
φ(A_4)	0,51099	0,50358	0,50104	0,57737	0,47467	0,48475	0,49119	0,40875
φ(A_5)	0,45263	0,47774	0,49126	0,28292	0,46646	0,47854	0,48575	0,35354
φ(A_6)	0,48540	0,49032	0,49436	0,45962	0,45560	0,47369	0,48577	0,35425

A avaliação dos fluxos positivos e negativos têm uma alteração de valor, em relação oo cenário original. Contudo, o resultado da ordenação parcial se manteve em todos os panoramas.

Considerando a sequência apresentada tem-se mais um indício contra a maioria dos indivíduos, ao pensar que em caso de investimentos o primeiro ponto indubitavelmente consiste no aumento de produtividade ou mesmo expansão física. Enquanto que os resultados apresentado pelas alternativas que devem ser melhor exploradas requerem um maior cunho estratégico do que operacional.

3.3 Discussão dos resultados

De forma suscinta é possível discutir os resultados e propor inferências para o estudo de caso. Para a análise da agregação adota-se o fluxo positivo, pois dada as características da problemática, o desejo é identificar as melhores alocações das alternativas para o direcionamento dos investimentos. Assim, tem-se que a opção A_4 (Conservadorismo na entrega) corresponde a alternativa mais bem colocadas, seguida de A_2 (Investir na cooperação dos terceirizados).

Em relação ao conservadorismo, esse é um dos grande pontos de atenção nos ambientes virtuais, visto que muitos clientes ainda possuem receio de realizar transações nesse meio. Essa "falta de confiança" já foi tema de estudo em várias pesquisas dentre elas a de Kim et al. [2016]. Dessa forma, é possível elencar alguns meios de ação, tais como: investir em sites mais intuitivos

e seguros, fortaleçer seu canal de relacionamento com o cliente, desenvolver as pessoas para trabalhar com qualquer tipo de gente.

Em termos dos terceirizados, um ponto de extrema atenção consiste nos fatores logísticos que frequentemente são delegados a *stakeholders* externos. Dessa forma, a empresa deve investir no alinhamento de estratégias, para que em períodos de aumento de demanda por exemplo, a empresa terceirizada esteja ciente e seja capaz de suprir o aumento no volume de trabalho sem prejudicar os consumidores.

4. Considerações finais

O artigo apresentou o problema relacionado ao canal de distribuição comércio eletrônico. Por se tratar de um problema bastante amplo, que envolve muitas partes interessadas, critérios conflitantes e pressões internas e externas, realizar uma ordenação em um caso de oportunidade de investimento no setor, conforme demostrado, se torna um grande desafio.

Diante dessa caracterização, o cenário apresentado detêm características que o torna compatível com as metodologias de análise multicritério. Este artigo apresentou o método SIR, considerado como uma abordagem ampla, que permite utilizar seis perspectivas distintas para comparar a performance dos critérios nas avaliações das anternativas, limiares de preferência e indiferença, além de duas formas de agregação. A tomada de decisão proposta (método SIR) é uma novidade para os estudos na área do *e-commerce*.

O método foi capaz de prover não apenas o ranking para o problema, mais proporcionou a inclusão de informações que são capazes de auxiliar o decisor na compreensão de suas próprias avaliações. Nesse sentido, o decisor pode ter uma ideia da relação de preferência, sobreclassificação, além da intensidade destas preferências pelos valores numéricos obtidos. Neste estudo, a análise de sensibilidade foi capaz de exibir a robustez de alguns resultados obtidos e as principais influência dos demais resultados. A decisão neste cenário torna-se mais clara, com uma abordagem prescritiva e informativa sobre o problema e a sua avaliação.

Além disso, um aspecto inovador deste método consiste em fazer análises com diferentes abordagens de forma simultânea, possibilitando robustez aos resultados. Em termos de trabalhos futuros, são sugeridas outras aplicações para este método em cenários diferentes, possibilitando a análise de novas alternativas e critérios, visto que as necessidades de estratégia de atuação no contexto do *e-commerce* ultrapassam os limites de novos investimentos, conforme demostrado nesta pesquisa. Outra sugestão, corresponde em resolver essa mesma problemática através da abordagem de ordenação.

Agradecimentos

Este estudo integra um programa apoiado pelo CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Cientifico e Tecnológico) e pela CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), a quem os autores expressam agradecimentos.

Referências

Belton, V. e Stewart, T.J. (2002). Multiple Criteria Decision Analysis. Kluwer Academic Publisher.

Brans, J.P., Vincke, P.H. e Mareschal, B. (1986). How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method. *European Journal Operational Research*, 24(2):228-238

Chai, J., Liu, J. N., e Xu, Z. (2012). A new rule-based SIR approach to supplier selection under intuitionistic fuzzy environments. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-based Systems*, 20(03), 451-471.

Chou, J-S e Ongkowijoyo, C.S. (2015). Reliability-based decision making for selection of ready-mix concrete supply using stochastic superiority and inferiority ranking method. *Reliability Engineering & System Safety*, 137:29-39.

de Almeida, A.T. (2013). Processo de decisão nas organizações: construindo modelos de decisão multicritério. Editora Atlas.

Kim, D.J., Yim, M.S., Sugumaran, V. e Rao, H.R. (2016). Web assurance seal services, trust and consumers' concerns: An investigation of e-commerce transaction intentions across two nations *European Journal of Information Systems*, 25(3):252-273.

Lu, Q., Liu N. (2015). Effects of e-commerce channel entry in a two-echelon supply chain: A comparative analysis of single- and dual-channel distribution systems. *International Journal of Production Economics*, 165:100-111.

Marzouk, M., Shinnawy, N., Moselhi, O. e El-Said, M. (2013). Measuring sensitivity of procurement decisions using superiority and inferiority ranking. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 12(3):395-423.

Pardalos, P.M., Siskos, Y. e Zopounidis, C. (Org.) (1985). Advances in multicriteria analysis. Kluwer Academic Publishers.

Rebai, A. (1994). Canonical fuzzy bags and bag fuzzy measures as a basis for MADM with mixed non cardinal data. *European Journal Operational Research*, 78:34-48.

Rebai, A. (1993). BBTOPSIS: A bag based technique for order preference by to ideal solution. *Fuzzy Sets and System*, 60:143-162.

Sharma, S.K., Mahapatra, S.S. e Parappagoudar, M.B.(2016). Benchmarking of product recovery alternatives in reverse logistics. *Benchmarking: an International Journal*, 23(2):406-424.

Revista Tecnologistica (2012). E-commerce: melhorou, mas não resolveu. Ano XVII, n.195.

Rouhani, S. (2017). Uma abordagem baseada em classificação de inferioridade e inferioridade para seleção de software de gerenciamento de serviços de TI. *Kybernetes*, 46(4):728-746.

Roy, B. e Bouyssou, D. (1993). Aide multicritère à la décision: méthodes et cas. Paris: Econômica.

Roy, B. (1985). Méthodologie Multicritère d'Aide à la décision. Paris, France: Economica.

Turban, E., King, D., McKay, J., Marshall, P., Lee, J. e Viehland, D. (2008). Electronic Commerce: a managerial perspective. Upper Saddle River: Editora Pearson.

Xu, X. (2001). The SIR method: A superiority and inferiority ranking method for multiple criteria decision making. *European Journal Operational Research*, 131(3):587-602.

Webshoppers. Relatório E-bit 35 edição, 2017. Disponível em: <http://www.ebit.com.br/webshoppers>. Acesso em: 10 mar. 2018.

Zurek, J. (2015). E-commerce influence on changes in logistics processes. *LogForum*, 11(2), 129-138.