

# ANÁLISE DAS POLÍTICAS DE COMBATE AO COVID-19: UMA COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS TOPSIS E TOPSIS-2NE

Jonathas Vinícius Gonzaga Alves Araújo, Instituto Militar de Engenharia (IME), [jonathasvga@ime.eb.br](mailto:jonathasvga@ime.eb.br)

Hidelbrando Ferreira Rodrigues, Universidade Federal do Amazonas (UFAM), [hrodrigues@ufam.edu.br](mailto:hrodrigues@ufam.edu.br)

Carlos Francisco Simões Gomes, Universidade Federal Fluminense (UFF), [cfsg1@bol.com.br](mailto:cfsg1@bol.com.br)

Orientador: Prof. Dr. Marcos dos Santos, Instituto Militar de Engenharia (IME), [marcosdossantos@ime.eb.br](mailto:marcosdossantos@ime.eb.br)

**Resumo:** As decisões em meio a atual pandemia se tornaram importantíssimas, e por isso, fez-se necessária uma análise matemática através de métodos de apoio à tomada de decisão multicritério utilizando os critérios e dados fornecidos por um pacote denominado “COVID-ABS”. Foram analisadas 11 alternativas de isolamento e, com elas, 6 critérios. Critérios esses que tiveram sua importância mensurada por dois especialistas. Após a coleta de dados e escolha de peso dos critérios, foi aplicado o método de apoio à tomada de decisão multicritério TOPSIS-2NE com o intuito de ranquear as alternativas para auxiliar os decisores sobre qual alternativa escolher de acordo com os dados aplicados no método. Ao fim foi realizada uma análise comparativa sobre outro trabalho que utilizou dos mesmos dados e aplicou-os no método TOPSIS tradicional. A ideia de se aplicar o método TOPSIS-NE foi mostrar que essa nova técnica tem o poder de refinar os resultados trazendo conclusões mais assertivas e seguras.

## 1. Introdução

Segundo Silva (2020), a pandemia da COVID-19 (coronavírus 2019) é um surto causado pela síndrome respiratória aguda grave do SARS-CoV-2, popularmente conhecido como coronavírus 2. Este surto foi identificado em Wuhan, na China, em dezembro de 2019. O crescimento desordenado e a disseminação mundial impactaram a todos, levando a Organização Mundial da Saúde (OMS) a um extremo nível de alerta. O surto da doença foi declarado em 30 de janeiro de 2020 e a pandemia foi declarada em 11 de março de 2020, um intervalo de tempo curto. O primeiro caso confirmado no Brasil foi em 25 de fevereiro em São Paulo em um paciente de sexo masculino. Desde este caso o Brasil vem sendo intensamente impactado. Mediante a deficiências de políticas de isolamento rígidas e de um criterioso monitoramento do governo, o país atingiu a marca superior a 1.370.000 casos confirmados e 58.300 mortes em 29 de junho de 2020 (SOUZA et.al, 2020).

Conforme exposto por Sales (2020), os efeitos da COVID-19 são muito mais do que complicações pulmonares. A COVID-19 compromete o sistema respiratório a partir de uma resposta inflamatória sistêmica aguda acarretada por danos pulmonares, sendo diretos e indiretos. Os pacientes da COVID-19 podem adquirir comprometimentos em diversos sistemas de grande importância causados pela doença e pela disfunção muscular proveniente da hospitalização, fazendo-se necessário um atendimento multiprofissional. Essas disfunções e toda condição ambiental e pessoal podem afetar a funcionalidade dentro de uma proporção de capacidade biopsicossocial e funcional. Mediante isto, podemos visualizar a importância da tomada de decisão em meio a tempos tão difíceis e a um cenário até então desconhecido, já que as decisões tomadas acarretarão não apenas na economia do país como principalmente na perda de vidas.

De acordo com Souza et al. (2020), a comunidade científica manuseia métodos baseados em agentes (ABM, *Agent-based models* em inglês) para simular possíveis situações na pandemia. Esta alternativa é eficaz na simulação de sistemas complexos e dinâmicos, graças à sua objetividade de execução e resultados assertivos, em comparação aos sistemas reais de eventos passados. Silva et al. (2020) utilizaram um modelo baseado no SEIR - Suscetível, Exposto, Infectado e Recuperado, propondo um pacote chamado de COVID-ABS, que autoriza a concepção de diversos cenários epidemiológicos e econômicos. Os autores obtiveram como resultado uma boa alternativa para o controle da doença, através da imposição do Estado, o *lockdown* (bloqueio total, obrigatoriedade do distanciamento social). Os autores Moser e Yared (2020) concordam em seus argumentos que o *lockdown* é a melhor e mais eficaz alternativa de contenção da propagação da doença, porém os mesmos adicionam que é a opção que mais afeta a economia do país.

Com esse cenário incontrolável sendo a realidade atual, vê-se necessária a implementação de medidas que contribuam para o combate desta grande ascensão numérica, mitigando a propagação do vírus e principalmente o fato de contar com a compreensão e comprometimento de todos os indivíduos envolvidos no processo. As situações geradas pelo COVID-ABS (pacote que permite a geração de diferentes cenários epidemiológicos e econômicos) podem ser consideradas alternativas a ser instalada pelo governo como uma intervenção para combater ou contornar o presente cenário. O protocolo é que cada alternativa possui diversos critérios a serem avaliados referentes à COVID-19, como: número de infectados, número de mortos ou os indivíduos que dependem de atendimento hospitalar - UTI ou não, ou econômicos (pessoas e empresas). Uma consequência visível neste caso é a última alternativa, onde o governo é desfavorecido financeiramente para que pessoas e empresas sejam favorecidas (SOUZA et.al, 2020).

Na literatura, encontram-se diversos métodos de apoio à tomada de decisão multicritério (MCDM, *Multicriteria Decision Making* em inglês) que vem sendo empregados em inúmeras áreas. Um desses métodos é o TOPSIS (Técnica de Ordem de Preferência por Similaridade, que foi desenvolvido por Tzeng e Huang em 1981. Este método tem um número grande em aplicações em logística e gerenciamento de cadeia de fornecedores, engenharia e manufatura, precedido de negócios e marketing. Atualmente foi constatada a utilização do TOPSIS na avaliação dos principais fatores de risco da COVID-19 (SOUZA et.al, 2020). Segundo Majumber et al. (2020), a disseminação do coronavírus é propagada de forma maior através do contato. Este fato implica na revelação da flexibilidade do método e prova que ele pode ser aplicado na avaliação de ações de combate, contenção ou acompanhamento da pandemia.

Em concordância com Souza et.al (2020), esta pesquisa objetivou avaliar diferentes cenários fundamentando critérios epidemiológicos e econômicos referentes à COVID-19. Foram gerados onze diferentes cenários baseados no modelo COVID-ABS apresentado por Silva et al. [2020], sendo no primeiro cenário os agentes permitidos a se movimentar normalmente, os nove seguintes cenários de isolamento social diversificando o controle de 10% a 90%, e o último cenário de *lockdown*. Todos os cenários foram alternativas a serem avaliadas pelo método multicritério TOPSIS. O resultado reflete a predileção do decisor, que são os governantes, ante o julgamento do valor dos critérios. A presente escolha pode ser reconsiderada de acordo com o proceder da pandemia, comprometimento da sociedade às políticas aplicadas e da economia do país.

O prosseguimento do trabalho é ordenado do seguinte modo: o tópico 2 apresenta o referencial teórico referente aos modelos de simulação para o COVID-19 e tomada de decisão multicritério; o tópico 3 apresenta a metodologia utilizada neste trabalho; o tópico 4 discute os resultados obtidos; e no tópico 5 são apresentadas as conclusões.

## 2. Referencial Teórico

Para compreensão do conceito de Tomada de Decisão Multicritério, podemos pensar na etimologia da palavra decisão, na qual, de origem latina, é constituída pelo prefixo *de* (parar, interromper) seguida de *caedere* (cortar, deixar fluir). De modo literal, temos que uma decisão é “deixar fluir”, “parar de cortar”.

Segundo Gomes (2007), , tomar uma decisão muitas vezes é um desafio, uma vez que quando nos deparamos com a necessidade de fazê-la é porque há diante de nós um problema que possui pelo menos duas proporções ou circunstâncias divergentes ou conflitantes e mais de uma possibilidade para sua resolução e, ainda que para solução da questão exista apenas uma ação considerável, a opção de escolhê-la ou não é real e possível. De maneira mais geral e básica, é possível compreender um processo de tomada de decisão como decorrente de uma seleção da melhor alternativa dentre as possíveis, através de uma pessoa ou grupo de pessoas cuja denominação é decisor Assim, tomar decisões estar relacionado a uma dedicação e empenho em solucionar problema de finalidades conflituosas e esse processo demanda a realidade de um conjunto de alternativas possíveis para sua constituição e cada escolha de alternativa está relacionada a um ganho e uma perda. A tomada de decisão é notória em nosso cotidiano e nas mais simplistas situações, entretanto também está presente em cenários mais complexos e, de maneira geral, nesses casos, se torna uma das mais complicadas tarefas encaradas pelos decisores.

Neste contexto, encontramos os Métodos de Decisão Multicritério (MCDM – *Multicriteria Decision Making*), sendo eles métodos que atendem à utilização de mais de um critério de análise de uma ou mais possibilidades de escolhas (ALMEIDA. 2013). Esses métodos são de grande relevância nos contextos das organizações quando deparadas à difíceis decisões e, por meio deles, é possível auxiliar os decisores nesse cenário de dúvidas, complexidades e finalidades conflitantes (WANG, 2010), além de favorecerem à efetividade da tomada de decisão (LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2013).

Os métodos podem ser aplicados de maneira individual ou combinados a outros métodos, já que cada técnica possui sua vantagem e limitações. A combinação de métodos tem objetivo de desfrutar dos benefícios (ou alguns benefícios) específicos de cada uma Ao tratarmos dessas decisões complexas no campo organizacional, encontramos classificações e categorizações ligadas à corrente de pensamento nesse cenário. Vincke (1992) fragmenta os métodos MCDM em métodos da Escola Americana e Escola Europeia. Na segunda corrente de pensamento, escola europeia, os métodos são embasados na busca de um conjunto de alternativas cujo desempenho é melhor (ou pelo menos igual) que as demais alternativas em todos os critérios (ALMEIDA. 2013).

Mediante a isso, foram originados diferentes e variados métodos multicritérios de apoio à decisão, dentre eles, o AHP – Método de Análise Hierárquica (do inglês Analytic Hierarchy Process), fazendo parte da escola americana de pensamento, foi um dos primeiros métodos concebidos para resolver problemas de decisão com múltiplos critérios quantitativos e qualitativos (REIS; LOBLER, 2012).

O MAUT - Multiattribute Utility Theory, também da escola Americana, é compreendido como um método simples e de fácil aplicação cuja operacionalidade é mediante à teoria de utilidade multiatributo através de atribuições de preferências (GOMES et al., 2004). O método chamado ELECTRE (Elimination and Choice Expressing Reality), faz parte da escola francesa e manifesta limites de concordância e discordância entre as opções de decisão (GOMES et al., 2004).O método PROMETHEE (Preference Ranking Organization

Method for Enrichment Evaluations) opera na ordem e seleção de alternativas conforme um determinado conjunto de critérios (GOMES et al., 2004).

O método TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), método base deste estudo, aceita uma quantidade não limitada de critérios para analisar uma quantidade não limitada de alternativas (LIMA JUNIOR; CARPINETTI, 2015). Originalmente proposto por Hwang e Yoon (1981), o método TOPSIS tem sido largamente utilizado para ranquear alternativas por ordem de predileção (LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2013).

De maneira geral, segundo Lima Junior, Osiro e Capinetti (2013), o TOPSIS fundamenta-se em optar uma alternativa que esteja mais perto possível da solução ideal positiva e mais longe da solução ideal negativa. Sendo a solução ideal positiva aquela que fomenta os critérios de benefício e reduz os critérios de custo, apropriando dos melhores valores alcançados pelas alternativas, em oposição à solução ideal negativa que é aquela que aumenta os critérios de custo e diminui os critérios de benefício (KROHLING; SOUZA, 2011).

### **3. Metodologia**

O modelo COVID-ABS apresentado por Silva et al. (2020) foi implementado neste trabalho por ser objetivo, efetivo e de simples aplicação, possibilitando também a criação de possíveis cenários que abrangem tanto critérios epidemiológicos quanto econômicos. Os diferentes parâmetros e a versatilidade desse modelo autorizam a simulação de distintas escalas espaciais e demográficas, distintas fases da epidemia e políticas socioeconômicas. No presente trabalho foram desenvolvidos onze cenários diferentes, com diversas políticas sociais de combate à pandemia do novo coronavírus.

Os padrões do modelo COVID-ABS foram determinados conforme a Tabela 1. A variação gradual dos graus de isolamento social teve um enfoque maior, de 0 a 100%. Sendo assim, o primeiro cenário representa o isolamento social de 0%, ou seja, quando nada é realizado. O segundo cenário é de isolamento parcial de 10% da população, depois de 20% e assim consecutivamente. O último cenário representa o isolamento social total, representando 100% de isolamento, chamado também de *lockdown*. Na modelagem COVID-ABS cada processo corresponde a uma hora e, para esse trabalho, todas as situações foram simuladas com 1440 processos (o correspondente a 2 meses), considerando hábitos sociais como trabalho, folgas e mesmo rotinas financeiras como a remuneração de salários e impostos.

Variável	Domínio	Valor Simulado	Fonte
<b>Sócio-Demográficas</b>			
$\alpha_1$ - Largura	$\mathbb{N}^+$	500	Definida empiricamente.
$\alpha_2$ - Comprimento	$\mathbb{N}^+$	500	Definida empiricamente.
$\alpha_3$ - Tamanho da população	$\mathbb{N}^+$	300	Definida empiricamente.
$\alpha_4$ - Distribuição etária	[0, 100]	$\beta(2, 4)$	IBGE [Acess: June 02, 2020b]
$\alpha_5$ - Tamanho médio das famílias	$\mathbb{N}^+$	3	IBGE [Acess: June 02, 2020a]
$\alpha_6$ - Mobilidade	$\mathbb{N}^+$	10	Definida empiricamente.
$\alpha_7$ - Taxa de desabrigados	[0, 1]	0.0005	IPEA [Acess: June 02, 2020]
<b>Epidemiológicas</b>			
$\beta_1$ - Distância de contágio	$\mathbb{R}^+$	1	Ferguson et al. [2020]
$\beta_2$ - Probabilidade de contágio	[0, 1]	0.9	Ferguson et al. [2020]
$\beta_3$ - Tempo de incubação	$\mathbb{N}^+$	5 – 6	Lima [2020]; Li et al. [2020]
$\beta_4$ - Tempo de transmissão	$\mathbb{N}^+$	8 – 10	Lauer et al. [2020]
$\beta_5$ - Tempo de recuperação	$\mathbb{N}^+$	20	Housen et al. [Acess: June 02, 2020]
$\beta_6$ - Taxa de internação por idade	[0, 1]	Vide fonte	Ferguson et al. [2020]
$\beta_7$ - Taxa de internação em UTI por idade	[0, 1]	Vide fonte	Ferguson et al. [2020]
$\beta_8$ - Taxa de fatalidade por idade	[0, 1]	Vide fonte	Ferguson et al. [2020]
$\beta_9$ - % inicial de infectados	[0, 1]	0.01	Definido pelos autores.
$\beta_{10}$ - % inicial de imunes e recuperados	[0, 1]	0.01	Definido pelos autores.
$\beta_{11}$ - Limite crítico do Sistema de Saúde	[0, 1]	0.05	Proporção da população referente à disponibilidade de leitos de UTI
<b>Econômicas</b>			
$\gamma_1$ - Distribuição de renda		Vide fonte	IndexMundi [Acess: June 02, 2020]; World Bank [Acess: June 03, 2020]
$\gamma_2$ - Negócios por 100 mil habitantes	$\mathbb{R}^+$	0,01875	IBGE [Acess: June 03, 2020]
$\gamma_3$ - PIB total	$\mathbb{R}^+/\text{R\$}$	1.000.000,00	Definido pelos autores.
$\gamma_4$ - Fatia governamental do PIB	[0, 1]	0.01	Definido pelos autores.
$\gamma_5$ - Fatia comercial PIB das	[0, 1]	0.05	Definido pelos autores.
$\gamma_6$ - Fatia poulacional do PIB	[0, 1]	0.04	
$\gamma_7$ - Renda mínima líquida	$\mathbb{R}^+/\text{R\$}$	900,00	
$\gamma_8$ - Despesa mínima	$\mathbb{R}^+/\text{R\$}$	600,00	
$\gamma_9$ - Taxa de desemprego	[0, 1]	0.12	Exame [Acess: June 03, 2020]
$\gamma_{10}$ - Taxa de informalidade	[0, 1]	0.40	Exame [Acess: June 03, 2020]; Sebrae [May, 2019]
$\gamma_{11}$ - População Economicamente Ativa (PEA)			16 < PEA < 65

Tabela 1: Parâmetros do modelo COVID-ABS, adaptado de Silva et.al (2020). Fonte: Souza et.al (2020).

Objetivando tornar os dados finais mais completos às variações aleatórias, todos os cenários foram executados 35 vezes e os valores dos critérios de decisão ponderam o valor médio das realizações. O método TOPSIS foi implementado para organizar os cenários, ou seja, as alternativas, de acordo com as predileções dos decisores através de pesos concedidos aos parâmetros. A criação deste método vem da matriz de decisão  $D$ , descrita em (5), e um vetor de pesos. No presente trabalho os pesos foram adquiridos a partir da média objetiva da sentença de dois decisores (SOUZA et.al, 2020).

### 3.1 TOPSIS

O método TOPSIS posiciona as alternativas relacionando-as com o ponto ideal e o não-ideal. O modelo utiliza a distância entre dois pontos para calcular o valor de uma alternativa. Os pontos são conhecidos como PIS (*positive ideal solution*), que se trata do ideal e o Nadir, chamado de NIS (*negativa ideal solution*).

Para a aplicação do método, são utilizados 6 passos: a construção da matriz de decisão, o cálculo da matriz normalizada, o cálculo da matriz com os pesos, a identificação da PIS e da NIS, o cálculo das distâncias entre a situação ideal positiva e cada alternativa ( $D^+$ ) e situação ideal negativa e cada alternativa ( $D^-$ ) e o cálculo da similaridade para a posição ideal positiva.

Segundo Gomes e Gomes (2014), existem quatro procedimentos de normalização habitualmente empregados no cálculo da matriz normalizada, são eles:

1º Procedimento: atua através do valor máximo das pontuações;

$$P_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max x_{ij}}, \text{ onde } i = 1, \dots, m; e, j = 1, \dots, n \quad (1)$$

2º Procedimento: age por meio da diferença de pontuações e o valor máximo e mínimo das pontuações;

$$P_{ij} = \frac{x_{ij} - \min x_{ij}}{\max x_{ij} - \min x_{ij}}, \text{ onde } i = 1, \dots, m; e, j = 1, \dots, n \quad (2)$$

3º Procedimento: opera em decorrência da soma das pontuações;

$$P_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}}}, \text{ onde } i = 1, \dots, m; e, j = 1, \dots, n \quad (3)$$

4º Procedimento: procede da raiz quadrada da soma dos quadrados das pontuações;

$$P_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}, \text{ onde } i = 1, \dots, m; e, j = 1, \dots, n \quad (4)$$

A aplicabilidade deste método é detalhada em passos subsequentes que estão detalhados a seguir:

1º Passo- Construção da matriz de decisão: Se dá com a construção de uma matriz de decisão  $m \times n$ , sendo “m” as alternativas e “n” os critérios de avaliação;

$$M = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_j & \dots & C_m \\ \begin{matrix} A_1 \\ \vdots \\ A_i \\ \vdots \\ A_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & \dots & m_{1j} & \dots & m_{1m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ m_{i1} & m_{i2} & \dots & m_{ij} & & m_{im} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ m_{n1} & m_{n2} & \dots & m_{nj} & \dots & m_{nm} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (5)$$

$$\tilde{W} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_m] \quad (6)$$

2º Passo- Cálculo da matriz normalizada: De acordo com Gomes e Gomes (2014) a normalização da matriz de decisão é realizada de várias maneiras. Normalmente o método TOPSIS utiliza a normalização linear, conforme a fórmula abaixo:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (7)$$

O objetivo da normalização é tornar valores de mesma dimensão, adimensionais.

3º Passo- Cálculo da matriz com os pesos: Realiza-se a multiplicação da matriz normalizada pelos pesos dos critérios correspondentes. Obtêm-se a determinação dos pesos através da compreensão de valor do decisor ou de um grupo de decisores. Hwang e Yoon (1981) utilizam para a aquisição dos pesos a aplicação de pesos lineares;

$$r_{ij} = w_j n_{ij}, \quad i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n \quad (8)$$

Sendo  $w_j$  o peso do atributo ou critério e:

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1 \quad (9)$$

4º Passo- Identificação da solução ideal (PIS) e da solução não-ideal (NIS): Nesta fase, designa-se os melhores níveis, que caracterizam a solução ideal ( $S^+$ ) para cada um dos critérios considerados. Opera-se da mesma forma em relação aos piores níveis, que correspondem a solução não-ideal, ( $S^-$ ). São empregadas as equações destacadas abaixo:

$$S^+ = \{(max v_{ij} | j \in J), (min v_{ij} | j \in J')\} \quad (10)$$

$$S^- = \{(min v_{ij} | j \in J), (max v_{ij} | j \in J')\} \quad (11)$$

5º Passo- Cálculo das distâncias entre a situação ideal positiva e cada alternativa (D+) e situação ideal negativa e cada alternativa (D-): Determina-se a medida de separação para cada alternativa em referência à solução ideal e não-ideal. Decorrente da fórmula abaixo, calcula-se as distâncias euclidianas entre cada alternativa e sua solução ideal positiva ( $D^+$ ) e sua solução não-ideal ( $D^-$ ).

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n [v_{ij}(x) - v_j^+(x)]^2} \quad (12)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n [v_{ij}(x) - v_j^-(x)]^2} \quad (13)$$

6º Passo- Cálculo da similaridade para a posição ideal positiva: Em síntese, alcança-se o coeficiente C ou resposta da aproximação da situação ideal (C) e a definição da ordenação das alternativas, por meio da equação:

$$C_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \quad (14)$$

A classificação das alternativas ocorre de forma decrescente em conformidade com os valores do coeficiente de aproximação, estabelecidos no intervalo [0,0; 1,0]. As opções mais satisfatórias são aquelas que apresentam o desempenho geral mais próximo de 1,0.

### 3.2 TOPSIS-2NE

O método TOPSIS-2NE (*TOPSIS-TWICE Normalized Elliptical*) além de realizar duas normalizações assim como o método abordado anteriormente, irá diferenciar-se em virtude do uso da distância elíptica e não mais da distância euclidiana. Nesse caso, o TOPSIS duas vezes normalizado é calculado pelo comprimento da elipse pois há a necessidade de verificar uma distância sem o pressuposto básico de saber o caminho onde o “pulso” pode ir. (SILVA; GOMES; SOUZA, 2020).

Segundo SILVA et al., (2020), tais distâncias são capazes de seguir por um caminho positivo ou negativo e, dessa forma, o TOPSIS-2NE objetiva possuir distâncias menos dispersas para a classificação de alternativas compensatórias quando comparado ao TOPSIS-2N.

O método utiliza os métodos de normalização apresentados nas equações (15) e (16) a seguir:

$$y_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (15)$$

$$y_{ij} = x_{ij} / \max x_i \quad (16)$$

A diferença do TOPSIS-2NE está a partir da equação (14), que após concluída, o método utiliza a equação (17) para calcular as distâncias elípticas positivas e negativas, seguido do cálculo da excentricidade elíptica, que é obtida através da equação (18), que depende do “c”, calculado pela equação (19), que é a possível hipotenusa, partindo do princípio de não se ter um caminho premeditado para o pulso seguir.

$$L = \pi a \left( 2 - \frac{e^2}{2} - 3 \frac{e^4}{32} - 5 \frac{e^6}{128} \right) \quad (17)$$

Onde:

$L$  = Distância elíptica;

$a$  = solução ideal positiva e negativa;

$e$  = excentricidade elíptica, obtida por:

$$e = \frac{c}{a} \quad (18)$$

$c$  = hipotenusa, obtida por:

$$c^2 = a^2 - b^2 \quad (19)$$

#### 4. Resultados

Souza et.al (2020) adquiriu através de experimentos no COVID-ABS os critérios de avaliação que serão utilizados na aplicação do método: C1- percentual máximo de infectados; C2- percentual máximo de mortos; C3- percentual máximo de internações hospitalares (casos não tão graves); C4- percentual máximo de internações em UTI (Unidades de Tratamento Intensivo), que serão utilizados para os casos mais graves; C5- variação do PIB, em porcentagem, ou a riqueza de pessoas físicas e, por fim, C6- variação do PIB de negócios, pessoas jurídicas ou do PIB governamental, em porcentagem.

Os valores obtidos para cada parâmetro, que serão utilizados na formulação da matriz de decisão, estão representados na Tabela 2. De acordo com Souza et.al (2020), o PIB governamental não foi incluso na lista de critérios por entender que quando um governo perde dinheiro, outro está ganhando e, por isso, não foi incluído.

Cenário	C1: Infectados	C2: Mortos	C3: Internações	C4: Casos Graves	C5: PIB Pessoas	C6: PIB Negócios	PIB Governo
A1: 0% (Nao fazer nada)	0,916272	0,110956	0,089818	0,00059	-0,141817	0,165193	0,01446
A2: 10% isolamento	0,885429	0,109429	0,084952	0,000571	-0,196017	0,14017	0,016525
A3: 20% isolamento	0,853143	0,106286	0,07981	0,000857	-0,204683	0,140187	0,018915
A4: 30% isolamento	0,825905	0,102667	0,075048	0,000857	-0,175191	0,104488	0,01697
A5: 40% isolamento	0,78019	0,105143	0,077048	0,000667	-0,163578	0,082702	0,016195
A6: 50% isolamento	0,736667	0,093238	0,066857	0,000667	-0,153132	0,066399	0,017528
A7: 60% isolamento	0,551048	0,072857	0,049143	0,001619	-0,122949	0,031384	0,019066
A8: 70% isolamento	0,426857	0,061714	0,038476	0,001429	-0,093921	-0,004884	0,019731
A9: 80% isolamento	0,201048	0,033143	0,01581	0,001429	-0,080097	-0,024124	0,023929
A10: 90% isolamento	0,066381	0,010952	0,005238	0,001143	-0,057878	-0,052935	0,026763
A11: 100% (Lockdown)	0,045629	0,009952	0,008449	0,001099	-0,059182	-0,075627	0,037264

Tabela 2: Valores dos diferentes níveis de isolamento para cada cenário. Fonte: Souza et.al (2020).

Para a obtenção dos pesos, Souza et.al (2020) entrevistou dois especialistas sobre o assunto que indicaram, de 0 a 10, os pesos que escolheram para cada critério de avaliação, como é visto na Tabela 3.

Formato dos dados	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Julgamento DM1	7	3	5	3	5	3
Julgamento DM2	10	4	8	7	8	6
Pesos ajustados	0,2508	0,1042	0,1891	0,139	0,1891	0,1274

Tabela 3: Valores dos pesos escolhidos por cada especialista e seus respectivos valores médios. Fonte: Souza et.al (2020).

De acordo com os passos já abordados sobre o método TOPSIS, Souza et.al criou uma matriz já normalizada e ponderada juntamente com as soluções ideais e não-ideais e o ranqueamento obtido, como pode ser observado na Tabela 4.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	D+	D-	CCi	Ordem
A1	0,1058	0,0418	0,0829	0,0234	-0,0573	0,0669	0,1342	0,1088	0,4424	5
A2	0,1022	0,0412	0,0784	0,0227	-0,0793	0,0568	0,1395	0,0971	0,4103	7
A3	0,0985	0,04	0,0737	0,034	-0,0828	0,0568	0,1361	0,0933	0,4067	8
A4	0,0954	0,0387	0,0693	0,034	-0,0708	0,0423	0,1284	0,0818	0,3891	10
A5	0,0901	0,0396	0,0711	0,0264	-0,0661	0,0335	0,1259	0,0788	0,3851	11
A6	0,085	0,0351	0,0617	0,0264	-0,0619	0,0269	0,117	0,0781	0,4003	9
A7	0,0636	0,0274	0,0453	0,0643	-0,0497	0,0127	0,1048	0,0798	0,4323	6
A8	0,0493	0,0232	0,0355	0,0567	-0,038	-0,0019	0,0968	0,0931	0,4901	4
A9	0,0232	0,0125	0,0146	0,0567	-0,0324	-0,0097	0,0873	0,124	0,5869	3
A10	0,0076	0,0041	0,0048	0,0454	-0,0234	-0,0214	0,0913	0,1453	0,6142	1
A11	0,0052	0,0037	0,0078	0,0436	-0,0239	-0,0306	0,0998	0,1452	0,5925	2
PIS	0,0052	0,0037	0,0048	0,0227	-0,0234	0,0669				
NIS	0,1058	0,0418	0,0829	0,0643	-0,0828	-0,0306				

Tabela 4: Matriz de desempenho normalizada e ponderada, solução ideal e não-ideal, medidas de separação D+ e D-, coeficiente de aproximação CCi e o ranqueamento final de cada alternativa. Fonte: Souza et.al (2020).

No método tradicional TOPSIS utilizado por Souza et.al (2020), a melhor alternativa, de acordo com a tabela anterior, foi a alternativa A10, que representa 90% de isolamento, seguida da alternativa A11, que seria o chamado *lockdown*.

O presente trabalho tomou como base o estudo de Souza et.al (2020), contudo, diferente do autor, o mesmo foi fundamentado no método TOPSIS-2NE, onde sua principal diferença é trabalhar com distâncias elípticas ao invés de euclidianas – distâncias utilizadas pelo método TOPSIS tradicional. Sendo assim, os resultados da aplicação do método TOPSIS-2NE para a 1ª e 2ª normalização da soma ideal, média ideal, soma não-ideal e média não-ideal estão apresentados na Tabela 5 a seguir:

Solução da 1ª Normalização				
Alternativas	Ranking Soma Ideal	Ranking Média Ideal	Ranking Soma Não-Ideal	Ranking Média Não-Ideal
A1	1	1	1	1
A2	2	2	2	2
A3	3	3	10	10
A4	4	4	3	3
A5	5	5	4	4
A6	6	6	5	5
A7	7	7	6	6
A8	8	8	7	7
A9	9	9	8	8
A10	10	10	9	9
A11	11	11	11	11
Solução da 2ª Normalização				
	Ranking Soma Ideal	Ranking Média Ideal	Ranking Soma Não-Ideal	Ranking Média Não-Ideal
A1	1	1	4	4
A2	2	2	2	2
A3	3	3	5	5
A4	4	4	6	6
A5	5	5	7	7
A6	6	6	8	8
A7	7	7	9	9
A8	8	8	10	10
A9	9	9	11	11
A10	10	10	3	3
A11	11	11	1	1

Tabela 5: Ranqueamento das alternativas da 1ª e 2ª normalização da soma ideal, média ideal, soma não-ideal e média não-ideal do TOPSIS-2NE. Fonte: Elaborado pelo autor.

Para se chegar aos resultados do método TOPSIS-2NE foi utilizado o software disponibilizado no endereço web: <http://www.topsis2ne.com>, criado por Vanildo Vanni (IBM).

#### 4. Conclusão

O método TOPSIS-2NE mostrou-se capaz de auxiliar o decisor a atingir um resultado mais satisfatório e apropriado da decisão a ser tomada; refinando as alternativas e levando o usuário a uma decisão mais assertiva e ideal. Ele possui uma possibilidade de análise mais aprimorada que o TOPSIS tradicional.

O TOPSIS-2NE quando comparado ao TOPSIS tradicional revelou resultados agrupados enquanto o TOPSIS condicionou resultados dispersos determinando alternativas compensatórias, provando que a maior eficácia compete ao TOPSIS-2NE.

## 5. Referências

- ALMEIDA, A. T. **Processo de decisão nas organizações**: construindo modelos de decisão multicritério. São Paulo: Atlas, 2013.
- GOMES, C. F. S.; GOMES, L. F. A. M. A função de decisão multicritério. Parte I: Dos conceitos básicos à modelagem multicritério. **Revista do Mestrado em Administração e Desenvolvimento Empresarial**, v. 2, n. 3, p. 00093-4, 2007.
- GOMES, Luiz; ARAYA, Marcela; CARIGNANO, Claudia. **Tomada de decisões em cenários complexos**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning. 2004.
- GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S. **Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2014.
- HWANG, C. L.; YOON, K. Methods for Multiple Attribute Decision Making. **Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems**, 58–191. 1981.
- KROHLING, Renato; SOUZA, Talles. Dois Exemplos da Aplicação da Técnica TOPSIS para Tomada de Decisão. **Revista de Sistemas de Informação da FSMA** n. 8 pp. 31-3. 2011.
- LIMA JUNIOR, Francisco Rodrigues; CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. Uma comparação entre os métodos TOPSIS e Fuzzy-TOPSIS no apoio à tomada de decisão multicritério para seleção de fornecedores. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 22, n. 1, p. 17-34, mar. 2015
- LIMA JUNIOR, F. R.; OSIRO, L.; CARPINETTI, L. C. R. Métodos de decisão multicritério para seleção de fornecedores: um panorama do estado da arte. **Revista Gestão & Produção**, v. 20, n. 4, p. 781-801, 2013.
- MOSER, C. A. e YARED, P. Pandemic lockdown: The role of government commitment. Technical report, **National Bureau of Economic Research**, 2020.
- REIS, Eliete; LOBLER, Mauri Leodir. O processo decisório descrito pelo indivíduo e representado nos sistemas de apoio à decisão. **Rev. adm. contemp.** Curitiba, v. 16, n. 3, p. 397-417, June 2012.
- SALES, E. M. P.; SANTOS, J. K. M.; BARBOSA, T. B.; SANTOS, A. P. Fisioterapia, funcionalidade e COVID-19: revisão integrativa. **Cadernos ESP**. Ceará–Edição Especial. 2020, JAN. JUN.; 14(1): 68–73
- SILVA, Marcela do Carmo; GOMES, Carlos Francisco Simões; SOUZA, Reinaldo Castro; SANTOS, Marcos dos. TOPSIS-2NE's Proposal. **Anais do LII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional (SBPO)**, 2020.
- SILVA, P. C., BATISTA, P. V., LIMA, H. S., ALVES, M. A., GUIMARÃES, F. G., e SILVA, R. C. Covid-abs: an agent-based model of covid-19 epidemic to simulate health and economic effects of social distancing interventions. **Chaos, Solitons Fractals**, 139, 2020.
- SOUZA, Lucas Pimenta; ALVES, Marcos Antônio Alves; GUIMARÃES, Frederico Gadelha; SILVA, Petrônio Cândido de Lima; BATISTA, Paulo Vitor do Carmo. Tomada de decisão multicritério para classificação de políticas de enfrentamento à COVID-19. **Anais do LII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**, 2020.
- TZENG, G. H. e HUANG, J. J. Multiple attribute decision making. **Springer-Verlag Berlin**, 1981.
- SANTOS, Marcos dos; GOMES, Carlos Francisco Simões; VANNI, Vanildo Alexandre Meirelles. **TOPSIS-2NE software (v.1)**, 2020. Registro de Programa de Computador nº BR 512020001956-0.
- VINCKE, P. **Multicriteria decision aid**. New York: John Wiley & Sons, 1992.
- WANG, W. A fuzzy linguistic computing approach to supplier evaluation. **Applied Mathematical Modelling**, v. 34, n. 10, p. 3130-3141, 2010