

## POTENCIAL REGIONAL PARA IMPLANTAÇÃO DE PARQUE EÓLICO: UMA ABORDAGEM POR MEIO DO ANALYTIC HIERARCHY PROCESS

### REGIONAL POTENTIAL FOR WIND FARM IMPLEMENTATION: AN APPROACH THROUGH THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS

Vanielle Aparecida do Patrocínio Gomes\* E-mail: [vaniellea.gomes@hotmail.com](mailto:vaniellea.gomes@hotmail.com)

Rodrigo Randow de Freitas\* E-mail: [rodrigo.r.freitas@ufes.br](mailto:rodrigo.r.freitas@ufes.br)

\*Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), São Mateus, ES, Brasil.

**Resumo:** A energia eólica está desempenhando um papel fundamental na matriz energética do Brasil, um dos motivos é que o país possui características que contribuem para esse tipo de energia, em especial o regime de ventos. A região nordeste brasileira, atualmente, é onde se concentra o maior número de parques eólicos, porém, o litoral do estado do Espírito Santo possui potencial eólico instalável e não conta com nenhum parque eólico instalado. Assim, o objetivo deste estudo é analisar o potencial dos municípios de Linhares, São Mateus e Conceição da Barra, localizados na região norte do estado, de receberem a implantação de parques eólicos, a fim de hierarquizá-los quanto à sua capacidade e potencial desenvolvimento perante a atividade, quando comparados entre si. Para isso, foi utilizado um método de análise multicritério para a tomada de decisão, *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Os resultados apontaram que o indicador considerado mais relevante no momento da tomada de decisão foi o ambiental, e que o município com maior potencial de receber a instalação de um parque eólico é Linhares, e de acordo com a literatura, no litoral norte do município está representada a maior potencialidade. Características do local como vento, ambiente e espaço contribuem com o resultado encontrado.

**Palavras-chave:** AHP. Energia Eólica. Espírito Santo. Parque Eólico.

**Abstract:** Wind energy is playing a fundamental role in Brazil's energy matrix, one of the reasons is that the country has characteristics that contribute to this type of energy, especially the wind regime. The Brazilian northeast region is currently where the largest number of wind farms are concentrated, however, the coast of the state of Espírito Santo has installable wind potential and does not have any wind farms installed. Thus, the objective of this study is to analyze the potential of the municipalities of Linhares, São Mateus and Conceição da Barra, located in the northern region of the state, to receive the implementation of wind farms, in order to rank them in terms of their capacity and potential development. activity, when compared to each other. For this, a multicriteria analysis method for decision making, *Analytic Hierarchy Process* (AHP), was used. The results showed that the indicator considered most relevant at the time of decision making was the environmental one, and that the municipality with the greatest potential to receive the installation of a wind farm is Linhares, and according to the literature, on the north coast of the municipality is represents the greatest potential. Site characteristics such as wind, environment and space contribute to the result found.

**Keywords:** AHP. Wind Energy. Espirito Santo. Wind Farm.

## 1 INTRODUÇÃO

Energia é um termo amplo, em que eletricidade ou energia elétrica pode ser considerada como uma das diversas formas de energia encontrada na natureza (CHAVES; TOSTA, 2016). As fontes de energia podem ser classificadas como primárias ou secundárias, sendo que as primárias podem ser classificadas como não renováveis ou renováveis. Como Guerra *et al.* (2015) apresentam, as fontes de energias renováveis são as que menos degradam o meio ambiente.

Globalmente, ao buscar fontes alternativas de energia, devido ao impacto ambiental proveniente das fontes tradicionais, destaca-se a eólica, a energia dos ventos (GARCÍA-MARTOS; CARO; SÁNCHEZ, 2015, CHAVES; TOSTA, 2016). No Brasil, a energia eólica está em franca expansão, sendo considerada atualmente uma fonte consolidada, tendo papel fundamental na matriz energética brasileira e sendo a segunda maior fonte de energia no país (ABEEÓLICA, 2020, SOARES, 2020).

O cenário brasileiro é promissor para esse tipo de energia, com ventos estáveis, intensidade certa e sem severas mudanças de velocidade ou de direção. Em 2018, considerando todas as fontes de geração de energia elétrica, 6,37 GW de potência foram instalados, sendo 30,42% de participação da fonte eólica (1,94 GW), com 75 novos parques eólicos, colando o Brasil em 5º lugar no *ranking* mundial de capacidade eólica nova naquele ano. Os estados brasileiros com maior geração de energia a partir dos ventos estão localizados na região Nordeste. Já a região Sudeste registrou 0,05 TWh de geração, que representa 0,1% da energia gerada em 2018, sendo que apenas o estado do Rio de Janeiro apresenta geração eólica de usinas em operação comercial (ABEEÓLICA, 2019).

O Espírito Santo, estado alvo deste estudo, importa 67% da energia que consome e 60% de sua capacidade de geração advém da fonte térmica (AMARANTE; SILVA; ANDRADE, 2009). O estado possui potencial eólico instalável de 129 MW em alturas de 50 m, 448 MW em alturas de 75 metros e 1.143 MW em alturas de 100m (TOLMASQUIM, 2016). Entretanto, mesmo com tal potencial existente, poucos são os estudos realizados para verificar a real capacidade de captação da energia proveniente dos ventos, considerando os diversos benefícios que a fonte eólica apresenta.

Como a grande contribuição dessa fonte de energia são os ventos, verifica-se que as regiões com ventos médios anuais mais intensos no Espírito Santo encontram-se nos litorais sul e centro-norte (AMARANTE; SILVA; ANDRADE, 2009). Corroborando, Machado, Silva e Patrocínio (2017) mencionam que a implantação de um parque eólico poderia contribuir para o meio ambiente, reduzir a emissão dos gases de efeito estufa, além de não gerar resíduos e gerar investimentos em locais desfavorecidos. Tem-se, assim, que a implantação dos aerogeradores seria umas das opções mais viáveis na competição, em termos de rentabilidade com as fontes energéticas tradicionais.

Ao analisar o cenário energético no estado, foi possível identificar, com o auxílio de um método de tomada de decisão ou método de análise multicritério, o potencial dos municípios de receberem parques eólicos, limitando o estudo ao litoral norte do estado. Para isso, dentre os métodos de análise multicritério, destaca-se o *Analytic Hierarchy Process* (AHP), que é o mais utilizado e difundido globalmente. Este método foi desenvolvido na década de 1970 por Thomas L. Saaty, nos Estados Unidos (SAATY, 1977).

Assim, com a análise do panorama energético brasileiro e, especificamente, o potencial eólico capixaba, este estudo tem como objetivo analisar o potencial dos municípios litorâneos do norte do estado do Espírito Santo (Linhares, São Mateus e Conceição da Barra), para receberem a implantação de parques eólicos, com o intuito de hierarquizar tais municípios quanto à sua capacidade e potencialidade de desenvolvimento perante a atividade, quando comparados entre si.

## **2 DESENVOLVIMENTO**

### **2.1 Referencial Teórico**

Os métodos de Análise de Decisão Multicritérios (*Multi-Criteria Decision Analysis* - MCDA) são uma parte importante da Pesquisa Operacional (PO) (DELLA BRUNA JÚNIOR; ENSSLIN; ENSSLIN, 2014), que, segundo Zahedi (1986), são adequados para auxiliar nas tomadas de decisões complicadas e evasivas, levando a aplicações em áreas altamente diversas e com uma ampla literatura.

Marttunen, Lienert e Belton (2017) mencionam os principais métodos de MCDA, que são: *Analytic Hierarchy Process* (AHP), *Analytic Network Process* (ANP);

*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS), Elimination Et Choix Traduisant la REalité - Elimination and Choice Expressing Reality (ELECTRE), Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique (MACBETH), Multi-Attribute Value Theory/Analysis - including e.g. MACBETH, Simple Added Weighting (MAVT, MAVA) e Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation (PROMETHEE).*

**Tabela 1** – Indicação comparativa simplificada de exemplos de métodos multicritérios

Características	AHP	TOPSIS	ELECTRE I
Processo central	Criação de estrutura hierárquica e matrizes de comparação paritária		Determinação de índices de concordância e discordância
Necessidade de quantificar a importância relativa dos critérios	Sim	Sim	Sim
Determinação de peso	Matrizes de comparação de pares (escala 1-9)		Nenhum método específico. Com base no tomador de decisão
Número e tipo de relações de subordinações	$N(N - 1) / 2$	1	1
Verificação de consistência	Fornece	Nenhuma	Nenhuma
Estrutura do problema	Pouco número de alternativas e critérios, análise quantitativa ou qualitativa de dados	Grande número de alternativas e critérios, utiliza dados objetivos e quantitativos	Grande número de alternativas e critérios, utiliza dados objetivos e quantitativos
Resultados Finais	Ordenação geral	Ordenação geral	Subconjunto de alternativas

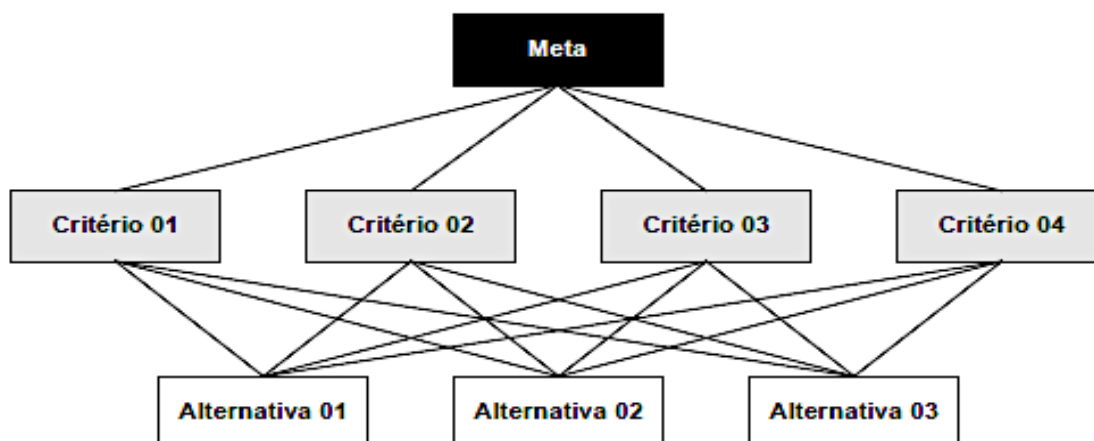
**Fonte:** Adaptado de Saaty (1977), Lima Júnior e Carpinetti (2015). Kou *et al.* (2012) e Gonçalves *et al.* 2017.

Para este estudo, dentre os métodos MCDA, foi utilizado o método AHP, no qual são consideradas variáveis ou critérios para a priorização e seleção de alternativas (VARGAS, 2010; MADEIRA; MADEIRA; VIEIRA, 2019). Tal método foi escolhido por ser apontado como o mais utilizado, com sua base na matemática e psicologia, possuindo vantagem sobre os demais MCDA's (ZYOULD; FUCHS-HANUSCH, 2017).

Tal método se preocupa em decompor um problema complexo em uma hierarquia, a qual consiste em agrupamentos e cada qual é decomposto em sub agrupamentos representados em níveis inferiores (SAATY; VARGAS, 1979) (Figura 1). No primeiro nível encontra-se o objetivo ou meta de decisão, passando por

critérios (podendo haver subcritérios) e alternativas, em sucessivos níveis, fazendo com que esta última tenha uma ordem prioritária.

**Figura 1** – Modelo de estrutura hierárquica do AHP



**Fonte:** Vargas (2010).

Para que as alternativas sejam dispostas em ordem prioritária, utiliza-se julgamentos de pesquisadores da área ou contexto, com a construção de matrizes e comparação par a par, como proposto por Morimoto e Oliveira (2019). Para isso, utiliza-se a Escala Numérica de Saaty, a mais utilizada (VARGAS, 2010), atribuindo valores de 1 a 9, definindo a importância relativa entre itens (Tabela 1).

**Tabela 1** – Escala Fundamental de Saaty

Intensidade da Importância/Preferência	Definição	Explicação
1	Igualmente importante/Preferível	Os dois fatores são igualmente importantes/Preferíveis
3	Importância/Preferência moderada	Importância/Preferência moderada por um dos fatores
5	Importância/Preferência forte	Importância/Preferência forte por um dos fatores
7	Importância/Preferência muito forte	Importância/Preferência muito forte por um dos fatores
9	Importância/Preferência absoluta	Importância/Preferência absolutamente maior por um dos fatores
2, 4, 6 e 8	Valores intermediários	

**Fonte:** Adaptado de Saaty e Vargas (1979).

A matriz de julgamentos obtida por meio da utilização da Escala de Saaty (Tabela 1) utiliza a teoria da matriz Recíproca (Figura 2), conforme apresentado por

Gomes, Julio e Freitas (2016), onde  $n$  é o número de elementos da matriz;

$a_{ij} > 0 \rightarrow$  positiva,  $a_{ij} = 1 \therefore a_{ji} = 1$  e  $a_{ij} = 1/a_{ji} \rightarrow$  recíproca.

**Figura 2** – Matriz de julgamentos

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 1/a_{n1} & 1/a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

**Fonte:** Saaty (1977) e Gomes, Julio e Freitas (2016).

Após a atribuição dos pesos de cada julgador, faz-se necessário verificar se existe algum desvio entre as comparações. Como Saaty (1990) sugere, calcula-se a razão de consistência (*Consistency Ratio* - CR), que é obtida através da Equação 1:

$$CR = \frac{IC}{IR} \quad (1)$$

Sendo que IC é o Índice de Consistência, dado por  $\frac{(\lambda_{máx.} - n)}{(n-1)}$ , em que  $\lambda_{máx.}$  é

o maior autovalor da matriz de julgamentos. IR é o Índice Randômico, padronizado e dependente da ordem  $n$  da matriz, conforme a Tabela 2 (ALKHARABSHEH; MOSLEM; DULEBA, 2019, SAATY, 1977). Caso CR seja significativamente pequena, ou seja, cerca de 20% ou menos, o julgamento é aceito (SAATY, 2001), se essa condição não for satisfeita deve-se refazer ou descartar a avaliação.

**Tabela 2** – Índice Randômico

n	2	3	4	5	6	7	8	9
IR	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45

**Fonte:** Adaptado de Alkharabsheh; Moslem; Duleba (2019) e Saaty (1977).

Para a realização do teste, como na metodologia apresentada por Gomes, Julio e Freitas (2016), as matrizes são submetidas ao cálculo do autovalor máximo ( $\lambda_{máx.}$ ), dado pela Equação 2, em que T é o somatório das colunas das matrizes e w é o autovetor normalizado.

$$\lambda_{máx.} = T \cdot w \quad (2)$$

Assim, para cada matriz de julgamento, o cálculo do autovetor faz-se necessário, sendo este estimado pela média geométrica de cada uma das linhas das matrizes, e a seguir, deve-se realizar a normalização.

Por fim, o resultado dos passos citados é um *ranking* com os pesos para cada uma das alternativas avaliadas. Assim, o tomador de decisão terá como base os pesos das alternativas para fazer a melhor escolha (CORSI; BARBOSA; MORO, 2020).

## 2.2 Material e Métodos

São estudados os três municípios litorâneos da região norte do estado do Espírito Santo: Linhares, São Mateus e Conceição da Barra. Esses municípios foram selecionados com base em suas características, proximidade e posição geográfica no estado.

Quanto à metodologia utilizada, foi aplicada o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP), que integra e analisa os dados coletados. O problema a ser estudado foi definido e a hierarquia de decisão foi estruturada após uma busca inicial na literatura sobre o tema e o estudo bibliométrico de Gomes e Freitas (2019). Para obter os níveis intermediários da estrutura, foi elaborada uma planilha eletrônica, na qual os dados quantitativos sobre cada município em estudo foram coletados, também a partir de bibliografias já publicadas.

A fim de definir o município no litoral norte do estado do Espírito Santo com maior potencial para receber a implantação de um parque eólico, o estudo abordou indicadores, critérios e subcritérios, criando um índice de potencialidade (GOMES *et al.* 2016). Cada uma das abordagens citadas consiste em uma composição de seu nível subsequente. Assim, informações coletadas para os subcritérios deram suporte para a formação dos critérios, que por sua vez formaram os indicadores. A média dos dados obtidos para os indicadores passou a caracterizar um índice.

Com a estrutura hierárquica (Figura 3) definida, foi elaborada a matriz de comparação par a par, que foi enviada em forma de questionário aos pesquisadores de área. Essa matriz é composta pelos indicadores identificados, sendo que estes foram julgados quando à sua importância.

Após a elaboração da matriz, optou-se por realizar um teste com característica experimental em uma amostra pequena de participantes (MURIUCI; FERRI; FELICETTI, 2012). Esse teste é considerado fundamental para um trabalho de pesquisa, a fim de que a população-alvo tenha contato com as questões e possibilite que o pesquisador se certifique de que haja o entendimento e interpretação corretos das questões por parte dos indivíduos (BRITOL; MAGALHÃES, 2017).

Chaer, Diniz e Ribeiro (2011) também recomendam a realização de um teste antes da aplicação do questionário em uma pesquisa. Esse teste consiste na aplicação de 10 a 20 questionários para que as respostas obtidas mostrem ao pesquisador se suas perguntas foram formuladas com sucesso. Assim, o referido teste foi realizado com um público de 10 indivíduos. Os questionários foram enviados via e-mail para 6 mulheres e 4 homens, com idades entre 18 e 40 anos, residentes em 6 municípios diferentes localizados no estado do Espírito Santo, com prazo máximo de 5 dias corridos para resposta após o recebimento do e-mail. Esses indivíduos foram selecionados com base em sua acessibilidade/proximidade com os autores e em sua experiência anterior com o método AHP. Na fase de teste, os indivíduos selecionados responderam ao questionário usando a Escala Fundamental de Saaty, proposta pelo método AHP, para fazerem seus julgamentos sobre a importância dos indicadores que compõem a estrutura hierárquica, comparando-os par a par (SAATY; VARGAS, 1979).

Após a conclusão do teste, listou-se os pesquisadores da área de estudo que receberam o questionário e realizaram seus julgamentos usando a Escala Fundamental de Saaty. Assim, um número predeterminado de 20 pesquisadores especialistas da área de estudo, cujos nomes serão mantidos no anonimato, receberam o questionário via e-mail em 15 de abril de 2020, tendo um prazo máximo de 30 dias para responder e enviar o questionário preenchido para o mesmo e-mail recebido.

Os pesos atribuídos por cada pesquisador foram transferidos para a matriz de julgamento e realizou-se o teste de inconsistência de cada matriz, calculando a Razão de Consistência (CR) para cada uma delas (SAATY, 2001). As respostas dos entrevistados que atingiram níveis superiores a 20% de inconsistência foram descartadas.



Todos os cálculos utilizados foram realizados com o auxílio de uma planilha eletrônica e foi utilizado, ainda, o *software Expert Choice Trial* para auxiliar na mensuração dos julgamentos, na realização da verificação do índice de inconsistências e para apresentar a ordem de priorização das alternativas. Este *software* é reconhecido internacionalmente para análises envolvendo o método AHP, desenvolvido por Thomas L. Saaty, quando, em 1983, se uniu a Ernest Forman, professor da *George Washington University*, para fundar a empresa *ExpertChoice®* (MORAES; SANTALIESTRA, 2007; SILVA JÚNIOR *et al.* 2015).

Ao concluir os testes de inconsistência, realizou-se uma análise para estabelecer a ordem prioritária dos municípios quanto ao potencial de implantação de parques eólicos, a fim de responder ao objetivo inicial descrito no primeiro nível da estrutura hierárquica. As informações numéricas obtidas a respeito de cada indicador foram normalizadas e seus respectivos pesos relativos (importância) também.

Importante mencionar que, para chegar à priorização final, foi realizada a multiplicação dos dados quantitativos normalizados pelas importâncias normalizadas e foi calculada a soma dos valores obtidos para cada município, resultando no índice de potencialidade de cada município de receber a implantação de um parque eólico (GOMES; FREITAS, 2018; GOMES *et al.* 2016; JULIO *et al.* 2016).

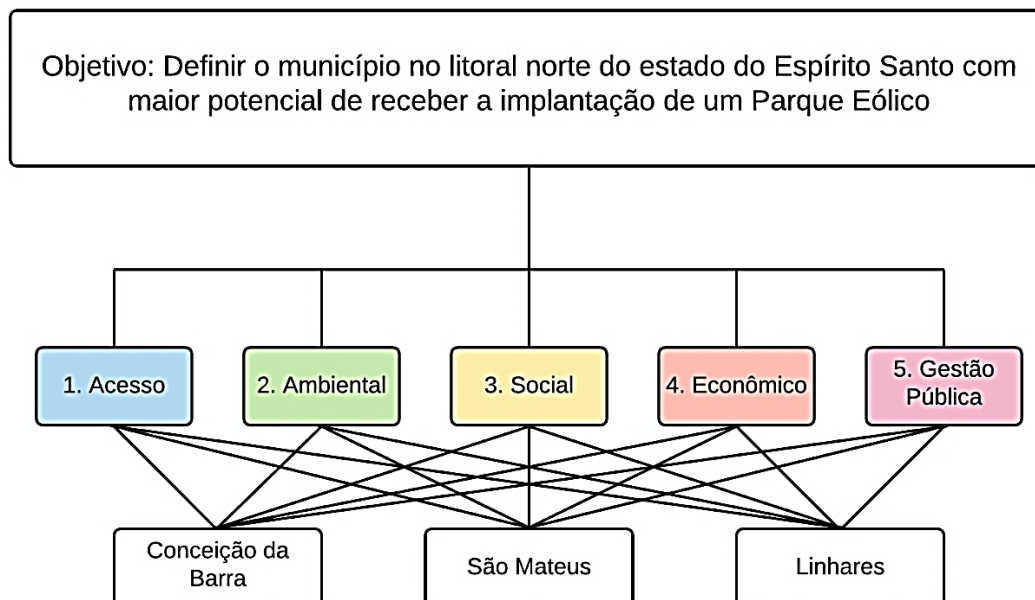
O município com maior índice de potencialidade será apresentado em forma de mapa temático, que mostrará os locais propícios para receber um parque eólico. O mapa é constituído de camadas de mapas individuais considerando regime de ventos, corpos hídricos, vias públicas, áreas edificadas e populosas, áreas de proteção ambiental, reservas biológicas, subestação de petróleo e gás e torres anemométricas instaladas. Tais camadas foram submetidas ao geoprocessamento no *software* QGIS (ver.3.16.4).

## **2.3 Resultados e Discussão**

A partir do estudo bibliométrico de Gomes e Freitas (2019), foi desenvolvida a estrutura hierárquica proposta pelo AHP, com a definição do objetivo geral (nível 1), dos indicadores (nível 2), dos critérios (nível 3), subcritérios (nível 4) e, por fim, das

alternativas (nível 5). A Figura 3 apresenta a estrutura hierárquica deste estudo. Devido ao extenso número de critérios e subcritérios, estes não estão apresentados.

**Figura 3** – Estrutura Hierárquica – AHP



**Fonte:** Gomes e Freitas (2019).

Com a estrutura hierárquica já definida, a matriz de comparação par a par foi elaborada (Figura 4) e enviada para 10 indivíduos selecionados para o teste em forma de questionário via e-mail. Estes, por sua vez, responderam ao questionário atribuindo pesos, como proposto por Saaty e Vargas (1979).

**Figura 4** – Matriz de comparação par a par

<b>Matriz de importância relativa entre indicadores</b>	1. Acesso	2. Ambiental	3. Social	4. Econômico	5. Gestão Pública
1. Acesso	1				
2. Ambiental		1			
3. Social			1		
4. Econômico				1	
5. Gestão Pública					1

**Fonte:** Autores (2021).

Após receber as respostas do teste, pôde-se constatar que o método foi bem compreendido pelos indivíduos participantes, que responderam aos questionários corretamente, sem dúvidas e incertezas. O método utilizado para esse entendimento foi um e-mail enviado para cada participante do teste, no qual se questionava ao indivíduo sobre a compreensão do questionário e a forma em que este foi

respondido. Então, o questionário foi enviado para os 20 especialistas que pesquisam, compreendem ou trabalham com energia eólica. Tais indivíduos, já listados e mantidos anônimos, tiveram até o dia 15 de maio de 2020 para enviarem suas respostas, também via e-mail. Considerando os 20 e-mails enviados, 5 deles não chegaram aos destinatários, reportando o erro de e-mail inexistente. Até a data estipulada foram recebidos 12 questionários respondidos, sendo considerado um número de amostra válido para a análise, considerando a expressão apresentada na Equação 1 (GOMES; FREITAS, 2019). Com o cálculo de número da amostra, verificou-se que os 12 questionários recebidos até a data estipulada eram válidos. Dessa forma, não houve outra tentativa de contato com os 3 especialistas que não responderam ao e-mail enviado. Foi considerado um erro amostral aceitável de 10%. Como não se tem uma previsão estimada, utiliza-se o valor de 50% e o nível de confiança utilizado foi de 90%, sendo 12 o número aceito e consistente estatisticamente para a análise.

Ao transferir os dados dos questionários recebidos pelos pesquisadores para a matriz de julgamento, foi realizado o teste de inconsistência de cada matriz. Optou-se por descartar as respostas dos pesquisadores que atingissem níveis superiores a 20% de inconsistência, como proposto por Saaty (2001), mas todas as matrizes apresentaram valores inferiores ao estabelecido para descarte.

A comparação paritária de um dos pesquisadores pode ser encontrada na Figura 5, em que cada indicador foi comprado par a par. Para essa matriz de julgamentos, segue o teste de inconsistência aplicado (Tabela 3).

**Figura 5** – Matriz de julgamentos/comparação entre indicadores

<b>Matriz de importância relativa entre indicadores</b>	<b>Acesso</b>	<b>Ambiental</b>	<b>Social</b>	<b>Econômico</b>	<b>Gestão Pública</b>
Acesso	<b>1</b>	<b>1/3</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>1</b>
Ambiental	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
Social	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
Econômico	<b>1/3</b>	<b>1/5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
Gestão Pública	<b>1</b>	<b>1/5</b>	<b>1/3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

**Fonte:** Autores (2020)

Assim como no estudo de Duleba (2020), a matriz de comparação é da ordem 5 x 5, o que, segundo o autor, trata-se de um preenchimento toleravelmente

consistente, que requer um esforço cognitivo significativo por parte de pesquisadores que não sejam especialistas da área.

**Tabela 3** – Teste de inconsistência

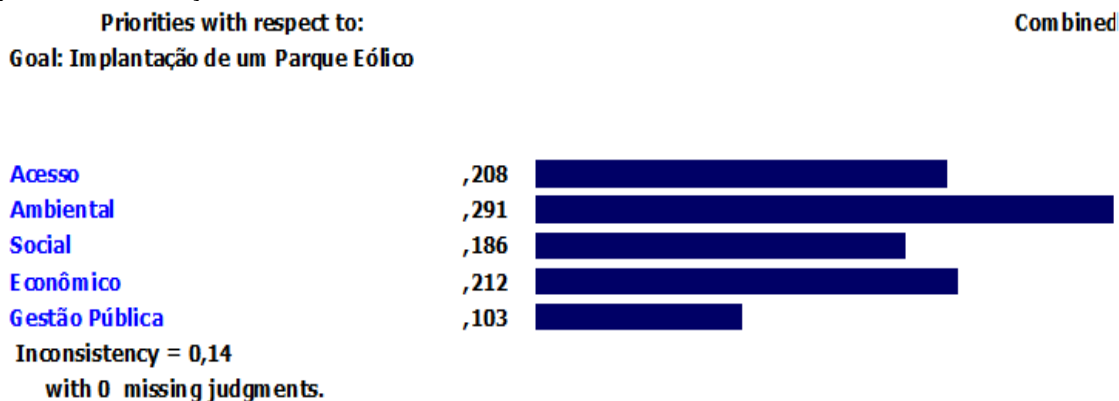
	Autovetor	Autovetor normalizado (w)	Somatório das colunas (T)	$\lambda_{\max}$ (T.w)	IC	IR	RC
1	1	0,162	6,33	1,023			
2	2,371	0,383	2,73	1,047			
3	1,246	0,201	4,33	0,872			
4	0,582	0,094	11	1,034			
5	0,582	0,094	11	1,064			
<b>Total</b>	<b>6,189</b>	<b>1,000</b>	<b>35,4</b>	<b>5,011</b>	<b>0,002856</b>	<b>1,12</b>	<b>0,00255</b>

Fonte: Autores (2021)

Com isso, o cálculo dos autovetores permitiu obter os pesos para cada indicador em relação às alternativas, de acordo com Lisboa e Waisman (2003). Assim, cada indicador apresenta um peso relativo, encontrado por meio da normalização de seus autovetores, onde foi considerada a média aritmética das 12 matrizes respondidas.

Com relação aos indicadores, segundo o julgamento dos pesquisadores, o que possui maior peso é o indicador ambiental, com 28,92%, seguido dos indicadores econômico, acesso, social e gestão pública, com os respectivos pesos de 22,77%, 21,80%, 17,42% e 9,09%. Javarini, Gomes e Freitas (2021), analisando a aplicação do método AHP em indicadores de potencialidade na implantação de parques eólicos, também obteve o indicador ambiental como o mais importante, ocupando o primeiro lugar no *ranking* de priorização, considerando a opinião de pesquisadores devido à sua qualidade ambiental (Figura 6).

**Figura 6** – Priorização dos indicadores



Fonte: Autores (2021).

Quanto o desempenho e medição do indicador ambiental citemos o estudo de Luz *et al.* (2006), que concluiu que a atuação da empresa analisada é considerada como sendo um referencia na sua localidade. No caso, a avaliação apontou 85% de eficácia quanto a política ambiental.

Como se pode observar, a hierarquização dos indicadores que foi obtida por meio da planilha eletrônica confirmou-se com a hierarquização apresentada pelo *software Expert Choice Trial*. No presente estudo, os critérios que compõem o indicador ambiental se dividem em impactos ambientais e as condições do ambiente. Dessa forma, esperava-se que o maior peso fosse atribuído ao indicador ambiental, pelo fato de um dos critérios que o compõe ser o VENTO, elemento chave para a geração da energia eólica, influenciado por diferentes aspectos, como a altura, a rugosidade, os obstáculos e relevo (CRESESB, 2008). Tem-se, então, o resultado obtido (Figura 6).

Javarini, Gomes e Freitas (2021), assim como neste estudo, também se depararam com a importância do vento em sua hierarquização, visto que este critério também ocupou o primeiro lugar em seu teste, considerando que, ao mencionar o vento, são considerados fatores como a direção, turbulência e velocidade do vento. Tais fatores podem ser encontrados e discutidos em estudos de Gebraad *et al.* (2016), Hofer *et al.* (2016), Tobin *et al.* (2016), Wu *et al.* (2016) e Tegou, Polatidis e Haralambopoulos (2010), que trazem à tona questões de implantação e potencial de parques eólicos. Catherine, Lyócsa e Molnár (2019) apresentam o critério vento que impacta não apenas no indicador ambiental, mas também no indicador econômico, visto que, segundo os autores, os três fatores principais que impulsionam os preços extremos da energia eólica são a persistência de preços, a demanda esperada e a produção de vento esperada.

No entanto, considerando os critérios relacionados aos impactos ambientais ocasionados pelos parques eólicos, tem-se que, apesar de todos os benefícios dos parques para o aumento da qualidade do meio ambiente em um nível global, existem certos impactos ambientais negativos de nível micro (específico do local), como a remoção da vegetação, a erosão do solo, a poluição visual, a poluição sonora, e os impactos sobre a fauna e a flora (JAVARINI *et al.*, 2021; MSIGWA *et al.*, 2022).

Autores como Phylip-Jones e Fischer (2015), Gorayeb *et al.* (2018), Dai *et al.* (2015), Brannstrom *et al.* (2017) e Saidur *et al.* (2011) contribuíram significativamente para a identificação dos impactos relevantes que os parques eólicos podem ter sobre o meio ambiente e sobre os aspectos socioeconômicos (indicadores abordados neste estudo), incluindo medidas e estratégias de mitigação desses impactos.

Verifica-se que esses três indicadores mencionados compõem as dimensões da sustentabilidade (ambiental, econômico e social), sendo considerados importantes em diversos estudos que envolvem o método AHP em diversas áreas, como mostra Gómez-Navarro *et al.* (2017) em sua pesquisa que utiliza o AHP para priorizar os critérios de avaliação e as empresas quanto ao valor de mercado. Eles se deparam com aspectos ambientais, econômicos e sociais (GORAYEB *et al.*, 2016; PAPASPYROPOULOS; KARAMANOLIS, 2016; LODHIA; ARORA, 2017; BAO *et al.*, 2019; OLIVEIRA *et al.*, 2022; SILVA *et al.*, 2022).

A importância do indicador ambiental e sua posição no *ranking* de priorização são amplamente discutidos na literatura (LUZ *et al.* 2006; RAMOS *et al.* 2008; KEMERICH; RITTER, 2014; THIMÓTEO *et al.* 2015; VELLOZO; FRANÇA, 2017). Tem-se que o indicador econômico, que ocupa a 2ª posição no *ranking*, considera a condição econômica atual do local que irá receber o parque e o impacto que este pode gerar, se o investimento é viável e se o retorno será benéfico (JAVARINI; GOMES; FREITAS, 2021).

O indicador acesso ocupou a 3ª posição no *ranking* de priorização e está relacionado com o acesso ao local em que será implantado parque eólico, à infraestrutura de transporte utilizada e, para este estudo, foi considerada a largura da praia, visto que os municípios estudados são litorâneos. Verifica-se que os pesquisadores consideraram tal indicador muito importante na implantação de parques eólicos.

O indicador social, que ocupa o 4º lugar no *ranking* de priorização, também é apresentado por Shamsuzzoha, Grant e Clarke (2012), Brannstrom *et al.* (2017) e Oliveira (2022), que se atentam particularmente aos impactos sociais que podem ocorrer devido à instalação de parques eólicos e mencionam os possíveis conflitos entre o desenvolvimento e as populações das comunidades locais. Esta temática traz consigo o possível comprometimento de um projeto de parque eólico.

Varela-Vazquez e Sanchez-Carreira (2015) e Dai, Yang e Wen (2018) sugerem em seus estudos que os problemas sociais que surgem com o desenvolvimento da energia eólica podem ser resolvidos por meio de aspectos econômicos, tendo como destaque os possíveis benefícios para as comunidades locais.

Por exemplo, cita-se o estudo de Kniess *et al.* (2013) que indicaram que há oportunidades quanto aos aspectos sociais, econômicos e ambientais, no uso da energia eólica no Brasil. Contudo, existem restrições legais, principalmente pela insegurança jurídica; dificuldade da obtenção das licenças ambientais; inexistência de marco legal factível e de longo prazo e vasta burocracia.

Já o indicador gestão pública ocupou o 5º lugar no *ranking* de acordo com a opinião dos pesquisadores, e como citam Javarini, Gomes e Freitas (2021), os critérios que o compõem são as leis, em âmbito federal, estadual e municipal, “tem relação com a legislação vigente, tanto para quesitos ambientais, como para licenças, permissões, normas e todos os fatores previstos em lei para se implantar um parque eólico”. Ao ser comparado com os demais indicadores, este não se sobressaiu, mas a sua importância no que se diz respeito à implantação de parques eólicos deve ser considerada.

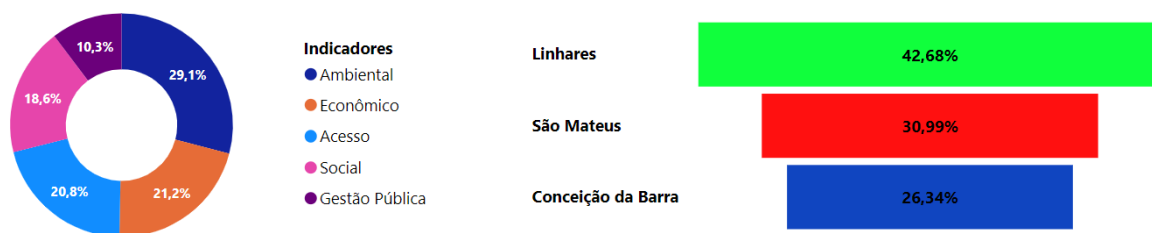
Ao concluir os testes de inconsistência, realizou-se a multiplicação dos dados quantitativos normalizados pelas importâncias normalizadas, obtendo-se assim a hierarquização dos três municípios quanto ao seu potencial para receber a implantação de um parque eólico em relação a cada indicador e a hierarquia geral final, resultando em um índice de potencialidade para cada um dos municípios estudados. Estudos que utilizam o método AHP para obter uma hierarquia geral final de importância podem ser encontrados na literatura em diversas áreas, os primeiros estudos de Saaty e demais estudos como Sinuany-Stern (2017), Gómez-Navarro *et al.* (2017), Zatta *et al.* (2019), Oliveira *et al.* (2020), Javarini, Gomes e Freitas (2021) e Pinto *et al.* (2021).

Dessa forma, pode-se apresentar a hierarquização dos municípios quanto aos indicadores, respondendo assim ao objetivo geral. O município de Linhares, localizado no litoral norte do estado do Espírito Santo, apresenta o maior potencial para receber a implantação de um parque eólico, com 42,68% de potencialidade, seguido por São Mateus (30,99%) e Conceição da Barra (26,34%) (Figura 7).

**Figura 7 – Resultado Final de hierarquização dos indicadores e das alternativas**

Percentual de Hierarquização dos Indicadores

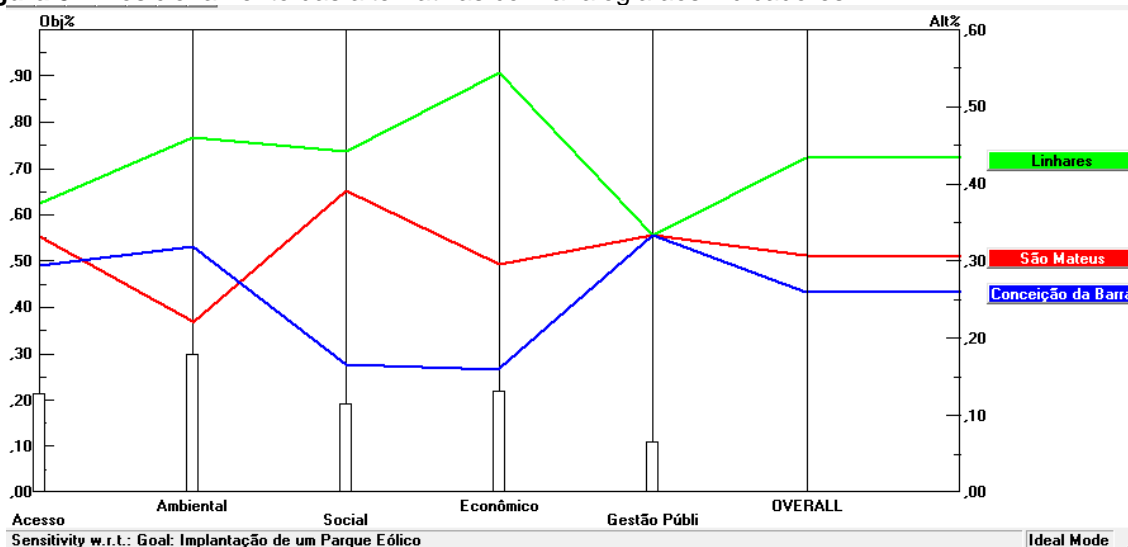
Percentual de Hierarquização dos Município



Fonte: Autores (2021).

A operacionalização do método AHP permitiu visualizar o posicionamento das alternativas em relação aos indicadores definidos (Figura 8). As barras situadas no eixo x mostram a importância relativa dada a cada um dos indicadores pelos especialistas (cujos valores são mostrados no eixo y do lado esquerdo). No eixo y do lado direito, é possível visualizar a importância relativa das alternativas.

**Figura 8 – Posicionamento das alternativas com analogia aos indicadores**



Fonte: Autores (2021).

Verifica-se que o município de Linhares possui, diante dos julgamentos, maior importância em relação a todos os indicadores, com exceção do indicador Gestão Pública, que apresentou o mesmo peso para todos os municípios. Já o município de Conceição da Barra superou em importância o município de São Mateus apenas no critério ambiental, por receber uma Área de Proteção Ambiental.

Como mencionado por Josimovic, Cvjetic e Furundzic (2021), o planejamento da determinação espacial está em uma etapa inicial e muito sensível no

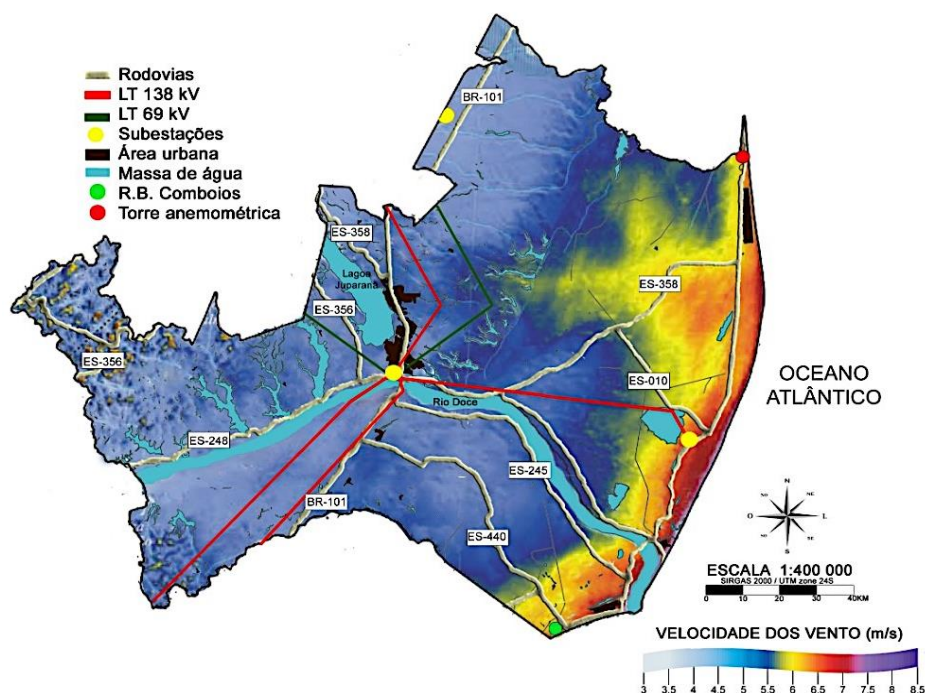


desenvolvimento de parques eólicos. Por outro lado, é importante maximizar o potencial do vento em uma determinada área e, por outro lado, é importante alcançar a proteção ambiental (incluindo a população humana e o patrimônio natural) no mesmo espaço e no mesmo tempo. Segundo os autores, é importante equilibrar todos os requisitos relevantes para alcançar a solução ideal na determinação da localização de turbinas eólicas nas fases iniciais do planejamento e desenvolvimento de projetos de energia eólica. Com isso, após a aplicação do método AHP, pode-se planejar a determinação do local, sendo o município de Linhares aquele com maior potencial de implantação de um parque eólico.

Corroborando, JACOBSEM (2022) em seu estudo também relata a importância do planejamento espacial para implantação de área de parques eólicos, e que o SIG seria uma importante ferramenta como assistente na decisão de projetos. Contribuindo para uma gestão mais eficiente e capacitada.

Assim, a Figura 9 traz um mapa temático de Linhares considerando regime de ventos, corpos hídricos, vias públicas, áreas edificadas e populosa, áreas de proteção ambiental, reservas biológicas, subestação de petróleo e gás e torres anemométricas instaladas, fatores que devam ser considerados na determinação de um possível local de implantação.

**Figura 9** – Mapa do município selecionado: Linhares-ES



**Fonte:** Autores (2021).

A priorização de seleção foi mencionada por Moreira (2020), que afirma que o Espírito Santo possui grande potencial de investimento para empreendimentos eólico-elétricos. Além disso, a Agência de Regulação de Serviços Públicos do Estado do Espírito Santo - ARSP aponta duas regiões ao longo do litoral capixaba que apresentam potencialidade para o investimento na produção de energia eólica: o litoral norte de Linhares, com vocação para grandes usinas eólicas (dezenas a centenas de Megawatts), necessárias para diluir os custos da interligação ao sistema elétrico regional; e os municípios de Presidente Kennedy e Marataízes, no litoral sul do estado. Essas duas localizações também foram apontadas no Atlas Eólico do Espírito Santo por Amarante, Silva e Andrade (2009).

Assim, a associação do critério vento, indicador ambiental e município de Linhares, está de acordo com o Atlas Eólico do estado do Espírito Santo. O regime de vento apresenta velocidades médias anuais em torno de 6,5 m/s a 50 m de altura nas melhores áreas do litoral norte, que já recebeu uma instalação de torre anemométrica, sendo criteriosamente considerada uma área de baixa rugosidade e devidamente afastada de obstáculos. Esse mapeamento eólico evidencia que a região de Linhares é uma área representativa e promissora para a instalação de aerogeradores (AMARANTE; SILVA; ANDRADE, 2009).

No litoral norte de Linhares, conforme apresentado na Atlas Eólico do Espírito Santo, a variação da velocidade do vento durante o dia é mais uniforme, o que é mais favorável para a instalação de parques eólicos, por ser mais estável a variação da velocidade, confirmando a priorização pelo município (AMARANTE; SILVA; ANDRADE, 2009; ALVES *et al.* 2022; COSTA, 2022).

O norte do estado do Espírito Santo também tem determinadas vantagens sobre as demais regiões, porque seu território é plano e a vegetação predominante é do tipo restinga baixa. Tais fatores são adequados aos ventos e amortizam o custo do projeto (FARDIN; ARAÚJO; SOUZA, 2011). Ao sul do município, encontra-se uma área de proteção integral e uma terra indígena (de Comboios) (AMARANTE; SILVA; ANDRADE, 2009), mas ao norte a localização é favorável, fazendo com que o município de Linhares se sobressaia aos demais municípios do estado, possuindo a maior vocação eólica, seguida por São Mateus, Santa Teresa e Presidente Kennedy.

### **3 CONSIDERAÇÕES**

A energia eólica é a fonte de geração de energia elétrica que mais tem crescido no Brasil. As condições naturais adequadas, com ventos constantes, intensos e estáveis em relação à direção, que aumentam a eficiência e a capacidade de geração, e o fato de grande parte da cadeia produtiva já ser nacionalizada, sugerem um futuro ainda mais promissor para a geração eólica.

Foi possível verificar a importância de se planejar e tomar a decisão sobre um local ideal para a implantação de um parque eólico, considerando os fatores que possam estar envolvidos nessa tomada de decisão, como o potencial do vento em uma determinada área, a proteção do ambiente para a população humana e a natureza ao mesmo tempo, questões econômicas, o acesso ao local escolhido e ainda as leis que regem os procedimentos de implantação.

Pela análise, observou-se que o indicador considerado mais relevante no momento da tomada de decisão foi o ambiental, em que seus critérios consistem em impactos ambientais e condições do ambiente como o vento, que é o critério chave para a geração da energia eólica.

Com base nos resultados obtidos, o município do Estado do Espírito Santo com maior potencial de receber a instalação de um parque eólico é Linhares, mais especificamente, de acordo com a literatura, o litoral norte do município representa uma maior potencialidade, como apontado pelo estudo do Atlas Eólico do Espírito Santo, e constatado neste estudo devido às características apresentadas de vento, ambiente e espaço.

Sugere-se a aplicação do método AHP em um estudo para todo o estado do Espírito Santo, para apresentar o potencial existente, considerando informações de que uma empresa petroleira da Noruega apresentou um projeto de implantação de um parque eólico *offshore* no sul do estado, conforme reportado pelo jornal do estado (A GAZETA, 2020).

### **AGRADECIMENTOS**

Edital FAPES No 06/2021 BOLSA PESQUISADOR CAPIXABA - BPC.

## REFERÊNCIAS

A GAZETA. **Gigante norueguesa quer usar ventos no mar do ES para produzir energia**. 2020. Disponível em: <https://www.agazeta.com.br/es/economia/gigante-norueguesa-quer-usar-ventos-no-mar-do-es-para-produzir-energia-1020>. Acesso em: 16 abr. 2021.

ABEEÓLICA - Associação Brasileira de Energia Eólica. **Boletim anual de geração eólica 2018**. 2019.

ABEEÓLICA. **Eólica: energia para um futuro inovador**. 2020.

ALKHARABSHEH, A.; MOSLEM, S.; DULEBA, S. Evaluating Passenger Demand for Development of the Urban Transport System by an AHP Model with the Real-World Application of Amman. **Applied Sciences**, v. 9, p. 1–14. 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/app9224759>

ALVES, G. S.; CORREIA, M. F.; ARAGÃO, M. R. S.; CAVALCANTI, E. P.; SILVA, W. E. A. Avaliação do potencial eólico na região de Petrolina-PE utilizando dados de reanálises do ERA5-Land durante a influência relativa dos oceanos Pacífico Tropical e Atlântico Tropical Sul. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. l.], v. 31, n. 18, p. 776–792, 2022. DOI: <https://doi.org/10.55761/abclima.v31i18.16041>

AMARANTE, O. A. C.; SILVA, F. J. L.; ANDRADE, P. E. P. **Atlas Eólico: Espírito Santo**. 22 ed. Vitória, ES: [s.n.]. 2009.

BAO, D.; KIM, Y.; MIAN, M.; SU, L. Do managers disclose or withhold bad news? Evidence from short interest. **Accounting Review**, 94, p. 1-26. 2019. DOI: <https://doi.org/10.2308/accr-52205>

BRANNSTROM, C.; GORAYEB, A.; MENDES, J. S.; LOUREIRO, C.; JEOVAH, A.; MEIRELES, A.; SILVA, V. E.; RIBEIRO FREITAS, A. L.; OLIVEIRA, F. R. Is Brazilian wind power development sustainable? Insights from a review of conflicts in Ceara state. **Renew Sustain Energy Rev**, v. 67, p. 62–71. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.08.047>

BRITOL, E. B. S.; MAGALHÃES, L. L. Marketing de Relacionamento e sua influência no processo de captação e retenção de clientes na Tallis Joias e Óticas. **Revista de Administração da UNI7**, v. 1, p. 151–183. 2017. DOI: <https://doi.org/10.29327/sicfai.145694>

CATHERINE, L. P.; LYÓCSA, S.; MOLNÁR, P. Impact of wind and solar production on electricity prices: Quantile regression approach. **Journal of the Operational Research Society**, v. 70, n. 10, p. 1752-1768. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/01605682.2019.1634783>

CRESESB. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. **Energia Eólica Princípio e Tecnologia**. 2008. Disponível em: [http://www.cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial\\_eolica\\_2008\\_ebook.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial_eolica_2008_ebook.pdf). Acesso em: 10 jan 2021.

CHAER, G.; DINIZ, R. R. P.; RIBEIRO, E. A. A técnica do questionário na pesquisa educacional. **Revista Evidência**, v. 7, n. 7, p. 251–266. 2011.

CHAVES, G. L. D.; TOSTA, M. C. R. **Gestão de sistemas de energia**. Curitiba: CRV. 374p. 2016.

CORSI, A.; BARBOSA, D. H.; MORO, A. M. K. Aplicação da metodologia analytic heirarchy process para a seleção de fornecedores em uma indústria de confecção. **Navus**, v. 10, p. 01–20. 2020. DOI: <https://doi.org/10.22279/navus.2020.v10.p01-20.987>

COSTA, P. C. S. **Tendências e ciclos médios da velocidade do vento e complementaridade energética em regiões próximas a empreendimentos eólicos no Nordeste do Brasil**. 2022. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Climáticas) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022. DOI: <https://doi.org/10.24873/j.rpemd.2020.07.697>

DAI, J.; YANG, X.; WEN, L. Development of wind power industry in China: a comprehensive assessment. **Renew Sustain Energy Rev**, v. 97, p. 156–164. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.08.044>

DAI, K.; BERGOT, A.; LIANG, C.; XIANG, W. N.; HUANG, Z. Environmental issues associated with wind energy – a review. **Renew Energy**, v. 75, p. 911–921. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.10.074>

DELLA BRUNA JÚNIOR, E.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R. An MCDA-C application to evaluate supply chain performance. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 44, n. 7, p. 597-616. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1108/ijpdlm-05-2012-0157>

DULEBA, S. Introduction and comparative analysis of the multi-level parsimonious AHP methodology in a public transport development decision problem. **Journal of the Operational Research Society**, p. 1-14. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/01605682.2020.1824553>

FARDIN, J. F.; ARAÚJO, L. R. A. D.; SOUZA, V. D. D. Análise de Viabilidade de Parques Eólicos no Estado do Espírito Santo. *In: ENCONTRO NACIONAL E IV ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS*, 6., Vitória. 2011. Disponível em: [http://www.elecs2013.ufpr.br/wpcontent/uploads/anais/2011/2011\\_artigo\\_021.pdf](http://www.elecs2013.ufpr.br/wpcontent/uploads/anais/2011/2011_artigo_021.pdf). Acesso em: 26 jan. 2021.

GARCÍA-MARTOS, C.; CARO, E.; SÁNCHEZ, M. J. Electricity price forecasting accounting for renewable energies: optimal combined forecasts. **Journal of the Operational Research Society**, v. 66, n. 5, p. 871-884. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1057/jors.2013.177>

GEBRAAD, P. M. O.; TEEUWISSE, F. W.; VAN WINGERDEN, J. W.; FLEMING, P. A.; RUBEN, S. D.; MARDEN, J. R.; PAO, L. Y. Wind plant power optimization  
Revista Produção Online. Florianópolis, SC, v. 22, n. 4, p. 3719-3745, 2022

through yaw control using a parametric model for wake effects-a CFD simulation study. **Wind Energy**, v. 19, n. 1, p. 95-114, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1002/we.1822>

GOMES, V. A. P.; FREITAS, R. R. Índice de Potencialidade Socioeconômica, produtiva e ambiental de comunidades pesqueiras situadas no norte do estado do Espírito Santo (IPSPA - NORTE). **Produção Online**, v. 18, n. 1, p. 36–62. 2018. DOI: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v18i1.2568>

GOMES, V. A. P.; FREITAS R. R. Wind Farm Implementation Factors: A Bibliometric Analysis. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS)**, v. 6495, n. 8, p. 58–64. 2019. DOI: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v18i1.2568>

GOMES, V. A. P.; JULIO, T. S.; FREITAS, R. R. Ipspa: Construção De Um Índice De Potencialidade Socioeconômico, Produtivo E Ambiental Pesqueiro Utilizando O Método Ahp Ipspa: Construction of an Index of Potential Socioeconomic, Productive and Environmental Fisheries Using Ahp Method. **Brazilian Journal of Production Engineering**, v. 2, n. 1, p. 72–83. 2016. DOI: <https://doi.org/10.22161/ijaers.68.9>

GÓMEZ-NAVARRO, T.; GARCÍA-MELÓN, M.; GUIJARRO, F.; PREUSS, M. Methodology to assess the market value of companies according to their financial and social responsibility aspects: an AHP approach. **Journal of the Operational Research Society**, v. 69, n. 10, p. 1599-1608. 2017. DOI: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v18i1.2568>

GONCALVES, W.; FREITAS, R. R. de. Modelo de apoio à tomada de decisão para seleção de fornecedores por meio do Analytic Hierarchy Process (AHP). In: Ruy, Marcelo. (Org.). **Tópicos em Gestão da Produção - Volume 1**. 1ª ed. Belo Horizonte: Poisson, 2017, v. 1, p. 140-150. DOI: <https://doi.org/10.37885/221010633>

GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C.; JEOVAH, A.; MEIRELES, A.; MENDES, J. S. Wind power gone bad: critiquing wind power planning processes in northeastern Brazil. **Energy Research & Social Science**, v. 40, p. 82–88. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2017.11.027>

GORAYEB, A.; MENDES, J. S.; MEIRELES, A. J. A.; BRANNSTROM, C.; SILVA, E. V.; FREITAS, A. L. R. Wind-energy development causes social impacts in coastal Ceará state, Brazil: The case of the Xavier Community. **Journal of Coastal Research**, 75, 383–387. 2016. DOI: <https://doi.org/10.2112/SI75-077.1>

GUERRA, J. B. S. O. A.; DUTRA, L.; SCHWINDEN, N. B. C.; ANDRADE, S. F. Future scenarios and trends in energy generation in Brazil: supply and demand and mitigation forecasts. **Journal of Cleaner Production**, v. 103, 197. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.09.082>

HOFER, T.; SUNAK, Y.; SIDDIQUE, H.; MADLENER, R. Wind farm siting using a spatial Analytic Hierarchy Process approach: A case study of the Stadteregion Aachen. **Applied Energy**, v. 163, p. 222-243, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.10.138>



JACOBSEM, G. **Crériterios geográficos para implantação dos parques eólicos: o papel do clima e dos sistemas de informações geográficas.** Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Graduação em Geografia, Florianópolis, 2022. 59 p. DOI: <https://doi.org/10.11606/9786587621876>

JAVARINI, N. S.; GOMES, V. A. P.; FREITAS, R. R. Análise da aplicação do método AHP em indicadores de potencialidade na implantação de parques eólicos. **Brazilian Journal of Production Engineering**, v. 7, n. 1, p. 17-30. 2021. DOI: <https://doi.org/10.47456/bjpe.v7i1.33518>

JOSIMOVIC, B.; CVJETIC, A.; FURUNDZIC, D. Strategic Environmental Assessment and the precautionary principle in the spatial planning of wind farms – European experience in Serbia. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 136, p. 1-13. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110459>

JULIO, T. S.; GOMES, V. A. P.; FREITAS, R. R. Índice de Potencialidade Socioeconômica, Produtiva e Ambiental da pesca marinha e estuarina na região sul do Espírito Santo (IPSPA-Sul). **Espacios**, v. 37, n. 31. 2016. DOI: <https://doi.org/10.36704/25256041/reis.v6i8.6070>

KEMERICH, P. D. C.; RITTER, L. G.; BORBA, W. F. de. Indicadores de sustentabilidade ambiental: métodos e aplicações. **Revista Monografias Ambientais**, [S. l.], v. 13, n. 4, p. 3718–3722, 2014. DOI: <https://doi.org/10.5902/2236130814411>

KNISS, C. T.; MACCARI, E. A.; SOMOZA, C. L.; PINTO, J. R. de M. O Uso da Energia Eólica no Brasil: aspectos econômico, social, ambiental e legal. **Organizações e Sustentabilidade**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 2–18, 2013.

KOU, G. *et al.* Evaluation of classification algorithms using MCDM and rank correlation. **International Journal of Information Technology & Decision Making**. v. 11, n. 1, p.197-225, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1142/s0219622012500095>

LIMA JÚNIOR, F. R.; CARPINETTI, L. C. R. A comparison between TOPSIS and Fuzzy-TOPSIS methods to support multicriteria decision making for supplier selection. **Gestão & Produção**. v. 22, n. 1, p.17-34, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2014.03.014>

LISBOA, M. V.; WAISMAN, J. Aplicação do Método de Análise Hierárquica - MAH para o Auxílio à Tomada de Decisão em Estudos de Alternativas de Traçado de Rodovias. *In*: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 7., Rio de Janeiro. Anais [...], 2003. DOI: <https://doi.org/10.11606/d.3.2002.tde-24042003-183416>

LODHIA, S.; ARORA, M. P. The BP Gulf of Mexico oil spill: Exploring the link between social and environmental disclosures and reputation risk management. **Journal of Cleaner Production**, 140, p. 1287-1297, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.027>

LUZ, S. O. C.; SELMITTO, M. A.; GOMES, L. P. Medição de desempenho ambiental baseada em método multicriterial de apoio à decisão: estudo de caso na indústria automotiva. **Gestão e Produção**, v. 13, p. 557-570, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0104-530x2006000300016>

MACHADO, A. H.; SILVA, F. S.; PATROCÍNIO, L. P. Dimensionamento De Parque Eólico No Estado Do Espírito Santo. **Energia Na Agricultura**, v. 32, n. 1, p. 72–80. 2017. DOI: <https://doi.org/10.17224/energagric.2017v32n1p72-80>

MADEIRA, F. M. C.; MADEIRA, H. M. R.; VIEIRA, R. I. A. Instalação de uma fábrica de ração usando o método AHP. **Revista da UIIPS –Unidade de Investigação do Instituto Politécnico de Santarém**, v. 7, n. 1, p. 59-67. 2019. DOI: <https://doi.org/10.17060/ijodaep/2014.n2.v1.017>

MARTTUNEN, M.; LIENERT, J.; BELTON, V. Structuring problems for Multi-Criteria Decision Analysis in practice: A literature review of method combinations. **European Journal of Operational Research**, v. 263, n. 1, p. 1-17. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.04.041>

MSIGWA, G.; IGHALO, J. O.; YAP, P. S. Considerations on environmental, economic, and energy impacts of wind energy generation: Projections towards sustainability initiatives. **Science of The Total Environment**, 849, p. 1-12. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157755>

MORAES, E. A.; SANTALIESTRA, R. Modelo de decisão com múltiplos critérios para escolha de software de código aberto e software de código fechado. *In: xxxi encontro da anpad*, Rio de Janeiro. 2007. DOI: <https://doi.org/10.15603/1982-8756/roc.v4n7p59-83>

MOREIRA, B. **Energia Renovável**: Potencialidade para o desenvolvimento econômico e sustentável do ES. Governo do Estado do Espírito Santo. 2020. Disponível em: <https://www.es.gov.br/Noticia/energia-renovavel-potencialidade-para-o-desenvolvimento-economico-e-sustentavel-do-es>. Acesso em 20 jan. 2021.

MORIMOTO, R. M.; OLIVEIRA, F. H. Análise do espaço construído da rede de educação infantil utilizando os métodos AHP e SIG: estudo de caso em Camboriú (SC). **Arquitetura Revista**, v. 15, n. 1. 2019. DOI: <https://doi.org/10.4013/arq.2019.151.02>

MURIUCI, S.; FERRI, M. S.; FELICETTI, V. L. Uma sombra na educação brasileira: do ensino regular ao paralelo. 2012. *In: SEMINÁRIO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO DA REGIÃO SUL*, p. 1–20. 2012. DOI: <https://doi.org/10.29327/152614.8-4>

OLIVEIRA, A. M. de; SELMITTO, M. A.; FLORES, J. de S. Impactos econômicos, sociais e ambientais da geração de energia eólica em comunidades do Rio Grande do Norte. **REUNIR Revista de Administração Contabilidade e Sustentabilidade**, [S. I.], v. 12, n. 4, p. 107-119, 2022. DOI: <https://doi.org/10.18696/reunir.v12i4.1449>



OLIVEIRA, C. V. N. C.; MATTOS, A. L.; SANTOS, D. V.; ROCHA, A. R.; GONÇALVES, W. Evasão discente na engenharia de produção: fatores decisórios sob a perspectiva da abordagem multicritério. **Brazilian Journal of Production Engineering**, v. 6, n. 2, , p. 156-177. 2020.

OLIVEIRA, M. E. S. **Impactos socioespaciais no Complexo Eólico Santa Luzia**. (Trabalho de Conclusão de Curso - Artigo), Curso de Licenciatura em Geografia, Centro de Humanidades, Universidade Federal de Campina Grande – Campina Grande - Paraíba - Brasil, 2022. 27f. DOI: <https://doi.org/10.24873/j.rpemd.2021.10.846>

PAPASPYROPOULOS, K. G.; KARAMANOLIS, D. Drivers and barriers of sustainability reporting in the Greek Public Forest Service. **Open Journal of Accounting**, 5, 35-44, 2016. DOI: <https://doi.org/10.4236/ojacct.2016.53005>

PHYLIP-JONES, J.; FISCHER, T. B. Strategic environmental assessment (SEA) for wind energy planning: lessons from the United Kingdom and Germany. **Environ Impact Assess Ver**, v. 50, p. 203–212. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2014.09.013>

PINTO, S. R.; BEM, D. H.; REBMANN, M. S.; MEDEIROS, M. H. F. Application of the Analytic Hierarchy Process (AHP) to select high performance concretes. **Rev. IBRACON Estrut. Mater**, v. 14, n. 2. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1983-41952021000200006>

RAMOS, A. M.; RIBEIRO, M. R.; CRUZ, R. M. S.; LIMA, W. S.; GARCIA, C. A. B. Matriz de Indicadores Ambientais para o Estudo da Qualidade da Água. **Prova Material**, v. 5, p. 13-15, 2008.

SAATY, T. L.; VARGAS, L. G. Estimating technological coefficients by the analytic hierarchy process. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 13, n. 6, p. 333–336. 1979. DOI: [https://doi.org/10.1016/0038-0121\(79\)90015-6](https://doi.org/10.1016/0038-0121(79)90015-6)

SAATY, T L. A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. **Journal of Mathematical Psychology**, v. 15, p. 234–281. 1977. DOI: [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-i](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-i)

SAATY, T L. How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. **European Journal of Operational Research**, v. 48, p. 9–26. 1990.

SAATY, T. L. **Decision Making with Dependence and Feedback: the Analytic Network Process**. 2 ed. Pittsburgh (USA): RWS. 2001.

SAIDUR, R.; RAHIM, N. A.; ISLAM, M. R.; SOLANGI, K. H. Environmental impact of wind energy. **Renew Sustain Energy Rev**, v. 15, p. 23–30. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.02.024>

SHAMSUZZOHA, A. H. M.; GRANT, A.; CLARKE, J. Implementation of renewable energy in Scottish rural area: a social study. **Renew Sustain Energy Rev**, v. 16, p. 185-191. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.146>

SINUANY-STERM, Z. Ranking of Sports Teams via the AHP. **Journal of the Operational Research Society**, v. 39, n. 7, p. 661-667. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1057/jors.1988.112>

SILVA JÚNIOR, E. M.; CARVALHO, J. C. C.; VIANNA, D. S.; MEZA, E. B. M. Aplicação do Método AHP para seleção de investimentos em um Regime Próprio de Previdência Social (RPPS). *In*: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA1 12., 2015. DOI: [https://doi.org/10.14488/cneg2022\\_cneg\\_pt\\_013\\_0107\\_20197](https://doi.org/10.14488/cneg2022_cneg_pt_013_0107_20197)

SILVA, L. F.; SILVA, R. N.; ANDRADE, H. M. L. S.; ANDRADE, L. P. Impactos socioambientais de parques eólicos no Brasil: uma revisão da literatura. **Diversitas Journal**, [S. l.], v. 7, n. 3, 2022. DOI: <https://doi.org/10.48017/dj.v7i3.2004>

SOARES, J. A. S. **Política e planejamento energético no Brasil**: uma análise do setor elétrico brasileiro a partir de um conjunto de indicadores de sustentabilidade energética. Tese (Doutorado em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. 2020. DOI: <https://doi.org/10.5753/wcama.2020.11016>

TEGOU, L. I.; POLATIDIS, H.; HARALAMBOPOULOS, D. A. Environmental management framework for wind farm siting: Methodology and case study. **Journal Of Environmental Management**, v. 91, n. 11, p. 2134-2147, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.05.010>

THIMÓTEO, A. C. A.; GARCEZ M. P.; HOURNEAUX JUNIOR, F. O uso e a importância dos indicadores de sustentabilidade nas organizações: estudos de casos em empresas de energia elétrica. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 4, n. 3, p. 89-102. 2015. DOI: <https://doi.org/10.5585/geas.v4i3.325>

TOBIN, I.; JEREZ, S.; VAUTARD, R.; THAIS, F.; VAN MEIJGAARD, E.; PREIN, A.; DEQUE, M.; KOTLARSKI, S.; MAULE, C. F.; NIKULIN, G.; NOEL, T.; TEICHMANN, C. Climate change impacts on the power generation potential of a European mid-century wind farms scenario. **Environmental Research Letters**, v. 11, n. 3, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/3/034013>

TOLMASQUIM, M T. **Energia Renovável**: hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica. Rio de Janeiro: [s.n.]. 2016.

VARELA-VAZQUEZ, P.; SANCHEZ-CARREIRA, M. C. Socioeconomic impact of wind energy on peripheral regions. **Renew Sustain Energy Ver**, v. 50, p. 982–990. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.05.045>

VARGAS, R. V. Utilizando a programação multicritério (Analytic Hierarchy Process - AHP) para selecionar e priorizar projetos na gestão de portfólio. *In*: PMI GLOBAL CONGRESS 2010 - NORTH AMERICA, p. 1–22, 2010.

VELLOZO, T. G.; FRANÇA, S. L. B. Indicadores essenciais de desempenho ambiental da global reporting initiative (gri): uma análise nas principais empresas do setor de petróleo e gás. **Diversidade e Gestão**, v. 1, n. 2, p. 234-246, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5585/geas.v3i2.85>

WU, Y. N.; ZHANG, J. Y.; YUAN, J. P.; GENG, S.; ZHANG, H. B. Study of decision framework of offshore wind power station site selection based on ELECTRE-III under intuitionistic fuzzy environment: A case of China. **Energy Conversion and Management**, v. 113, p. 66-81, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.01.020>

ZAHEDI, F. The Analytic Hierarchy Process—A Survey of the Method and its Applications. **Interfaces**, v. 16, n. 4, p. 96–108. 1986. DOI: <https://doi.org/10.1287/inte.16.4.96>

ZATTA, F. N.; MATTOS, A. L.; OLIVEIRA, R. R.; FREITAS, R. R.; GONÇALVES, W. Aplicação do Analytic Hierarchy Process na escolha de planos de saúde. **Research, Society and Development**, v. 8, n. 1. 2019. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v8i1.532>

ZYOUD, S. H.; FUCHS-HANUSCH, D. A bibliometric-based survey on AHP and TOPSIS techniques. **Expert Systems with Applications**, v. 78, p. 158-181. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.02.016>



Artigo recebido em: 15/09/2022 e aceito para publicação em: 31/03/2023  
DOI: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v22i4.4745>