

PROPOSTA DE MÉTODO MULTICRITÉRIO PARA TOMADA DE DECISÕES E SUA APLICAÇÃO EM ANÁLISE DE VIABILIDADE DE USINAS HÍBRIDAS

JOSÉ ALEXANDRE FERRAZ DE ANDRADE SANTOS¹, EDNILDO ANDRADE TORRES²

¹Doutorando e Mestre em Eng. Industrial, pesquisador acadêmico no PEI/LEN–UFBA e especialista em Energias Renováveis e em Gestão de Projetos, UFBA, Salvador–BA, alex_caeel@yahoo.com.br

³Dr. em Eng. Mecânica, Prof. Titular da Escola Politécnica, UFBA, Salvador–BA, ednildo@ufba.br

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
04 a 06 de outubro de 2022

RESUMO: Este trabalho apresenta uma nova proposta de modelo multicritério de apoio à tomada de decisões, denominado de PEIT (processo de equacionamento com indicadores e tabelas). Este método utiliza indicadores pré-definidos por tomadores de decisão e tabelas auxiliares para montar uma equação-modelo capaz de calcular índices globais de viabilidade – Igv(%) para empreendimentos. O método PEIT foi testado em dois estudos de casos de usinas híbridas eólico-solares já implantadas no Brasil. Os resultados obtidos foram coerentes, atenderam as expectativas e o PEIT pode ser uma opção inovadora e simples de ferramenta para tomada de decisões multicritério.

PALAVRAS-CHAVE: Método multicritério para tomada de decisão, Indicadores e tabelas, Equação-modelo, Índice global de viabilidade, Usinas híbridas eólico-solares.

DECISION-MAKING MULTI-CRITERIA METHOD PROPOSAL AND YOUR APPLICATION IN ANALYSIS OF FEASIBILITY OF HYBRID POWER PLANTS

ABSTRACT: This work presents a new multi-criteria model proposal to support decision-making, called EPIT (equation process with indicators and tables). This method uses indicators pre-defined by decision makers and auxiliary tables to build a model equation capable of calculating global feasibility indexes – Igv(%) for enterprises. The PEIT method was tested in two case studies of hybrid wind-solar power plants already implemented in Brazil. The results obtained were consistent, met expectations and the PEIT can be an innovative and simple tool for multi-criteria decision-making.

KEYWORDS: Multi-criteria decision-making method, Indicators and tables, Model equation, Global viability index, Hybrid wind-solar power plants.

INTRODUÇÃO

A tomada de decisão pode ser definida como a escolha de uma ou mais ações, dentre um conjunto de ações possíveis, para atingir objetivo(s) previamente definido(s). Otimizar uma tomada de decisões significa optar pelas melhores ações possíveis para alcançar o(s) objetivo(s) predefinido(s) da melhor forma possível e de acordo com critérios de desempenho também previamente definidos. Assim, a escolha de métodos de tomada de decisão adequados aos problemas a serem solucionados é muito relevante. No caso das empresas, é fundamental que os *decisores* (executivos, gerentes, engenheiros, analistas, etc.) possam decidir dentro dos melhores critérios possíveis para minimizar os riscos de fracasso decisório. Isto se aplica a respeito da viabilidade de empreendimentos diversos.

Em se tratando do setor de energia, os processos e métodos para tomada de decisões sobre a implantação de novos empreendimentos de geração elétrica são complexos e multicritérios, pois envolvem fatores tais como: legislação vigente, política governamental, relação oferta-demanda energética, disponibilidade de fontes energéticas entre outros fatores. Normalmente, os decisores do setor de energia priorizam os projetos com maior rentabilidade, previsibilidade e segurança, ou seja, com maior capacidade de produção e com menores riscos (socioeconômicos, ambientais, legais, etc.). Todavia, os decisores não têm necessariamente um método preferencial e/ou padronizado para tomar decisões a respeito de investimentos na implantação de novos empreendimentos. Eles podem adotar algum dentre os vários métodos de decisão existentes ou podem criar seus próprios métodos.

Dentre os diversos métodos multicritério de tomada de decisão, constatou-se que o método do *processo analítico hierárquico* (*Analytic Hierarchy Process – AHP*) (SAATY, 2008; 1990) é um dos mais consagrados. Entretanto, o AHP avalia as influências de indicadores escolhidos apenas de dois em dois por vez, necessitando posteriormente da realização de uma análise de consistência. Esta característica pode ser considerada uma limitação indesejável e uma oportunidade para a criação de um novo método multicritério que avalie de forma simultânea todos os critérios (indicadores) relevantes definidos para a implantação de algum empreendimento. Desta forma, este trabalho propõe e apresenta um novo método multicritério simplificado para tomada de decisões, que é capaz de elaborar *equações-modelo* para o cálculo de *índices globais de viabilidade – Igv(%)* para os empreendimentos em questão. Este método foi denominado de *Processo de Equacionamento com Indicadores e Tabelas – PEIT* (*Equationing Process with Indicators and Tables – EPIT*). Tal proposta foi inspirada parcialmente na lógica de raciocínio da elaboração de diagramas para critérios e indicadores do AHP, mas é capaz de avaliar simultaneamente o conjunto completo dos indicadores escolhidos e sem a necessidade da realização de análises de consistência.

Neste contexto, escolheu-se aplicar inicialmente o método PEIT na implantação de usinas híbridas eólico-solares fotovoltaicas (FV) para geração centralizada (usinas com potência superior a 5 MW). Para tanto, adotou-se os dois exemplos pioneiros atualmente existentes de usinas híbridas eólico-solares no Brasil, segundo Santos *et al.* (2020): um em *Tacaratu-PE* com 91 MW (80 MW eólicos e 11 MWp solares) da empresa Enel Green Power Brasil, e outro em *Caetitê/Igaporã-BA* com 26,4 MW (21,6 MW eólicos e 4,8 MWp solares) da empresa Renova Energia.

MATERIAL E MÉTODOS

As etapas passo-a-passo do método PEIT estão descritas na Tabela 1:

Tabela 1. Aplicação do novo método PEIT.

Etapas das Ações para Aplicação do Novo Método PEIT	
1 ^a	Definição, estudo e compreensão a respeito do problema a ser abordado e da respectiva tomada de decisão relativa à viabilidade global relacionada.
2 ^a	Definição de <i>grupos de critérios</i> (dimensões) e de <i>critérios</i> (indicadores) relevantes à tomada de decisão desejada, inclusive definindo quais são os critérios <i>eliminatórios</i> e os <i>classificatórios</i> .
3 ^a	Atribuição de <i>coeficientes</i> respectivos a cada um dos grupos de critérios e dos critérios. Obs.: Posteriormente os coeficientes receberão pesos atribuídos com valores inteiros entre 1 e 10.
4 ^a	Definição da <i>função-objetivo</i> para obtenção de um <i>índice global de viabilidade – Igv(%)</i> que atenda adequadamente às especificidades da tomada de decisão. Obs.: Atribui-se a cada indicador uma <i>respectiva variável</i> .
5 ^a	Definição de uma <i>tabela auxiliar</i> adequada para a montagem de uma <i>equação-modelo</i> , tendo como referência a <i>função-objetivo</i> e a Tabela 2
6 ^a	Definição de <i>faixas percentuais de viabilidade global</i> coerentes e adequadas à tomada de decisão desejada para o futuro enquadramento, classificação e ranqueamento/hierarquização dos Igv(%) calculados.
7 ^a	Atribuição de <i>valores</i> aos coeficientes para representar seus <i>pesos de importância</i> , onde a atribuição dos pesos pode ser feita pelo próprio tomador de decisão ou através de consultas a grupos de tomadores de decisão via aplicação de questionários ou outro método de consulta, com posteriores <i>cálculos das médias dos pesos (coeficientes médios)</i> .
8 ^a	Montagem, testagem e adaptação das <i>equações-modelo iniciais</i> usando a Tabela auxiliar, as faixas de viabilidade e as operações matemáticas mais simples possíveis até que as percentagens do Igv(%) estejam adequadamente espaçadas em intervalos regulares de 10% em 10%, gerando-se assim uma <i>equação-modelo adequada</i> .
9 ^a	Montagem da <i>equação-modelo final</i> com as respectivas <i>médias aritméticas (médias simples)</i> de cada um dos <i>coeficientes</i> dos grupos de critérios e indicadores.
10 ^a	Aplicação da <i>equação-modelo final</i> aos casos desejados de tomada de decisão, obtendo-se os respectivos Igv(%). A definição dos valores para as variáveis dos indicadores deve ser feita pelos tomadores de decisão respectivamente relacionados aos casos estudados via aplicação de um segundo questionário, com posteriores <i>cálculos das médias das variáveis dos indicadores</i> .
11 ^a	Enquadramento, classificação e ranqueamento dos Igv(%) obtidos para determinar o comparativo de viabilidade global dos casos. Obs.: Somente faz sentido hierarquizar casos que pertençam a um mesmo portfólio (mesma empresa) e que tenham sido avaliados pelos mesmos tomadores de decisão.

O método PEIT utiliza: (i) as operações matemáticas básicas (multiplicação, divisão e soma); (ii) tabelas-auxiliares; (iii) uma tabela com faixas de viabilidades predefinidas; (iv) a ferramenta computacional Microsoft Excel para realização das tabulações, dos cálculos e da modelagem do problema na forma de uma equação-modelo. Uma vez definidas as faixas percentuais de viabilidade para a equação-modelo, fez-se necessária a criação e a utilização de uma Tabela auxiliar para identificar e organizar os grupos de critérios e indicadores. Desta forma, cria-se uma Tabela auxiliar conceitual (Tabela 13). Esta Tabela auxiliar será posteriormente formatada para permitir as definições adequadas das operações matemáticas para correlacionar os vários coeficientes e indicadores e, conseqüentemente, a obtenção de uma equação-modelo adequada.

Tabela 2. Tabela auxiliar genérica do Método PEIT para montagem da Equação-Modelo.

		Coeficientes		Indicadores (Variáveis)														
1	1º Grupo de Critérios	K_1																
1.1	1º critério	A_1		a_1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1.2	2º critério	B_2		b_2	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1.3	3º critério	C_3		c_3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1...	...	...			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1.m	mº critério	D_m		d_i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
2	2º Grupo de Critérios	K_2																
2...	...	...			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
...	... Grupos de Critérios	...																
...	...	...			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
n	... Grupo de Critérios	K_n																
...	...	...			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
n.o	Último critério	E_o		e_o	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Índice Global de Viabilidade - Igv (%)					0,0%	10,0%	20,0%	30,0%	40,0%	50,0%	60,0%	70,0%	80,0%	90,0%	100,0%			
X					Não	Baixa Atratividade	Média Atratividade				Alta Atratividade				OK			
Faixas Percentuais de Viabilidade																		

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1º Etapa: O problema em questão é a *viabilidade global de implantação de empreendimentos híbridos eólico-solares FV*. As usinas híbridas são novidades no setor elétrico e a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) as regulou em 30/11/2021 via Resolução Normativa Nº. 954/2021.

As usinas híbridas de Tacaratu-PE e a de Caetitê/Igaporã-BA serão usadas no modelo PEIT, pois já foram implantadas e podem ser consideradas globalmente viáveis e respaldar o modelo.

2º Etapa: Foram definidos *12 indicadores* (critérios) adequados e os mesmos foram agregados em *5 grupos de critérios de viabilidade*, conforme Tabela 3. Neste tipo de análise multicritério, alguns indicadores podem ser *eliminatórios* e outros indicadores podem ser *classificatórios*, ou seja, alguns indicadores podem ter um valor 0 e não impedir a viabilidade global do empreendimento híbrido, enquanto outros, caso tenham o valor 0, inviabilizam completamente o empreendimento.

Tabela 3: Definição dos indicadores (critérios) e dos grupos de critérios.

Nº	Dimensões e Indicadores	Referências usadas para a definição dos indicadores e critérios
Grupo dos Critérios Técnicos		
1	Recurso Eólico (Velocidade dos Ventos)	Bulhões <i>et al.</i> (2020), Júnior <i>et al.</i> (2020), Lima (2016), Wu e Geng (2014).
2	Recurso Solar (Irradiação Solar)	Fávero (2020), Bulhões <i>et al.</i> (2018), Lima (2016), Wu e Geng (2014).
3	Complementariedade	Fávero (2020), Lima (2016), Monforti <i>et al.</i> (2014).
4	Densidade de Linhas de LT	Bulhões <i>et al.</i> (2020, 2018), Fávero (2020), Júnior <i>et al.</i> (2020).
5	Densidade de Malhas de Transporte	Bulhões <i>et al.</i> (2020, 2018), Höfer <i>et al.</i> (2014).
6	Densidade Demográfica	Bulhões <i>et al.</i> (2020, 2018), Höfer <i>et al.</i> (2014).
Grupo dos Critérios Econômicos		
7	Viabilidade Econômico-Financeira	Bulhões <i>et al.</i> (2020, 2018), Júnior <i>et al.</i> (2020), Wu e Geng (2014).
8	Nível de Industrialização	Bulhões <i>et al.</i> (2020, 2018), Schmitz <i>et al.</i> (2016).
Grupo dos Critérios Ambientais		
9	Área Disponível Relativa	Bulhões <i>et al.</i> (2020, 2018), Fávero (2020), Júnior <i>et al.</i> (2020)
Grupo dos Critérios Sociais		
10	Índice da FIRJAN de Desenvolvimento Municipal – IFDM	Bulhões <i>et al.</i> (2020, 2018), Schmitz <i>et al.</i> (2016).
Grupo dos Critérios Regulatórios		
11	Regulação/Legislação Vigente	Santos <i>et al.</i> (2020); Camargo <i>et al.</i> (2019); Santos e Torres (2017).
12	Segurança Jurídica	Santos <i>et al.</i> (2020); Santos e Torres (2017).

3º Etapa: Os coeficientes (ainda sem a atribuição de pesos) são definidos para os respectivos grupos e indicadores. Os coeficientes dos grupos de critérios foram: K_1, K_2, K_3, K_4, K_5 . Os coeficientes dos indicadores foram: $A_1, A_2, A_3, B_1, C_1, D_1, E_1, F_1, G_1, H_1, I_1, J_1$.

4º Etapa: Para a equação-modelo, os indicadores também precisam de *variáveis* respectivas definidas pelo(s) decisor(es): $a_1, a_2, a_3, b_1, c_1, d_1, e_1, f_1, g_1, h_1, i_1, j_1$. Estas variáveis terão valores inteiros posteriormente atribuídos (entre 0 e 10) e definem uma *função-objetivo* (Equação 1) para o Igv(%), que será ajustada via tabelas-auxiliares para o formato de uma equação-modelo adequada:

$$Igv(\%) = f(a_1, a_2, a_3, b_1, c_1, d_1, e_1, f_1, g_1, h_1, i_1, j_1) \quad (1)$$

5º Etapa: Formata-se a Tabela 2 com os coeficientes definidos. Depois se testa e se ajusta a tabela auxiliar e a função-objetivo através de composições das *operações matemáticas básicas* (somadas e multiplicações) até a obtenção da tabela-auxiliar e da equação-modelo mais adequadas possíveis. No caso desta pesquisa, foram realizados três testes até a obtenção da tabela-auxiliar e da Equação 2:

$$Igv(\%) = \frac{100}{X} \{K_1[(A_1a_1 + A_2a_2 + A_3a_3) + B_1b_1 + C_1c_1 + D_1d_1] + K_2(E_1e_1 + F_1f_1) + K_3(G_1g_1) + K_4(H_1h_1) + K_5(I_1i_1 + J_1j_1)\} \quad (2)$$

6º Etapa: O perfil qualitativo-quantitativo do PEIT para os Igv(%) serem feitos via faixas percentuais de viabilidade global predefinidas na Tabela 4 para atribuir o quanto um dado empreendimento híbrido eólico-solar FV será globalmente viável. No caso de um conjunto de empreendimentos híbridos pertencentes a um mesmo portfólio de uma mesma empresa, é possível classificar e hierarquizar os empreendimentos (ranqueamento) por meio dos respectivos Igv(%).

Tabela 4: Faixas Percentuais de Viabilidade do Empreendimento.

Faixas Percentuais	0% a 9,9%	10,0% a 39,9%	40,0% e 69,9%	70,0% a 90,0%	90,1% a 100%
Viabilidade do Empreendimento	Não (Inviabilidade Plena)	Baixa Atratividade	Média Atratividade	Alta Atratividade	OK (Viabilidade Plena)

7º Etapa: O pesquisador realizador deste trabalho atuou como o único profissional-especialista decisor e estimou os valores dos pesos dos coeficientes dos grupos de critérios e dos indicadores.

Os pesos estimados para os *coeficientes dos grupos de critérios* foram: $K_1 = 10$; $K_2 = 10$; $K_3 = 8$; $K_4 = 2$; $K_5 = 8$. Os pesos estimados para os *coeficientes dos indicadores* foram: $A_1 = 10$; $A_2 = 10$; $A_3 = 10$; $B_1 = 9$; $C_1 = 7$; $D_1 = 2$; $E_1 = 10$; $F_1 = 2$; $G_1 = 10$; $H_1 = 3$; $I_1 = 5$; $J_1 = 3$.

Exclusivamente para o cálculo do valor do divisor geral “X” usado na equação-modelo foi feita a multiplicação dos coeficientes já estimados para os respectivos indicadores com as variáveis nos valores máximos: $a_1 = a_2 = a_3 = b_1 = c_1 = d_1 = e_1 = f_1 = g_1 = h_1 = i_1 = j_1 = 10$.

8º e 9ª Etapas: Como houve um único decisor atribuindo pesos aos coeficientes, as 8ª e 9ª etapas podem ser unificadas. Assim, usando-se a tabela auxiliar final (Tabela 3) e a equação 2, obtém-se a equação-modelo final (Equação 3) para o cálculo dos Igv(%).

Tabela 3: Tabela auxiliar ajustada para a montagem da Equação-Modelo.

		Coeficientes		Indicadores (Variáveis)												
1	Critérios Técnicos	K_1	10													
1.1	Recurso Eólico (Velocidade de ventos)	A_1	10	a_1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1.2	Recurso Solar (Irradiação solar)	A_2	10	a_2	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1.3	Complementariedade	A_3	10	a_3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1.4	Densidade de LT	B_1	9	b_1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1.5	Densidade de Malhas de Transporte	C_1	7	c_1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1.6	Densidade Demográfica	D_1	2	d_1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2	Critérios Econômicos	K_2	10													
2.1	Viabilidade Econômico-Financeira	E_1	10	e_1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2.2	Nível de Industrialização	F_1	2	f_1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
3	Critérios Ambientais	K_3	8													
3.1	Área Disponível Relativa	G_1	10	g_1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
4	Critérios Sociais	K_4	2													
4.1	IFDM	H_1	3	h_1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
5	Critérios Regulatórios	K_5	8													
5.1	Regulação/Legislação Vigente	I_1	5	i_1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
5.2	Segurança Jurídica	J_1	3	j_1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Índice Global de Viabilidade - Igv (%)					0,0%	10,0%	20,0%	30,0%	40,0%	50,0%	60,0%	70,0%	80,0%	90,0%	100,0%	
X	7.500				Não	Baixa Atratividade			Média Atratividade			Alta Atratividade			OK	
					Faixas Percentuais de Viabilidade											

Obs.: Os indicadores (critérios) em vermelho são eliminatórios e os em azul são classificatórios.

$$Igv(\%) = \frac{100\{10[(10a_1 + 10a_2 + 10a_3) + 9b_1 + 7c_1 + 2d_1] + 10(10e_1 + 2f_1) + 8(10g_1) + 2(3h_1) + 8(5i_1 + 3j_1)\}}{7500}$$

$$Igv(\%) = \frac{100a_1 + 100a_2 + 100a_3 + 90b_1 + 70c_1 + 20d_1 + 100e_1 + 20f_1 + 80g_1 + 6h_1 + 40i_1 + 24j_1}{75} \quad (3)$$

10º Etapa: O pesquisador realizador deste trabalho levantou informações a respeito das duas usinas híbridas Tacaratu-PE e a de Caetité/Igaporã-BA (Santos *et al.*; 2021, 2020 e 2017). A partir disto, ele estimou valores para as variáveis da equação-modelo e as aplicou nos cálculos dos Igv(%).

Para as variáveis referentes à usina híbrida de Tacaratu-PE: $a_1=9$; $a_2=9$; $a_3 = 9$; $b_1=6$; $c_1=6$; $d_1=9$; $e_1=8$; $f_1=2$; $g_1=9$; $h_1=2$; $i_1=9$; $j_1=9$.

$$Igv(\%)_{TACARATU} = 79,8\%$$

Para as variáveis referentes à usina híbrida de Caetité/Igaporã-BA: $a_1=9$; $a_2=8$; $a_3 = 9$; $b_1=4$; $c_1=5$; $d_1=9$; $e_1=7$; $f_1=2$; $g_1=9$; $h_1=3$; $i_1=9$; $j_1=9$.

$$Igv(\%)_{CAETITÉ/IGAPORÃ} = 73,9\%$$

11º Etapa: Avaliando-se os Igv(%) pela Tabela 4, os Igv (%) de Tacaratu e de Caetité/Igaporã estão na faixa de *Alta Atratividade*. Estes resultados eram esperados, pois estas usinas híbridas foram implantadas com conhecimentos prévios de suas viabilidades globais por parte das empresas. Uma vez que elas pertencem a empresas diferentes (portfólios distintos), não é possível hierarquiza-las entre si.

CONCLUSÃO

Este artigo apresentou o novo método multicritério PEIT, aplicando-o com êxito nas duas usinas híbridas eólico-solares FV existentes no Brasil. O PEIT atendeu satisfatoriamente as expectativas, pois calculou Igv(%) coerentes de viabilidade global, uma vez que estas usinas já haviam sido implantadas de forma estratégica e favorável em termos de viabilidade por parte de suas empresas proprietárias.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado com apoio da *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001*.

REFERÊNCIAS

- Bulhões, R. L.; Santana, E. S.; Santos, A. A. B.. *Use of Analytic Hierarchy Process for Wind Farm Installation Region Prioritization – Case Study*. *Energies*, vol. 13, pp. 2284, 2020.
- _____. Emprego do Processo Analítico Hierárquico para Priorização de Regiões para Instalação de Usinas Solares Fotovoltaicas – Estudo de Caso no Estado da Bahia. In: X Congresso Nacional de Engenharia Mecânica (CONEM), Salvador, 2018.
- Camargo, L. A. S.; Ramos, D. S.; Paiva, L. F.; Rosa, P. S.; Balan, M. H.. Aprimoramentos Regulatórios e Comerciais como suporte para a Viabilização de Projetos Híbridos Eólico-Solar Fotovoltaico. In: *Brazil Windpower 2019*, ISBN 978-65-81186-00-5, São Paulo, 2019.
- Fávero, P. R.. Projetos Híbridos Solar-Eólicos: uma proposta metodológica de seleção, utilizando Método AHP e Logica Fuzzy. 2020. 141 f.: Dissertação (mestrado)-UFF, Niterói, 2020.
- Höfer, T.; Sunak, Y.; Siddiquec, H.; Madalenera, R.. *Wind Farm Siting Using a Spatial Analytic Hierarchy Process Approach : A Case Study of the Städteregion Aachen*. *Applied Energy*, vol. 163, n. 16, pp. 222–243, 2016.
- Júnior, E. R. G.; Rangel, I. C.; Tavares, A. R. T.; Júnior, E. G. F.; Júnior, M. E.; Souza, C. L. M.. *Multi-criteria assessment of potential regions for wind power generation in the State of Rio de Janeiro*. *Gestão & Produção*, vol. 27, n. 3, pp. 4747, 2020..
- Lima, J. A.. Análise da viabilidade da geração híbrida de energia solar e eólica no Nordeste brasileiro. 2016. 138 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, UFCG, Paraíba, Brasil, 2016a.
- Monforti, F.; Huld, T.; Bodis, K.; Vitali, L.; D'Isidoro, M.; Lacal-Arantequi, R.. *Assessing complementarity of wind and solar resources for energy production in Italy. A Monte Carlo approach*. *Renewable Energy*, vol. 63, pp. 576–586, 2014.
- Saaty, T. L.. *Decision making with the analytic hierarchy process*. *International Journal of Services Sciences (IJSSCI)*, vol. 1, n. 1, pp. 83, 2008..
- _____. *How to make a decision: the analytic hierarchy process*. *European Journal of Operational Research*, vol. 48, n. 1, pp. 9-26, 1990.
- Santos, J. A. F. A.; Cunha, F. B. F.; Costa, C. A.; Torres, E. A.. *Exploratory Study about Wind-Solar Hybrid Power Plants in Brazil*. In: *16th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems (SDEWES)*, Dubrovnik, 2021.
- Santos, J. A. F. A.; De Jong, P.; Costa, C. A.; Torres, E. A.. *Combining Wind and Solar Energy Sources: Potential for Hybrid Power Generation in Brazil*. *Utilities Policy*, vol. 67, 101084, 2020.
- Santos, J. A. F. A.; Torres, E. A.. Potencial para Combinação das Fontes Eólica e Solar na Geração Elétrica no Brasil. In: *13º Congresso Ibero-americano de Engenharia Mecânica (CIBEM)*, Anais XIII CIBEM, ISBN 978-989-95683-4-1, Lisboa, 2017.
- Schmitz, W. I.; Schmitz, M.; Canha, L. N.; Bernardon, D. P.. Estratégia Energética e Socioambiental na Gestão Pública com Aplicação dos Métodos AHP e PROMETHEE. In: *5º Fórum Internacional ECOINOVAR*, Santa Maria, 2016.
- Wu, Y.; Geng, S.. *Multi-criteria decision making on selection of solar–wind hybrid power station location: A case of China*. *Energy Conversion and Management*, vol. 81, pp. 527–533, 2014.