

## ESTUDO DE CASO DA MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA: ESCOLHA DE FONTES NÃO EMISSORAS DE CO<sub>2</sub> COM AUXÍLIO DO MÉTODO AHP

*CASE STUDY OF BRAZILIAN ELECTRIC MATRIX: CHOICE OF SOURCES NOT EMITTERS CO<sub>2</sub> ASSISTED BY AHP METHOD*

**Yago Fraga Ferreira Brandão<sup>1\*</sup>, Wagner Eustáquio de Vasconcelos<sup>2</sup>, & Ingrid Torres Sales<sup>3</sup>**

<sup>123</sup> [Universidade Católica de Pernambuco, UNICAP, Brasil.](http://www.unicap.br)

<sup>1\*</sup> [yagoffb9@gmail.com](mailto:yagoffb9@gmail.com) <sup>2</sup> [wagnervas@gmail.com](mailto:wagnervas@gmail.com) <sup>3</sup> [salesingrid1997@gmail.com](mailto:salesingrid1997@gmail.com)

### ARTIGO INFO.

Recebido em: 29.12.2021

Aprovado em: 07.03.202

Disponibilizado em: 26.04.2022

### PALAVRAS-CHAVE:

Sistemas de Energia; Plano Energético; Fontes Limpas; Tomada de Decisão; MATLAB.

### KEYWORDS:

Power System; Energy Planning; Clean Sources; Decision Making; MATLAB.

\*Autor Correspondente: Brandão, Y. F. F.

### RESUMO

A matriz elétrica brasileira tem como principal fonte de energia as usinas hidrelétricas, onde estas representam cerca de 67% do potencial elétrico utilizado para o abastecimento do país. Entendendo que não é viável ter o sistema elétrico dependente desta única fonte, este trabalho analisa a aplicabilidade das energias: Eólica, Solar e Nuclear no abastecimento elétrico do território Brasileiro, aliando-se ao estudo da tomada de decisão a fim de tornar a matriz mais equilibrada e menos dependente de uma só fonte de energia. Foram escolhidos os critérios (disponibilidade de recursos; custos financeiros; biossegurança e climatologia) e alternativas (energias eólica, solar e nuclear). Após a definição foi julgada a importância de cada critério utilizando a tabela de Saaty, gerando a matriz de julgamento. Após a geração da matriz checkou-se a razão de coerência que foi de 1,16% (dentro do limite). Foram definidos cinco cenários (regiões nordeste, centro-oeste, norte, sul e sudeste) e estabelecidas porcentagens para cada critério. Os resultados das porcentagens para cada critério foram reunidos nos cinco cenários e com o auxílio de um algoritmo desenvolvido no Matlab foi realizada a simulação aplicando o método AHP (Analytic Hierarchy Process). Os resultados mostraram que, para os critérios e cenários adotados quatro regiões

brasileiras apresentaram viabilidade para ao menos duas fontes de energia, com a região nordeste tendo viabilidade para todas as alternativas adotadas. Espera-se que a partir dos resultados encontrados sejam gerados futuros trabalhos que discutam a questão do desequilíbrio elétrico nacional, abordando novos critérios, energias e métodos de tomada de decisão.

### ABSTRACT

*The Brazilian electricity matrix has hydroelectric plants as its main source of energy, where they represent about 67% of the electrical potential used to supply the country. Understanding that it is not feasible to have the electrical system dependent on this single source, this work analyzes the applicability of energies: Wind, Solar, and Nuclear in the electric supply of the Brazilian territory, allied to the study of decision making to make the matrix more balanced and less dependent on a single energy source. Criteria (availability of resources; financial costs; biosafety and climatology) and alternatives (wind, solar and nuclear energy) were chosen. After the definition, the importance of each criterion was judged using the Saaty table, generating the judgment matrix. After generating the matrix, the coherence ratio was checked, which was 1.16% (within the limit). Five scenarios were defined (northeast, Midwest, north, south, and southeast regions) and percentages were established for each criterion. The results of the percentages for each criterion were gathered in the five scenarios and with the help of an algorithm developed in MATLAB, the simulation was performed using the AHP method (Analytic Hierarchy Process). The results showed that, for the criteria and scenarios adopted, four Brazilian regions presented feasibility for at least two energy sources, with the northeast region being viable for all alternatives adopted. It is expected that from the results found, future works will be generated that discuss the issue of national electrical imbalance, approaching new criteria, energies, and decision-making methods.*



## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com a resenha energética brasileira (Brasil, 2019) a energia hidrelétrica representa 66,6% da matriz elétrica, ou seja, corresponde a dois terços da potência instalada do país. Ainda segundo a resenha energética brasileira a segunda fonte energética com maior representação na matriz é a eólica com 7,58% de participação, a diferença entre as fontes demonstra um desequilíbrio da matriz, visto que ao haver problemas na geração hidrelétrica as outras fontes juntas não seriam capazes de suprir metade do potencial hidrelétrico.

Existem diversos casos na história brasileira de falhas nos sistemas fornecedores de energia que deixaram milhões de pessoas no escuro, sendo o mais emblemático de todos ocorreu em 2009, e deixou mais de 90 milhões de pessoas sem energia elétrica não apenas no Brasil, mas também no vizinho Paraguai (Alves, 2014).

Dentre as causas de ocorrência de apagões, apurou-se que são vários os motivos que podem explicar as falhas no sistema de transmissão e geração que acarretam os apagões: falta de investimentos em estrutura e tecnologia; insuficiência de manutenção e de substituição de equipamentos ultrapassados; ausência de sistemas de proteção da rede e de prevenção de variações na tensão; aparelhos fora do padrão; problemas estruturais em subestações; falhas humanas; erros de comando; fenômenos naturais, como vento, chuva, raios e incêndios, entre outros (Brasil, 2018).

Uma proposta para equilibrar a matriz elétrica brasileira é a utilização de fontes energéticas consideradas “limpas” que são as que menos contribuem para emissão de gases que compõem o efeito estufa. A energia nuclear é uma fonte geradora de energia elétrica que pode contribuir muito para essa mudança por apresentar a vantagem de não emitir substâncias que contribuem com o aquecimento global (Gomes, 2017).

Em relação as fontes alternativas de energia, os primeiros projetos em energia solar e eólica foram implementados na década de 90 tanto nos estados do Nordeste como também da região norte do Brasil, onde a carência de abastecimento elétrico é uma das mais acentuadas e graves do país por apresentar várias comunidades isoladas, não atendidas pela falta de estrutura das concessionárias no fornecimento das fontes convencionais de energia, vários projetos foram ali implementados com instalações de sistemas fotovoltaicos e eólicos para geração descentralizada de energia elétrica (Pinto, Martins, & Pereira, 2017).

O estudo da tomada de decisão é uma mescla de várias disciplinas do saber, como matemática, sociologia, psicologia, economia e ciência políticas. A filosofia reflete sobre o que uma decisão revela sobre nosso eu e nossos valores. A história dissera a decisão tomada por líderes em momentos críticos. Já o estudo do risco e do comportamento organizacional nasce de um desejo mais prático: ajudar o administrador a obter melhores resultados (Buchanan & O'Connell, 2006).

Com o intuito de contribuir para o tratamento da subjetividade inerente ao processo decisório, investiga-se uma abordagem fundamentada no emprego de um dos métodos de auxílio à decisão sob múltiplos critérios mais reconhecidos cientificamente – o Método da Análise Hierárquica (A.H.P.) (Marins, Souza, & Barros, 2009).

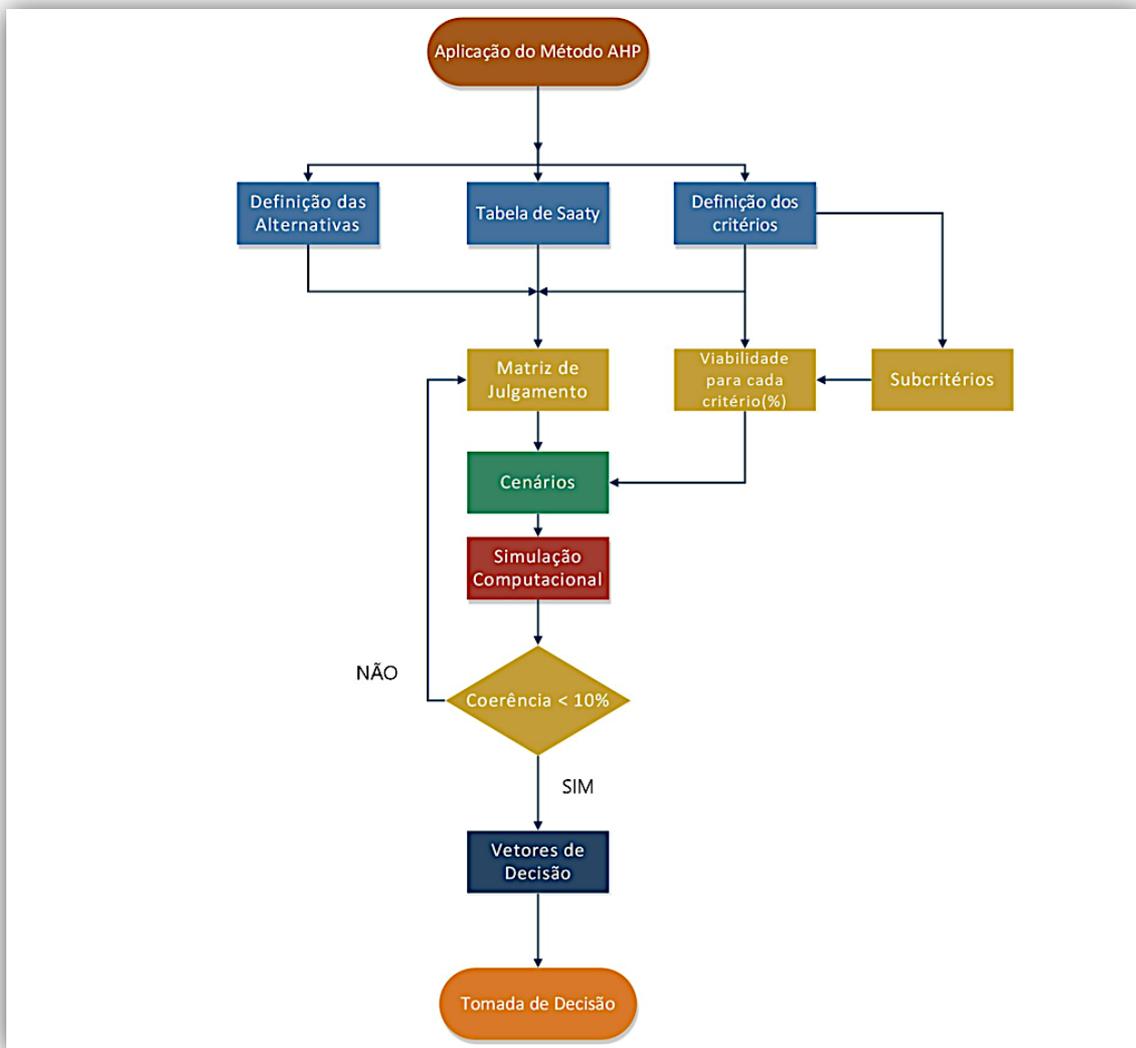


Deste modo, o objetivo deste trabalho é analisar a aplicabilidade das energias: Eólica, Solar e Nuclear na produção de energia no território Brasileiro, aliando-se ao estudo da tomada de decisão a fim de tornar a matriz mais equilibrada e menos dependente de uma só fonte de energia elétrica.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Na Figura 1 pode ser visto o fluxograma de representação das etapas da metodologia de maneira resumida. O Tipo de abordagem da pesquisa é de natureza quali-quantitativa, por apresentar o lado quantitativo de um estudo estatístico, descrevendo assim as características de cada etapa abordada, medindo através de porcentagens as hipóteses levantadas a respeito da pesquisa de cada cenário estudado.

**Figura 1.** Fluxograma de Representação da Metodologia



Fonte: Autores (2021).

Inicialmente foi realizada a etapa de aplicação teórica do método AHP, onde foi detalhado o método, e a sua aplicabilidade para detecção da mais viável fonte energética para determinada região brasileira. Em seguida foram determinados os critérios e alternativas



escolhidas e as notas que foram atribuídas para cada um desses critérios, sendo essas notas baseadas na Tabela 1 (Escala Numérica De Saaty), onde os critérios foram julgados entre si, respeitando a hierarquia entre eles para poder então, com base nessas notas atribuídas se formar a Matriz de Julgamento.

**Tabela 1.** Escala numérica de Saaty

Escala Numérica	Escala Verbal	Explicação
1	Ambos os elementos são de igual importância.	Ambos os elementos contribuem com a propriedade de igual forma.
3	Moderada importância de um elemento sobre o outro.	A experiência e a opinião favorecem um elemento sobre o outro.
5	Forte importância de um elemento sobre o outro.	Um elemento é fortemente favorecido.
7	Importância muito forte de um elemento sobre o outro.	Um elemento é muito fortemente favorecido sobre o outro.
9	Extrema importância de um elemento sobre o outro.	Um elemento é favorecido pelo menos com uma ordem de magnitude de diferença
2,4,6,8	Valores intermediários entre as opiniões adjacentes.	Usados como valores de consenso entre as opiniões

Fonte: Adaptada de Saaty (2008).

Logo após a formação da matriz de julgamento, foram atribuídos valores mostrando se um determinado critério tinha uma maior ou menor influência sobre outro e assim sucessivamente.

As alternativas escolhidas foram as energias: solar, eólica e nuclear; os critérios escolhidos foram: disponibilidade de recursos; custos financeiros; biossegurança e climatologia. Sendo estes critérios utilizados em cinco cenários. Estes cenários correspondem as regiões do território brasileiro: norte, nordeste, sul, sudeste, centro-oeste. Sendo assim, no cenário 1 (região Nordeste) serão testados os valores atribuídos as alternativas (energias) na região Nordeste através dos critérios adotados (Tabela 6). Os valores da matriz de julgamento dos critérios podem ser vistos na Tabela 2.

**Tabela 2.** Matriz de julgamento dos critérios

	Disponibilidade de recursos	Custo financeiro	Biossegurança	Climatologia
Disponibilidade de recursos	1	2	3	4
Custos Financeiros	1/2	1	2	3
Biossegurança	1/3	1/2	1	2
Climatologia	1/4	1/3	1/2	1

Fonte: Autores (2021).

Como apresentado na Tabela 2, o critério disponibilidade de recursos foi considerado o mais importante, pois para se escolher um local de instalação, a primeira coisa que deve ser levada em consideração é a capacidade daquele local de atender a demanda que será necessária. Em seguida o critério de custo financeiro foi considerando de igual importância com a biossegurança, visto que após a avaliação de recursos é necessário orçar a obra em questão (levando em consideração que cada região tem um custo diferente de terreno, material, entre outros quesitos de construção) e fazer a avaliação ambiental do local entendendo o dano que será causado com a construção. Por fim a climatologia foi o critério que teve menor índices



de julgamento, pois uma das alternativas (energia nuclear) é uma energia de base não sendo totalmente afetada por este critério.

Posterior à atribuição dos valores da matriz de julgamento, os critérios foram atribuídos valores para cada critério por uma tabela de porcentagens representativas onde é expressa uma faixa de porcentagens de 0 a 100% e suas respectivas significações em: inviável, pouco viável, regular, viável e muito viável dependendo do grau de importância da fonte energética em determinada região. Estas faixas atribuídas para classificação estão presentes na Tabela 3.

**Tabela 3.** Tabela de Porcentagens Representativas

Inviável	Pouco Viável	Regular	Viável	Muito Viável
0 ~ 20%	21~39%	40~60%	61~80%	85~100%

Fonte: Autores (2021).

Como todo estudo teórico este pode apresentar uma margem de erro entre esses números, porém os mesmos são sucedidos dos dados que foram obtidos através da revisão bibliográfica realizada para este trabalho (Gomes 2017; Pinto *et al.*, 2017; Brasil 2019; Brandão, Diu, Silva, & Vasconcelos, 2020). Além disso, a porcentagem de cada critério foi determinada levando em consideração os subcritérios da Tabela 4.

**Tabela 4.** Subcritérios utilizados para avaliação

Critério	Subcritério
Disponibilidade de Recursos	1- Eficiência para Geração de energia 2- Abundância do Recurso
Custo Financeiro	1- Valor de Instalação 2- Tempo de Vida Útil 3- Tempo de Retorno Financeiro
Biossegurança	1- Energia Limpa 2- Poluição Sonora 3- Resíduos Tóxicos 4- Fauna e Flora
Climatologia	1- Pluviosidade/Umidade 2- Características próprias da Região 3- Velocidade dos Ventos

Fonte: Autores (2021).

Conforme a Tabela 4, para disponibilidade de recursos se levou consideração a eficiência em gerar energia do recursos em questão para cada região, pois para as alternativas adotadas seria necessário levar em consideração quanto essas energias podem de fato serem significativas produtoras de energia, além disso, é necessário ter ideia da abundância do recurso da alternativa, por exemplo, a nuclear precisa de reservas de minérios para estar suficientemente disponível para uso na geração de energia.

Para o custo financeiro foram utilizados o valor de instalação, pois cada região possui um valor diferente para materiais e terreno; o tempo de vida útil visto que cada uma das alternativas tem equipamentos diferentes (turbina eólica, placas solares, reatores) com diferentes tempos de vida útil; e o tempo que a alternativa em questão demoraria para começar a gerar lucro.

Na biossegurança foram levados em consideração os danos que seriam causados no ar (seja com a poluição ambiental ou sonora); o impacto que seria gerado por resíduos tóxicos



Citação (APA): Brandão, Y. F. F., Vasconcelos, W. E., de, & Sales I. T. (2022). Estudo de Caso da Matriz Elétrica Brasileira: Escolha de Fontes Não Emissoras de CO<sub>2</sub> com Auxílio do Método AHP. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 8(3), 01-11.

proveniente de cada alternativa e levando que algumas regiões têm locais de preservação de fauna e flora, como por exemplo, a floresta amazônica na região norte.

Na climatologia foram observadas as características próprias de cada região, além dos níveis de chuva e umidade, visto que em locais com muita chuva se torna difícil utilizar a energia solar e a velocidade dos ventos para geração da energia eólica.

Após serem gerados os valores de cada critério para cada região brasileira e suas respectivas porcentagens para cada fonte energética, levou-se estes dados a um algoritmo do Matlab, onde foram gerados os cenários da tomada de decisão.

Foi adicionado ao algoritmo que se o cenário ultrapassasse o valor de 10% para razão de coerência o programa seria imediatamente interrompido. A razão de coerência pode ser interpretada como a probabilidade que a matriz tenha sido completada de forma aleatória, desta forma se a razão for menor do que 10%, então há coerência para seguir com os cálculos do AHP; se for maior do que 10% é recomendado que a análise seja refeita (Costa, 2020).

Ainda segundo Costa (2020), após a obtenção da matriz de julgamento são realizados os cálculos do autovetor, autovetor normalizado e autovalor.

Para calcular o autovetor utiliza-se a média geométrica da linha. Se considerarmos a linha da Biossegurança como referência, o autovetor seria representado na Equação 1:

$$AV = (3*2*1*\frac{1}{2})^n \quad (1)$$

Onde AV representa o autovetor e “n” o número de valores que existem na linha neste caso 4 valores.

Após o cálculo do autovetor se realiza o somatório de todas as colunas. Com os somatórios realizados se calcula o autovetor normalizado através da Equação 2:

$$AVN = \frac{AV_i}{\sum AV} \quad (2)$$

Onde AVN representa o autovetor normalizado sendo obtido pelo autovetor em questão dividido pelo somatório dos autovetores encontrados.

Ao encontrar todos os AVN é criada uma matriz com esses valores, no caso em questão será uma matriz de 4 linhas com 1 coluna, chamada de M<sub>AVN</sub>. É realizada a soma das colunas da matriz de julgamento de forma a se criar uma nova matriz que será utilizada para encontrar o autovalor.

Utilizando a Tabela 2 como exemplo a matriz da soma das colunas seria representada como pode ser visto na Equação 3:

$$M_{SC} = [(1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4}) (1+ 2+ \frac{1}{2}+ \frac{1}{3}) (3+2+1+ \frac{1}{2}) ( 4+3+2+1)] \quad (3)$$

Onde M<sub>SC</sub> representa a matriz soma das colunas. Inicialmente calcula-se o autovalor através da multiplicação de matrizes entra a matriz da linha das somas dos critérios e a matriz dos AVN como pode ser visto na Equação 4.

$$A_{\max} = M_{SC} * M_{AVN} \quad (4)$$



Onde o  $A_{\text{máx}}$  representa o autovalor. A partir do autovalor pode ser feito o cálculo do índice de coerência. O índice de coerência pode ser obtido através da Equação 5:

$$IC = \frac{A_{\text{máx}} - n}{(n-1)} \quad (5)$$

Onde IC representa o índice de coerência,  $A_{\text{máx}}$  o autovalor e “n” o número de critérios que neste caso é 4.

A partir do valor de IC se calcula a razão de coerência que pode ser descrita como a razão entre o IC e o índice randômico (IR). O índice randômico é um valor atribuído por Saaty (2008) de forma a determinar a razão de coerência, este valor varia de acordo com o número de critérios adotados. Na Tabela 5 podem ser vistos os valores de índice randômico atribuídos por Saaty.

**Tabela 5.** Tabela de índice Randômico

Número de Critérios	Índice Randômico
1	0
2	0
3	0,58
4	0,9
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41
9	1,45
10	1,49

Fonte: Adaptada de Saaty (2008)

Dessa forma define-se a razão de coerência através da Equação 6:

$$RC (\%) = \frac{IC}{IR} * 100 \quad (6)$$

Onde RC representa a razão de coerência. Sendo o valor de RC menor que 10% o método está correto (Costa, 2020). O valor encontrado de RC servirá para todos os cenários visto que o julgamento entre os critérios será igual para os cinco cenários adotados, mudando apenas os valores atribuídos a estes critérios em cada cenário.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao serem inseridos no algoritmo os valores da matriz de julgamento (Tabela 2), apresentaram-se coerentes, obtendo uma razão de coerência 1,16%, indicando que a aleatoriedade do julgamento está dentro da razão de coerência ideal, de até 10%. As Tabelas 6, 7, 8, 9 e 10 mostram os valores para cada critério em relação a cada fonte energética, para os cenários estabelecido, onde estes estão representados numericamente sendo as regiões nordeste, centro-oeste, norte, sul e sudeste correspondentes aos cenários 1,2,3,4 e 5 respectivamente.



**Tabela 6.** Porcentagens atribuídas para o Cenário 1

	Energia Eólica	Energia Solar	Energia Nuclear
Disponibilidade de Recursos	77%	64%	72%
Custo Financeiro	70%	81%	75%
Biossegurança	63%	69%	52%
Climatologia	60%	85%	97%

Fonte: Autores (2021).

**Tabela 7.** Porcentagens atribuídas para o Cenário 2

	Energia Eólica	Energia Solar	Energia Nuclear
Disponibilidade de Recursos	38%	63%	60%
Custo Financeiro	68%	80%	74%
Biossegurança	66%	71%	53%
Climatologia	65%	45%	93%

Fonte: Autores (2021).

**Tabela 8.** Porcentagens atribuídas para o Cenário 3

	Energia Eólica	Energia Solar	Energia Nuclear
Disponibilidade de Recursos	52%	38%	78%
Custos Financeiros	68%	80%	74%
Biossegurança	56%	64%	48%
Climatologia	40%	55%	93%

Fonte: Autores (2021).

**Tabela 9.** Porcentagens atribuídas para o Cenário 4

	Energia Eólica	Energia Solar	Energia Nuclear
Disponibilidade de Recursos	63%	42%	56%
Custos Financeiros	69%	80%	74%
Biossegurança	61%	67%	51%
Climatologia	80%	50%	93%

Fonte: Autores (2021).

**Tabela 10.** Porcentagens atribuídas para o Cenário 5

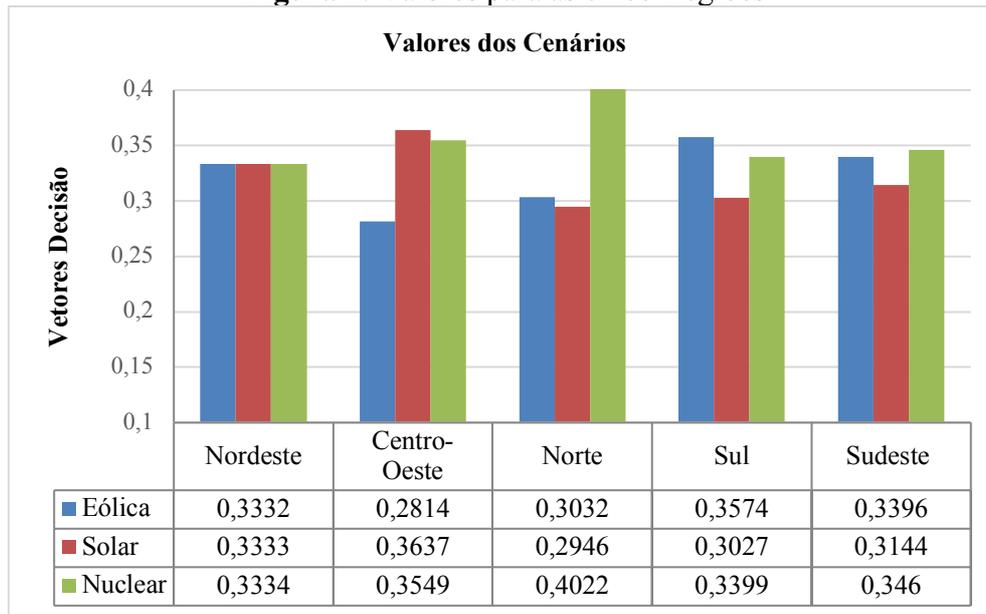
	Energia Eólica	Energia Solar	Energia Nuclear
Disponibilidade de Recursos	67%	50%	66%
Custos Financeiros	70 %	82%	75%
Biossegurança	60%	69%	50%
Climatologia	65 %	55%	91%

Fonte: Autores (2021).

Após aplicação das porcentagens, cria-se uma matriz 4 x 4 onde os critérios se tornam colunas e as alternativas linhas com o acréscimo dos valores encontrados em  $M_{AVN}$  (que serão os mesmo para os 5 cenários visto que a matriz de julgamento não se alterou). Para obtenção do Vetor decisão faz-se a soma da multiplicação entre os valores das porcentagens; foram obtidos os resultados através dos dados simulados no algoritmo de Brandão *et al* (2020). Sendo gerado assim os resultados para os cinco cenários (Figura 2).



**Figura 2.** Valores para as cinco Regiões



Fonte: Autores (2021).

### 3.1 Região Nordeste (Cenário 1)

Como observado nos resultados obtidos, exemplificados na Figura 2, a região nordeste apresenta viabilidade para as três energias escolhidas, sendo a diferença entre as alternativas de 0,0001. A partir deste resultado, é possível afirmar que a região nordeste do Brasil é propícia para a instalação de qualquer uma das alternativas adotadas neste trabalho, sendo desta forma uma região que pode se desenvolver para utilização de várias fontes de energia.

### 3.2 Cenário 2 (Região Centro-Oeste)

Observa-se na Figura 2 que o cenário da região centro-oeste teve os vetores de decisão das energias solar e nuclear próximos com uma diferença menor do que 0,01. Dessa forma as duas alternativas são opções viáveis para este cenário. A energia eólica por apresentar um vetor decisão consideravelmente menor que as outras duas alternativas, não se torna uma opção viável.

### 3.3 Cenário 3 (Região Norte)

A partir dos resultados obtidos do cenário 3, a energia nuclear representou a fonte energética mais viável para a região norte baseando-se nos critérios estabelecidos e nas características da região. A visível diferença na Figura 2 da energia nuclear entre as demais é justificada, pois de acordo com as Indústrias Nucleares do Brasil (INB, 2018), A região norte do país tem potencial para abrigar mais de 300 mil toneladas de urânio e já foram identificadas potenciais áreas em Pitinga (Amazonas), onde o urânio encontra-se associado a outros minerais. Tais informações mostram que os critérios aqui adotados foram coerentes com a realidade.

### 3.4 Cenário 4 (Região Sul)

Como observado nos resultados do cenário 4 a energia eólica representou a fonte energética mais viável para a região sul, porém a energia nuclear apresentou um resultado próximo



tornando-se também uma opção viável. A diferença de para a energia solar não foi discrepante, mas era de se esperar devido ao clima mais frio e com inverno forte da região dificultando o uso da energia solar na região.

### 3.5 Cenário 5 (Região Sudeste)

No cenário 5 a energia nuclear juntamente com a energia eólica, se apresentaram como as mais viáveis para a região. A energia solar ficou obteve um vetor decisão relativamente menor as outras duas alternativas, resultado que pode ser atribuído ao fato que a disponibilidade de recursos e o clima da região (critérios adotados) foram julgados relativamente baixos em comparação com as alternativas do cenário.

## 4. CONCLUSÃO

A partir das análises dos resultados obtidos, e com base na tomada de decisão através do método AHP, com a razão de coerência 1,16 %, foi observado que as todas as regiões do Brasil apresentam viabilidade para a energia nuclear, obtendo o maior vetor decisão em três dos cinco cenários abordados, com destaque para região norte onde obteve um resultado consideravelmente maior do que as outras energias.

Observa-se que com exceção da região norte, as outras regiões se apresentam abertas para a aplicação de duas energias, destacando a região nordeste que obteve vetores decisão praticamente iguais para as três energias abordadas.

Os resultados encontrados neste trabalho (considerando o método de tomada de decisão e os critérios utilizados) demonstram que o Brasil apresenta viabilidade para as três fontes abordadas; o que implica dizer que é possível mudar a política elétrica do país de forma a diminuir a dependência da fonte hidrelétrica (o que resultaria em economia no uso de água) atendendo a demanda da população sem necessitar de fontes energéticas emissoras de CO<sub>2</sub>, desta forma tornando a matriz elétrica mais equilibrada evitando novos blackouts nacionais.

Sugere-se então para futuros trabalhos que a partir dos resultados encontrados aqui possam ser utilizados outros critérios para análise dessas energias, possam ser utilizadas também outras fontes energéticas e outros métodos de decisão que julguem viáveis. Em relação a critérios, podem ser utilizados temas como: impactos sociais, infraestrutura entre outros subcritérios que auxiliem na classificação dos critérios escolhidos.

Sugere-se também o uso de outros métodos de tomada de decisão como TODIM-FSE ou até mesmo a adição da lógica Fuzzy ao próprio método AHP. Por fim entende-se que outras energias como, por exemplo, a maremotriz, possam ser utilizadas de forma que se possa diminuir a dependência elétrica do Brasil da energia hidrelétrica possibilitando uma matriz mais equilibrada.

## REFERENCIAS

Alves, D. S. (2014). Análise de eficiência energética em redes de distribuição de energia elétrica. <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/1374>

Brandão, Y. F. F., Diu, D. V., Da Silva, I. A., & De Vasconcelos, W. E. (2020). Aplicação do método ahp na escolha de uma cidade pernambucana para a instalação de uma central



Citação (APA): Brandão, Y. F. F., Vasconcelos, W. E., de, & Sales I. T. (2022). Estudo de Caso da Matriz Elétrica Brasileira: Escolha de Fontes Não Emissoras de CO<sub>2</sub> com Auxílio do Método AHP. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 8(3), 01-11.

heliotérmica. aplicação do método ahp na escolha de uma cidade pernambucana para a instalação de uma central heliotérmica, 1-388. <https://www.atenaeditora.com.br/post-artigo/39019>

Brasil. Ministério de Minas e Energia (2019). *Resenha Energética Brasileira* <http://antigo.mme.gov.br/documents/36208/948169/Resenha+Energ%C3%A9tica+Brasileira+-+edi%C3%A7%C3%A3o+2019+v3.pdf/92ed2633-e412-d064-6ae1-eefac950168b>

Brasil. Tribunal de Contas da União (2018). Levantamento Junto ao MME, Aneel E ONS Acerca das Medidas Regulatórias, de Fiscalização e Coercitivas Adotadas Pelos Agentes Responsáveis do Setor para Mitigar a Ocorrência de Apagões e Suas Consequências. <https://portal.tcu.gov.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=8A8182A1602335590160C747DEC14141#:~:text=Dentre%20as%20causas%20de%20ocorr%C3%Aancia,ultrapassados%3B%20aus%C3%Aancia%20de%20sistemas%20de>

Buchanan, L. & O'Connell, A. (2006). Uma breve história da tomada de decisão. *Harvard Business Review*, 1, 20-29pp. [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/35444108/Tomada\\_de\\_Decisao-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1649886305&Signature=R~IZI2iG~FGeYky9o8tIxrK~dRSBnLvWG4c6RA3fLue1yI4vKoPz8EW3QQGyRI7VLgIKrGveoipLjUD4jl2tG-HY97bv7BdUNT2vfyPu6vMFjUqhaDM2Inxswpe23W6KVEcjCQDB2KlsN0vgvVsjr6Jw7CqXRuqPmezsP4Bfq67tOKVsTifU5WshirGKCH4Rmlcx9GmecnesE0QIKbs-FAKre0Wf8SfCjLYjiGg3CzCIZl~xlMp8P8LDUqcr6V3iBbEc5lmcpNcXvzXJKloxHO-4WfVXeenIzbZE9esGuM1~DSo3N7SxDINS8eq1NoktWkYSI6j9XVYAjYoXBF1w\\_\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/35444108/Tomada_de_Decisao-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1649886305&Signature=R~IZI2iG~FGeYky9o8tIxrK~dRSBnLvWG4c6RA3fLue1yI4vKoPz8EW3QQGyRI7VLgIKrGveoipLjUD4jl2tG-HY97bv7BdUNT2vfyPu6vMFjUqhaDM2Inxswpe23W6KVEcjCQDB2KlsN0vgvVsjr6Jw7CqXRuqPmezsP4Bfq67tOKVsTifU5WshirGKCH4Rmlcx9GmecnesE0QIKbs-FAKre0Wf8SfCjLYjiGg3CzCIZl~xlMp8P8LDUqcr6V3iBbEc5lmcpNcXvzXJKloxHO-4WfVXeenIzbZE9esGuM1~DSo3N7SxDINS8eq1NoktWkYSI6j9XVYAjYoXBF1w__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)

Costa, L. A. N. (2020). Aplicação do método AHP no processo de seleção de fornecedores em um empreendimento de Cerro Corá/RN. [https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/4877/1/LeonACN\\_MONO.pdf](https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/4877/1/LeonACN_MONO.pdf)

Gomes, J. J. D. (2017). A importância da energia nuclear dentro da matriz energética brasileira. [https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/793/1/MONOGRAFIA\\_Import%C3%A2nciaEnergiaNuclear.pdf](https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/793/1/MONOGRAFIA_Import%C3%A2nciaEnergiaNuclear.pdf)

INB. Indústrias Nucleares do Brasil (2018). Recursos. <http://www.inb.gov.br/Nossas-Atividades/Ur%C3%A2nio/Recursos>

Marins, C. S., Souza, D. O., & Barros, M. S. (2009). O uso do método de análise hierárquica (AHP) na tomada de decisões gerenciais—um estudo de caso. *XLI SBPO*, 1, 49p. <http://www.din.uem.br/~ademir/sbpo/sbpo2009/artigos/55993.pdf>

Pinto, L. I. C., Martins, F. R. & Pereira, E. B. (2017). O mercado brasileiro da energia eólica, impactos sociais e ambientais. *Revista Ambiente & Água*, 12(6), 1082-1100. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.2064>

Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International journal of services sciences*, 1(1), 83-98. <https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJSSci.2008.01759>

