



Ordenação de fontes de energias renováveis em substituição à energia elétrica fornecida pela concessionária ao Complexo Naval da Ilha das Cobras: uma análise a partir do método AHP-Gaussiano

Ednei Duarte Rezende

Instituto Militar de Engenharia (ednei.duarte@ime.eb.br)

Paulo Afonso Lopes da Silva

Instituto Militar de Engenharia (pauloafonsolopes@ime.eb.br)

Orivalde Soares da Silva Júnior

Instituto Militar de Engenharia (orivalde@ime.eb.br)

Anderson Gonçalves Portella

Universidade Veiga de Almeida (andersonportella@yahoo.com.br)

Marcos dos Santos

Instituto Militar de Engenharia (marcosdossantos@ime.eb.br)

Resumo

No atual cenário em que o mundo busca soluções energéticas que sejam ambientalmente favoráveis e que incorram em baixo custo de implantação e operação, várias empresas, buscam soluções otimizar o consumo de energia elétrica através de ações para acompanhamento do consumo e o planejamento de ações que visem aumentar a eficiência energética com responsabilidade ambiental. Dentre as empresas, está o Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro - AMRJ, responsável por gerir hoje uma das maiores faturas de energia da Marinha do Brasil, aproximadamente R\$ 3,5 milhões mensais, justificada



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

VII SAEPRO – 14 e 15 de junho de 2023

pelo elevado quantitativo de Organizações Militares - OM apoiadas, sediadas ou em trânsito no Complexo Naval da Ilha das Cobras - CNIC. Este artigo, utilizando-se do método de Processo Hierárquico Analítico Gaussiano (AHP-G), teve como objetivo a escolha por meio da ordenação de fontes de energias renováveis em substituição/complementação à energia elétrica fornecida pela concessionária Light ao Complexo Naval da Ilha das Cobras. As opções consideradas foram Energia Eólica; Energia Fotovoltaica, e a Combinação de aproximadamente 50% Eólica com 50% Fotovoltaica. Sendo que o projeto melhor posicionado foi a instalação de uma torre de aerogeração de energia, pois apresenta ganhos financeiros com redução de gastos e um rápido *Payback*.

Palavras-chave: Soluções Energéticas; AHP-GAUSSIANO; Energia Fotovoltaica; Energia Eólica; Substituição à energia elétrica.

Abstract

In the current scenario in which the world seeks energy solutions that are environmentally friendly and that incur a low cost of implementation and operation, several companies seek solutions to optimize the consumption of electricity through actions to monitor consumption and the planning of actions aimed at increase energy efficiency with environmental responsibility. Among the companies is the “Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro – AMRJ”, responsible for managing one of the largest energy bills of the Brazilian Navy today, approximately R\$ 3.5 million per month, justified by the high number of Military Organizations - MO supported, headquartered or in transit at “Complexo Naval da Ilha das Cobras – CNIC”. This article, using the Gaussian Analytical Hierarchical Process (AHP-G) method, aimed to choose, through ordering, renewable energy sources to replace/complement the electricity supplied by the Light concessionaire to the “Complexo Naval da Ilha das Cobras”. The options considered were Wind Energy; Photovoltaic Energy, and the Combination of approximately 50% Wind



with 50% Photovoltaic. The best positioned project was the installation of an energy wind turbine tower, as it presents financial gains with cost reduction and a quick Payback.

Keywords: Energy Solutions; AHP-GAUSSIAN; Photovoltaics; Wind Energy; Electricity replacement.

1. INTRODUÇÃO

Este artigo é o resultado do estudo de viabilidade econômico-financeira, para ordenação, por meio do método de Processo Hierárquico Analítico Gaussiano (AHP-G), entre três novas opções de fornecimento de energia elétrica em substituição e/ou complementação à energia elétrica fornecida pela concessionária Light S.A. ao Complexo Naval da Ilha das Cobras - CNIC (AGUIAR *et al.*, 2022).

A primeira opção é a instalação de dois aerogeradores de energia de 7,0 MW cada, no Batalhão de Fuzileiros Navais, na localidade conhecida por “Alto da Pedreira”, no centro da Ilha das Cobras, conforme mostrado na Figura 01 pela seta vermelha.

A segunda é a montagem de painéis fotovoltaicos para geração de energia solar com a mesma capacidade total, que seria instalada sobre os telhados dos gigantescos galpões das diversas oficinas daquele Arsenal, conforme mostrado na Figura 1, pela seta laranja.

Já a terceira opção seria a combinação das duas primeiras opções, para que uma supra as deficiências da outra, ocasionadas pelas alterações do clima.

Essas opções foram inicialmente selecionadas, pois, de acordo com estudos realizados pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE, Empresa Pública Federal, que tem por finalidade prestar serviços ao Ministério de Minas e Energia - MME na área de estudos e pesquisas do setor energético, atualmente a geração de energia elétrica através de aerogeradores vem alcançando patamares próximos aos 11,5% da matriz elétrica brasileira, enquanto a fotovoltaica (solar) é de 2,5% e a hidráulica lidera com 56,2% (ABEOLICA, 2022).



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

VII SAEPRO – 14 e 15 de junho de 2023

Para realizar a análise de viabilidade de um projeto de geração de energia são necessários, basicamente, três tipos de análises: a técnica, a econômica-financeira e a ambiental. Este trabalho tem como escopo a análise econômica-financeira.

Tal análise utiliza-se de cálculos financeiros comparativos para verificar a lucratividade do projeto, além do comparativo direto com os valores de referência pagos atualmente pela energia elétrica fornecida pela concessionária. Os indicadores utilizados neste trabalho foram o VPL, a TIR, o PAYBACK, Vida Útil Econômica, CAPEX, Fator de Capacidade, O&M, Encargos, Impostos e Desembolso, cada item destes será explicado detalhadamente no decorrer deste artigo.

Para obter os dados necessários para realização dos cálculos foram utilizadas informações públicas, obtidas de forma simples e direta por buscas na internet, em sites oficiais do governo, não sendo caracterizado divulgação de dados sensíveis ou sigilosos de defesa das Forças Armadas ou do Ministério de Minas e Energia.

Já para os demais dados, como por exemplo, para a revisão bibliográfica, foram realizadas buscas sistemáticas de artigos acadêmicos na base de dados SCOPUS, como poderá ser observado nas referências bibliográficas.

FIGURA 1 - CNIC com as possíveis localizações de instalação das fontes alternativas de energia



Fonte: Adaptado de SINAVAL (2022)

2. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

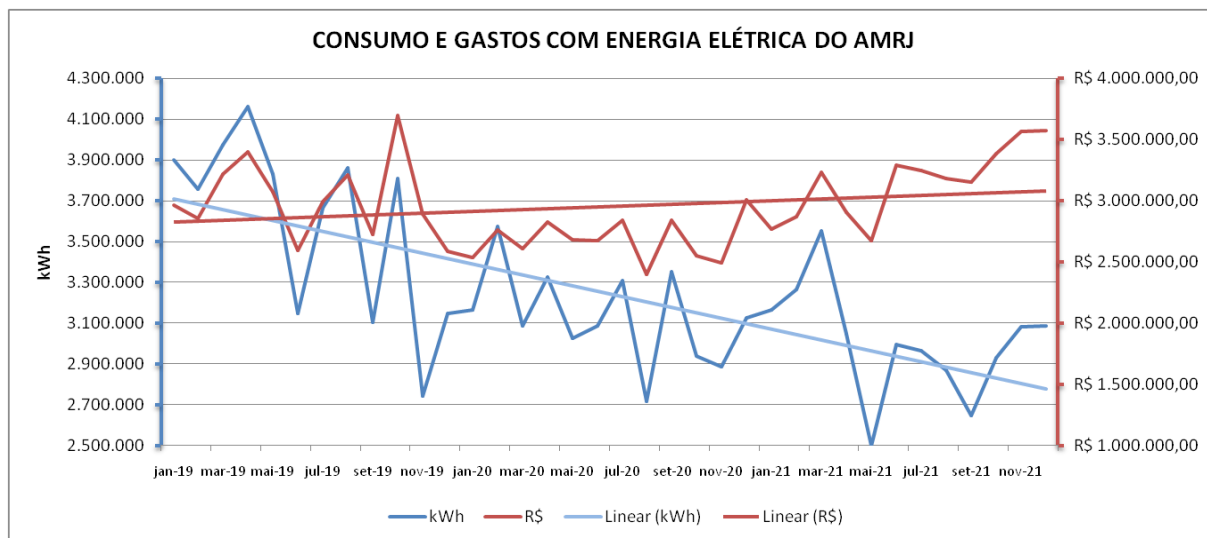
Atualmente, o Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro - AMRJ recebe energia elétrica da Concessionária Light, na tensão primária de 25 kV, trifásico, 60 Hz e a transforma para tensão secundária de distribuição de 6,3 kV, com a qual alimenta as demais subestações e centros de cargas distribuídos no CNIC e demais Organizações Militares - OM apoiadas (AGUIAR *et al.*, 2022).

O AMRJ é responsável por gerir hoje uma das maiores faturas de energia elétrica da Marinha do Brasil, cerca de 3,5 milhões de reais por mês, justificada pelo elevado quantitativo de OM apoiadas, sediadas ou em trânsito no CNIC.

Entende-se por OM em trânsito, os navios que ficam atracados ou docados antes, durante e depois das manutenções, necessitando de energia elétrica para a manutenção da

operacionalidade e funcionalidades das embarcações e das tripulações a bordo, chegando em alguns casos a 800 militares por navio, como no NAM ATLÂNTICO.

FIGURA 2: Consumo de energia elétrica no CNIC



Fonte: Aguiar *et al.* (2022, p. 12)

Conforme pode ser observado na Figura 2 um esforço recente vem tendo resultado crescente na redução de consumo de energia nos últimos anos, porém não houve uma redução proporcional no custo da fatura, devido aos aumentos da tarifa de energia e a aplicação da bandeira tarifária. Diante deste cenário surge a necessidade de realizar uma medida mais contundente para se alcançar uma redução monetária significativa.

A ideia inicial foi aprimorada através de uma das técnicas de modelagem mais conhecidas do SSM, o CATWOE (SMYTH; CHECKLAND, 1976), conforme será mostrado em detalhes na fundamentação teórica deste trabalho.

Em consonância com o Decreto nº 99.656, de 26 de outubro de 1990, que dispôs sobre a criação, nos órgãos e entidades da Administração Pública direta e indireta, da Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE), responsável pela elaboração, implantação e acompanhamento das metas do Programa de Conservação de Energia, a Marinha criou sua comissão e a nomeou como Comissão Interna de Gestão e Eficiência Energética (CIGEE) que foi definida pela COMOPNAVINST nº 40-01A.



Neste sentido, em 20 de novembro de 2019, através da Portaria nº 352 do Chefe do Estado-Maior da Armada, foi recriada a Comissão Interna de Conservação de Energia no âmbito da Marinha (CICEMAR), com o objetivo de desenvolver ações visando a racionalização e maior eficiência no uso de insumos energéticos.

E mais recentemente, o governo publicou o Decreto nº 10.779 de 25 de agosto de 2021 que estabelece medidas para a redução do consumo de energia elétrica no âmbito da Administração Pública Federal, com intuito de reduzir ao máximo os custos com o desperdício de energia elétrica.

Com vista nestas publicações que norteiam para uma mesma ideia de redução de energia elétrica foi sendo gerada a necessidade deste trabalho, diante das medidas já tomadas e das ainda necessárias.

Conforme já mostrado, neste trabalho serão considerados três cenários e a partir disto as análises serão realizadas à luz do método de Apoio de Tomada de Decisão AHP Gaussiano (SANTOS *et al.*, 2021), sendo este método uma variação do método AHP criado por Thomas Saaty (SAATY, 1980), com o auxílio do método CATWOE (SMYTH e CHECKLAND, 1976) para a estruturação do modelo.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Investimentos em fontes alternativas de energia vêm se tornando, a cada dia, mais interessantes, pois além da rentabilidade atrativa, as fontes de energias renováveis são limpas e abundantes no Brasil. Adicionalmente, o preço desse tipo de energia tem diminuído a cada ano, como mostram os Estudos de Longo Prazo do Ministério de Minas e Energia, possibilitando assim maiores investimentos e menores custos para os consumidores ou investidores (EPE, 2018).

3.1. Estruturação do problema

Para a estruturação deste problema foi utilizada uma abordagem bem conhecida para design de sistemas, a *Soft Systems Methodology - SSM* (CHECKLAND, 1981; CHECKLAND e HOLWELL, 1997; CHECKLAND e SHOLES, 1999) que se concentra em explicar diferentes perspectivas. Uma das técnicas de modelagem da SSM mais conhecidas e com uma metodologia inalterada desde a sua introdução em 1976 é a CATWOE (SMYTH e CHECKLAND, 1976).

O CATWOE é uma palavra mnemônica que representa os termos: *customers, actors, transformation process, weltanschauung ou worldview, owners, e environmental constraints*; em uma tradução livre: clientes, atores, transformação, visão de mundo, proprietários e restrições do ambiente externo (BERGVALL-KÅREBORN *et al.*, 2004).

Com maiores detalhes o autor do método explica que:

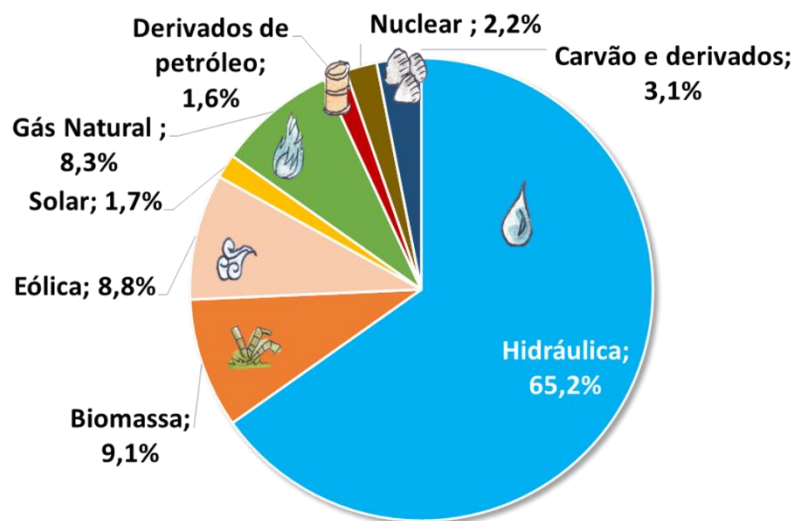
- *customers* são os clientes do processo estudado, por exemplo: os vencedores e perdedores, as vítimas ou beneficiários do sistema;
- *actors* são os atores envolvidos na situação, que irão executar as atividades;
- *transformation process* são as transformações que as atividades irão provocar, os sistemas e processos envolvidos;
- *worldview* o ponto de vista, de forma mais ampla, os impactos do problema ou da decisão a ser tomada;
- *owners* é o dono ou responsável pela situação ou pelos processos envolvidos, com poder de escolha, implementação ou interrupção da solução; e
- *environmental constraints* é o ambiente, as restrições externas, os condicionantes ambientais da unidade estudada que têm impacto na solução (SMYTH E CHECKLAND, 1976).

Com essa técnica foi possível realizar a estruturação inicial do problema para conhecê-lo adequadamente e dar início ao processo de decisão.

3.2. Alternativas apresentadas

Quando analisamos a matriz elétrica brasileira, Figura 3, podemos perceber que grande parte da energia elétrica gerada no Brasil vem de usinas hidrelétricas. As energias eólica e solar também vêm crescendo bastante, contribuindo para que a nossa matriz elétrica continue sendo, em sua maior parte, renovável.

FIGURA 3 - Matriz Elétrica Brasileira 2020

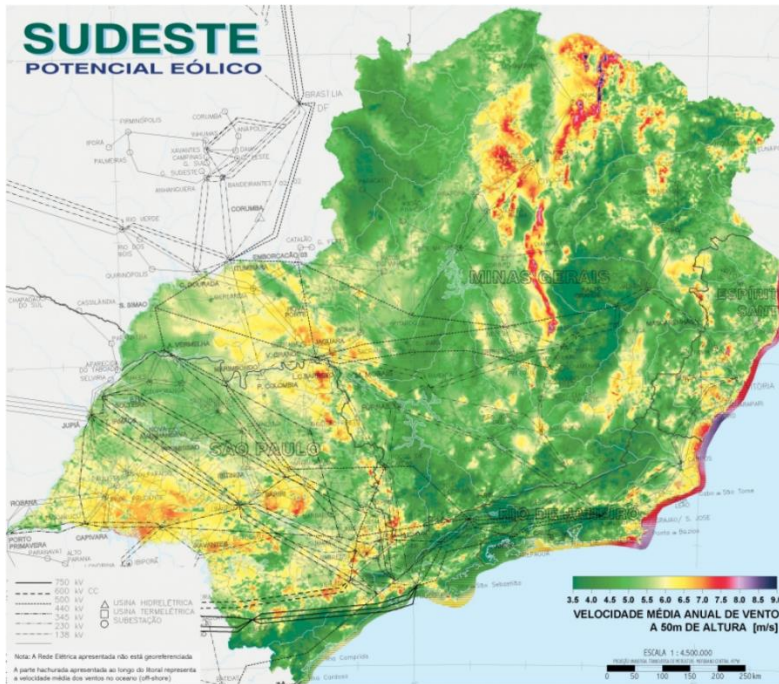


Fonte: EPE (2022)

3.2.1. Energia Eólica

Com o estudo realizado neste trabalho, acerca do potencial eólico brasileiro, constatou-se que o país possui um alto potencial eólico, principalmente, na região nordeste do país, porém a Região Sudeste, para onde está sendo feito o estudo, é considerada a segunda melhor opção, Figura 4, conforme estudos mostrados pelo Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (AMARANTE *et al.*, 2001), onde para uma média de velocidade do vento em 7 m/s há um potencial de instalação de 29,74 GW contra os 75,5 GW do Nordeste e 22,76 GW da Região Sul, terceira melhor região em potencial eólico-elétrico estimado para instalação.

FIGURA 4 - Potencial eólico da Região Sudeste



Fonte: Amarante *et al.* (2001, p. 41)

3.2.2. Energia Fotovoltaica

A energia solar é uma fonte natural totalmente renovável e infinita que não gera ruídos nem poluição (DUTRA *et al.*, 2013). Por ser proveniente da luz e do calor do sol é a fonte energética mais abundante da terra. O Brasil destaca-se como um país privilegiado na oferta de energia solar, cujo potencial gira em torno de 2.500 MW (megawatt), o que é cinco vezes maior do que o dos Estados Unidos e substancialmente maior do que o potencial dos países de primeiro mundo (FARRET, 2010).

Entre os benefícios da utilização da energia solar destaca-se a redução das emissões de gases poluentes na atmosfera, como também a economia de energia elétrica, objetivo deste trabalho.

Ao encontro deste objetivo está o potencial energético solar brasileiro que será considerado como uma das alternativas ao atual fornecimento de energia ao AMRJ.

3.3. O método decisório

Para Santos *et al.* (2018), a Pesquisa Operacional (PO) é dividida em diversas áreas de conhecimento, sendo elas: Avaliação Operacional de Sistemas, Apoio a Tomada de Decisão (MCDA), Problemas de estruturação, Simulação de Processos e Otimização de Processos Produtivos.

A seleção ou ordenação de uma fonte de energia menos onerosa e que em complementação ainda é renovável se configura como um problema de Apoio a Tomada de Decisão, que pode ser conceituada como: um processo que avalia alternativas através da identificação e avaliação de critérios, considerando as preferências das partes interessadas e usando-as para a construção de um modelo que permite a comparação das alternativas de forma abrangente, alcançando uma recomendação para a decisão (CINELLI *et al.*, 2020).

O *Analytic Hierarchy Process Gaussiano* (AHP-G) é um método criado recentemente por Santos *et al.* (2021) para escolha de navios para a Marinha do Brasil, com o objetivo de analisar a sensibilidade do método *Analytic Hierarchy Process - AHP* (SAATY, 1980). O AHP Gaussiano não faz uso da comparação paritária e da Escala de Saaty para definir os pesos para cada critério, sendo estes obtidos através das entradas quantitativas das alternativas em cada critério que está em análise. Dessa forma, não há necessidade de opinião do decisor, eliminando qualquer tipo de decisão tendenciosa na geração dos pesos dos critérios, assunto este que tem sido relevante em diversas discussões no meio acadêmico.

Este método é indicado somente para problemas com entradas cardinais nos critérios em análise (SOARES *et al.*, 2021).

Para Santos *et al.* (2021), o Método AHP-Gaussiano, apresenta uma nova perspectiva baseada na análise da sensibilidade gerada em função do fator gaussiano. Com isso, gera-se pesos para os critérios, mediante às entradas quantitativas de cada critério observado. O cálculo algébrico proposto, segue o mesmo princípio do Método AHP, proposto por

Saaty (1980), o diferencial encontra-se na inserção dos conceitos de média e de desvio padrão, não se aplicando o conceito da escala fundamental de Saaty.

Os 7 passos utilizados pelo AHP-Gaussiano no processo de apoio a tomada de decisão de um problema são: Determinação da Matriz de Decisão; Cálculo da média das alternativas em cada critério; Cálculo do desvio padrão dos critérios com base nas amostras das alternativas; Cálculo do fator gaussiano para cada critério; Ponderação da Matriz de Decisão; Normalização dos recursos; Obtenção de novo *Ranking* (SANTOS *et al.*, 2021).

Para os cálculos dos passos 2, 3 e 4, deste método, deve-se utilizar as seguintes equações:

Média Aritmética

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (01)$$

Desvio padrão

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (02)$$

Fator gaussiano

$$f_{gaussiano} = \frac{\sigma}{\bar{x}} \quad (03)$$

3.4. Métodos econômicos-financeiros

Como já informado anteriormente, esse trabalho irá se ater apenas à análise econômico-financeira, que se utiliza de cálculos financeiros comparativos para verificar a lucratividade do projeto, além do comparativo direto com os valores de referência pagos atualmente pela energia elétrica fornecida pela concessionária.

Dentre os estudos que abordam a questão da viabilidade econômico-financeira de projetos eólicos, destaca-se o estudo de análise de risco de investimento de projetos eólicos na China por meio de um processo que estimou o VPL e, depois, o período de payback do investimento (LI *et al.*, 2013).

Os indicadores utilizados para análise neste trabalho foram o VPL, a TIR, o PAYBACK, Vida Útil Econômica, CAPEX, Fator de Capacidade, O&M, Encargos, Impostos e Desembolso, cada item será explicado a seguir.

3.4.1. VPL - O Valor Presente Líquido

O VPL representa os recebimentos futuros trazidos e somados na data presente, subtraídos do investimento inicial, sendo assim um valor presente líquido do investimento inicial (DE SOUZA JUNIOR *et al.*, 2019). Calcula-se subtraindo do valor inicial de um projeto, o valor presente das entradas líquidas de caixa, descontadas de uma taxa igual ao custo do capital da empresa (CHEROBIM; LEMES; RIGO, 2017).

O VPL facilita a tomada de decisões, uma vez que, orienta o administrador financeiro a maximizar a riqueza do acionista ou proprietário (CHEROBIM; LEMES; RIGO, 2017). Ressalta-se que o VPL é o método de análise de investimento em projetos mais utilizado por profissionais de finanças, pelo fato de permitir interpretar facilmente os resultados (CURY *et al.*, 2003).

$$VPL = \sum_{n=1}^{n=N} \frac{FC_t}{(1+i)^n}$$

(04)

Onde:

VPL: Valor Presente Líquido;

FC: fluxo de caixa;

t: momento em que o fluxo de caixa ocorreu;

i: taxa de desconto (ou taxa mínima de atratividade);

n: período de tempo.

3.4.2. CAPEX

O CAPEX (que vem do inglês CAPital EXpenditure e significa Despesas de Capital ou Investimentos em Bens de Capital), inclui todos os custos diretos de obras civis, equipamentos, conexão e meio ambiente e indiretos do empreendimento, sem juros durante a construção - JDC. Este trabalho teve como referência o mês de dezembro de 2019.

3.4.3. TIR - Taxa Interna de Retorno

A Taxa Interna de Retorno do fluxo de caixa de um projeto é a taxa de juros necessária para que o VPL seja nulo. É uma taxa intrínseca ao projeto, pois depende apenas das entradas e saídas do caixa (ROSS et al. 2003).

Calcular essa taxa em alguns casos não é um processo muito simples, demandando uma série de aproximações sucessivas (ROSS *et al.*, 2003), devido a isso, este trabalho utilizou-se de planilhas eletrônicas para calcular a sua TIR.

Segundo Melo (2012), uma vez obtida a TIR, ela deve ser comparada com a taxa mínima de atratividade - TMA no instante em que a decisão sobre o investimento for tomada. Para aceitá-lo, a TIR deve ser maior que a TMA, indicando que a taxa de retorno do projeto é maior que seu custo de oportunidade (MELO, 2012).

Para o cálculo da TIR neste artigo, utilizou-se a Taxa Mínima de Atratividade de 8% (EPE, 2021), com a seguinte fórmula:

$$0 = \sum_{n=1}^{n=N} \frac{FC_t}{(1 + TIR)^n}$$

(05)

Onde:

TIR: Taxa interna de retorno;

FCt: Fluxo de caixa líquido no momento n;

n: duração do projeto.

3.4.4. Payback

O *Payback* nada mais é do que a quantidade de períodos que se leva para recuperar uma aplicação, ou seja, o tempo que o investimento leva para zerar seu investimento inicial (MOTTA *et al.*, 2009).

Famá e Bruni (2003) salientam que para encontrar o *Payback* Simples de um projeto de investimento, basta calcular o tempo necessário para que o saldo do investimento seja igualado a zero, tornando-se uma forma simples, fácil e direta para estimar o tempo de retorno. Mesmo sendo simples, este trabalho utilizou-se de planilhas eletrônicas para realizar o cálculo do seu *Payback*.

$$Payback = \frac{\text{Investimento Inicial}}{\text{Ganhos no Período}}$$

(06)

3.4.5. Vida Útil Econômica

A vida útil é um parâmetro muito importante na determinação de ordenação de projetos, porém como demonstrado na Figura 5, os períodos de vida útil das opções deste trabalho são iguais fazendo, com isto, que a vida útil deixe de ser um parâmetro para este trabalho.

3.4.6. Fator de Capacidade

É o percentual do tempo que, efetivamente, produz energia ao longo do ano. Em um parque eólico, por exemplo, o indicador que melhor define a capacidade de geração de eletricidade de um parque eólico é o seu fator de capacidade, o qual expressa, em porcentagem, o tempo que a fazenda eólica efetivamente produz energia durante o ano e depende dos ventos locais, das especificações das turbinas e das características do terreno (MACEDO *et al.*, 2017).



3.4.7. O&M - Operação e Manutenção

Reflete a soma dos gastos (custos e despesas) fixos e variáveis, com a operação e a manutenção dos sistemas envolvidos (CARROLL *et al.*, 2016).

4. MÉTODO

A metodologia utilizada para realização deste trabalho seguiu basicamente os passos mostrados nesta seção:

4.1. Identificação do problema

O problema foi identificado após a observação do consumo de energia do CNIC e da necessidade de redução deste consumo e dos valores atualmente pagos. Sendo baseado no Decreto nº 10.779 de 25 de agosto de 2021 que versa sobre o assunto no âmbito da Administração Pública Federal e no Programa de Gestão e Eficiência Energética do Complexo Naval da Ilha das Cobras de 2022.

4.2. Estruturação do problema

Para a estruturação deste problema foi utilizada a abordagem CATWOE que identificou quais eram os clientes, atores, transformação, visão de mundo, proprietários e restrições do ambiente externo. Ajudando no entendimento mais profundo do problema e suas nuances não visíveis nas camadas mais superficiais.

4.3. Entrevista não estruturada

Nesta etapa realizou-se uma entrevista não estruturada com os Engenheiros e Gestores da organização em estudo sendo gerada uma intenção de estudo e proposta de algumas opções para compor as alternativas do problema. Ficando definidas as seguintes opções com a capacidade para geração de 14 MW de energia: Energia Eólica, Energia Fotovoltaica e a combinação entre elas de 50%.

4.4. Definição das características

A quarta etapa constou da definição das características mínimas dos critérios que as alternativas deveriam ter, ou seja, os critérios qualificadores e/ou quantificadores.

Utilizando-se de artigos da base Scopus, foram definidos como necessários os seguintes critérios quantificadores: o VPL, a TIR, o PAYBACK, Vida Útil Econômica, CAPEX, Fator de Capacidade, O&M, Encargos, Impostos e Desembolso,

4.5. Busca de dados e informações

Utilizando-se de informações governamentais, os dados para os diversos cálculos foram encontrados e utilizados para a obtenção do resultado buscado. Alguns dos principais dados foram encontrados em documentos da Empresa Pública de Energia e estão representados na Figura 5.

FIGURA 5 – Principais dados de critérios das alternativas

Tipo de Oferta	Vida útil econômica [anos]	Faixas de CAPEX, mín e máx [R\$/kW]	CAPEX Referência, sem JDC [R\$/kW]	Fator de Capacidade médio ⁽⁹⁾	O&M [R\$/kW/ano]	Encargos/ Impostos [R\$/kW/ano]	Tempo médio de desembolso [meses]
Armazenamento – Baterias ⁽¹⁰⁾	20	6.000 a 9.800	7.350	-	70	310	12
Biomassa (Bagaço de Cana)	20	2.000 a 5.500	4.000	30%	90	190	24
Biomassa (Cavaco de Madeira)	20	4.000 a 8.000	6.000	30%	120	250	36
Biogás ⁽¹¹⁾	20	3.000 a 10.000	7.500	80%	500	300	24
Biogás (RSU) ⁽¹²⁾	20	14.500 a 27.000	19.600	70%	600	750	36
Carvão Nacional	25	8.000 a 13.500	9.800	-	160	620	48
Eólica <i>Onshore</i>	20	3.200 a 5.500	4.500	38% - 47%	90	180	24
Eólica <i>Offshore</i>	20	9.800 a 18.600	12.250	32% - 62%	490	450	36
Fotovoltaica	20	3.000 a 5.000	4.000	30%	50	150	12

Fonte: EPE (2021)

4.6. Escolha dos métodos

Para escolha do método decisório, foi realizada uma análise dos diversos métodos existentes e o que mais se adequou ao que este problema exigia foi o método *Analytic Hierarchy Process Gaussiano* (AHP-G).

Este trabalho apresenta a resolução das fórmulas através de cálculos feitos pelo Excel, apresentados na Seção 5, porém o autor do método AHP-G apresenta uma solução, via



website, que realiza os cálculos diretamente, apenas preenchendo os critérios e as alternativas. Esta solução foi utilizada para confirmar o resultado, sendo este idêntico ao calculado neste artigo.

4.7. Obtenção dos resultados

O resultado foi a classificação, por ordem de importância, das alternativas apresentadas.

5. PROPOSTA DE SOLUÇÃO

Como proposta para a solução do problema, os seguintes cálculos foram realizados, utilizando-se de apoio computacional:

O investimento inicial, Figura 6, foi calculado multiplicando-se o Capex, tabelado pela EPE, pelos kilowatts do projeto, definidos na entrevista pelos engenheiros envolvidos. Para o cálculo dos gastos anuais com Operação e Manutenção, o O&M anual foi multiplicado pelos kilowatts de projeto; o mesmo cálculo foi realizado para os impostos e encargos. Somando-se esses gastos obteve-se o total de gastos anual.

Multiplicando o valor mensal da conta de energia atual por 12 meses, encontramos o valor anual despendido com a energia elétrica atualmente. Realizando a diferença entre o gasto anual da nova opção de geração de energia e o gasto anual da energia fornecida pela concessionária obtemos o benefício anual total que poderia ser alcançado em caso de substituição.

FIGURA 6 – Cálculo do benefício anual das alternativas

	Eólica	Fotovoltaica	50/50
KW do projeto	14000	14000	14000
CAPEX	R\$ 4.500,00	R\$ 4.000,00	R\$ 4.250,00
Investimento inicial	R\$ 63.000.000,00	R\$ 56.000.000,00	R\$ 59.500.000,00
O&M (R\$/KW/ano)	R\$ 90,00	R\$ 50,00	R\$ 70,00
O&M total anual	R\$ 1.260.000,00	R\$ 700.000,00	R\$ 980.000,00
Encargos/Impostos (R\$/KW/ano)	R\$ 180,00	R\$ 150,00	R\$ 165,00
Encargos/Impostos total anual	R\$ 2.520.000,00	R\$ 2.100.000,00	R\$ 2.310.000,00
Total de gastos anual	R\$ 3.780.000,00	R\$ 2.800.000,00	R\$ 3.290.000,00
Conta energia mensal	R\$ 3.500.000,00	R\$ 3.500.000,00	R\$ 3.500.000,00
Conta energia anual	R\$ 42.000.000,00	R\$ 42.000.000,00	R\$ 42.000.000,00
Saldo/Benefício anual	R\$ 38.220.000,00	R\$ 39.200.000,00	R\$ 38.710.000,00

Fonte: Autores (2022)

5.1. VPL - Valor Presente Líquido

Para cálculo do VPL foi utilizada a Fórmula 4, demonstrada neste trabalho, com auxílio do Excel, e o período considerado de projeto foi a vida útil de cada alternativa, encontrado na Figura 5. Após os cálculos feitos em planilha eletrônica, o resultado para a Energia Eólica ficou em R\$ 111.338.422,61, para a Energia Fotovoltaica em R\$ 122.808.638,57 e para a Composição 50/50 em R\$ 117.073.530,59.

5.2. TIR - Taxa Interna de Retorno

Para encontrar a TIR utilizaremos a TMA calculada de acordo com as estimativas da EPE (2020) com base em informações do mercado. Calculada em 8% a.a., em termos reais, tendo como referência a Metodologia do Custo Médio Ponderado do Capital (WACC). Após os cálculos feitos em planilha eletrônica, o resultado para a Energia Eólica ficou em 46%, para a Energia Fotovoltaica em 56% e para a Composição 50/50 em 50%.

5.3. Payback

Igualmente para o cálculo do *Payback*, o CAPEX foi escolhido para representar, de forma mais próxima, o investimento inicial dos projetos enquanto a vida útil foi escolhida para representar o tempo de funcionamento do projeto. Para o cálculo do *Payback* foi utilizada a Fórmula 6 demonstrada neste trabalho e calculada via programa Excel. Após os

cálculos, o resultado para a Energia Eólica ficou em 18 meses, para a Energia Fotovoltaica em 16 e para a Composição 50/50 em 17 meses.

5.4. AHP-Gaussiano

Os demais itens foram lançamentos diretos dos valores dados pela tabela da EPE (2021) na Figura 5. De posse desses dados, dos dados calculados na Figura 6 e seguindo os sete passos para o cálculo do AHP-Gaussiano, encontramos os seguintes resultados:

5.4.1. Passo 1

Determinar a matriz de decisão, definindo se os critérios são: monotônico de benefício ou de custo. Para os critérios definidos como de custo, os valores devem ser invertidos, dividindo a unidade pelo valor escolhido, como se segue na Figura 7:

FIGURA 7 - Matriz de decisão

	Custo	Benefício	Custo	Custo	Benefício	Custo	Benefício	Benefício
	Capex Referência (R\$/KW)	Fator de Capacidade Médio (%)	O&M (R\$/KW/ano)	Encargos / Impostos (R\$/KW/ano)	VPL (milhões R\$)	PayBack (meses)	TIR (%)	Desembolso (meses)
Eólica Onshore	1/4500	42,5	1/90	1/180	111,3	1/18	0,46	24
Fotovoltaica	1/4000	30	1/50	1/150	122,8	1/16	0,56	12
Combinadas 50/50	1/4250	36,25	1/70	1/165	117,1	1/17	0,50	18

Fonte: Autores (2022)

5.4.2. Passo 2

Calcular a média das alternativas em cada critério. A média foi calculada utilizando-se da Fórmula 1, onde o somatório de um critério é dividido pelo número de alternativas, realizado com auxílio de uma planilha eletrônica, conforme demonstrado na Figura 8.

5.4.3. Passo 3

Calcular o desvio padrão dos critérios, com base nas amostras das alternativas. O desvio padrão foi encontrado de acordo com a Fórmula 2, calculado com auxílio da planilha mostrada na Figura 8.

5.4.4. Passo 4

Calcular o fator gaussiano para cada critério, utilizando-se da Fórmula 3, e em seguida normalizar a matriz, conforme visto a Figura 8.

FIGURA 8 – Cálculo da média, desvio padrão, fator de Gauss e fator de Gauss normalizado

	Capex Referência (R\$/KW)	Fator de Capacidade Médio (%)	O&M (R\$/KW/ano)	Encargos / Impostos (R\$/KW/ano)	VPL (milhões R\$)	PayBack (meses)	TIR (%)	Desembolso (meses)	
Eólica Onshore	0,3140878	0,3908046	0,24475524	0,303867403	0,31691344	0,314088	0,302632	0,44444444	
Fotovoltaica	0,3533487	0,27586207	0,44055944	0,364640884	0,34965831	0,353349	0,368421	0,22222222	
Combinadas 50/50	0,3325635	0,33333333	0,31468531	0,331491713	0,33342825	0,332564	0,328947	0,33333333	
\sum	1	1	1	1	1	1	1	1	
$\bar{x} = \sum/n$	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	
Desvio Padrão	0,0196418	0,05747126	0,09922516	0,030428567	0,01637264	0,019642	0,033113	0,11111111	\sum
Fator Gauss	0,0589313	0,17243104	0,29770525	0,091294829	0,04912284	0,058931	0,09935	0,33336667	1,161133
Fator Gauss Norm	0,0507533	0,14850239	0,25639201	0,078625637	0,04230595	0,050753	0,085563	0,28710462	1

Fonte: Autores (2022)

5.4.5. Passo 5

Ponderação da matriz de decisão. Encontrado através do produto entre cada critério e o fator normalizado, mostrado na Figura 8.

5.4.6. Passo 6

A normalização dos resultados é mostrada na Figura 9.

FIGURA 9 – Matriz normalizada

	Capex Referência (R\$/KW)	Fator de Capacidade Médio (%)	O&M (R\$/KW/ano)	Encargos / Impostos (R\$/KW/ano)	VPL (milhões R\$)	PayBack (meses)	TIR (%)	Desembolso (meses)	Normalização
Eólica Onshore	0,015941	0,05803542	0,06275329	0,023891768	0,01340733	0,015941	0,025894	0,12760205	0,3434658
Fotovoltaica	0,0179336	0,04096618	0,11295592	0,028670122	0,01479263	0,017934	0,031523	0,06380103	0,3285762
Combinação 50/50	0,0168787	0,0495008	0,0806828	0,026063747	0,014106	0,016879	0,028146	0,09570154	0,3279579

Fonte: Autores (2022)

5.4.7. Passo 7

Obtenção do ranking. Por fim, encontramos o *ranking* ordenado das alternativas, como mostrado na Figura 10.

FIGURA 10 – *Ranking* ordenado

	Percentual	Rancking
Eólica Onshore	34,3%	1º
Fotovoltaica	32,9%	2º
Combinação 50/50	32,8%	3º

Fonte: Autores (2022)

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A primeira conclusão que se chega ao analisar os resultados é que quando é feito o cálculo de saldo/benefício anual para obtenção do VPL e demais indicadores financeiros, os valores de retorno positivo das opções deste trabalho são bem expressivos, mostrando que todas as alternativas são melhores do que se manter o fornecimento atual de energia. Obteve-se um benefício anual no primeiro ano para a energia eólica de R\$ 38.220.000,00, para a fotovoltaica de R\$ 39.200.000,00 e para a combinação das duas formas de R\$ 38.710.000,00.

A segunda observação a ser retirada das análises dos cálculos é a do rápido *Payback*, ou seja, o tempo de retorno do investimento é consideravelmente pequeno em relação aos prazos de financiamentos oferecidos pelo mercado. Para a energia eólica o *Payback* foi de 18 meses, para a fotovoltaica de 16 e para a combinação das duas formas foi de 17 meses.

A terceira observação vem do ordenamento propriamente dito, pois os percentuais de cada opção ficaram tão próximos que foi possível inferir que houve um empate entre todas as alternativas. A energia eólica ficou em primeiro lugar com 34,3%, a fotovoltaica ficou em segundo lugar com 32,9% e a combinação das duas, que intuitivamente parecia que ficaria em segundo lugar entre as outras duas, ficou em terceiro com 32,8%.



Duas conclusões podem ser obtidas: Financeiramente não há diferença entre as opções, podendo ser escolhida a que oferecer as melhores condições de mercado no momento da aquisição. E que, por outro lado é necessário que este projeto passe por uma análise técnica criteriosa, o que será definitivo para a escolha da forma alternativa de fornecimento de energia elétrica para o CNIC.

Ademais, há de se considerar que os valores utilizados são sazonais e temporais, oscilando muito de acordo com governos, variações climáticas, localização geográfica, entre outros, o que torna a replicabilidade deste trabalho em outras localidades e outros períodos, carente de diversas atualizações e adaptações.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O propósito dessa pesquisa foi alcançado na medida que possibilitou ordenar as fontes de energias renováveis capazes de ampliar a matriz energética da BNIC em substituição à atual forma de fornecimento pela concessionária.

A partir do método AHP-Gaussiano constatou-se que a energia eólica é a fonte que melhor responde econômica e financeiramente ao proposto neste trabalho. Porém, houve uma forte tendência ao empate, devido à proximidade dos resultados percentuais, possibilitando que qualquer uma das fontes seja escolhida em detrimento da energia atualmente fornecida pela concessionária.

Fortalecendo ainda mais a segunda medida que deve ser implantada antes da decisão final ser decretada, a análise técnica criteriosa, que poderá ser o fator decisivo no desempate sendo utilizado isoladamente ou podendo ser transformado em um critério e colocado na matriz deste trabalho para ser comparado junto aos outros critérios estudados até aqui.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

VII SAEPRO – 14 e 15 de junho de 2023

REFERÊNCIAS

ABEOLICA. **Energia Eólica: Os bons ventos do Brasil**. INFOVENTO nr 24, de 18 de janeiro de 2022. Disponível em: <https://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2022/01/2022_01_InfoVento24.pdf>. Acesso em: 15.11.2022.

AGUIAR, Marlius Hudson de; GOMES, Yuri Amon Silva; SOUZA, Wagner Luiz Ferreira de. **Programa de Gestão e Eficiência Energética do Complexo Naval da Ilha das Cobras – 2022**. Marinha do Brasil – Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro. PGEE-CNIC-2022-REV03. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/amrj/sites/www.marinha.mil.br.amrj/files/PGEE-CNIC-2022-REV03.pdf>>. Acesso em: 10. 11. 2022.

AMARANTE, Odilon A C. do; BROWER, Michael; ZACK, John; SÁ, Antônio Leide de. **O Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**. BRASÍLIA, 2001. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/Atlas%20do%20Potencial%20Eolico%20Brasileiro.pdf> . Acesso em: 15/11/2022.

BERGVALL-KÅREBORN, Birgitta; MIRIJAMDOTTER, Anita; BASDEN, Andrew. Basic principles of SSM modeling: an examination of CATWOE from a soft perspective. **Systemic Practice and Action Research** 17, 55–73 (2004). Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1023/B:SPAA.0000018903.18767.18>> . Acesso em: 15/11/2022.

BRASIL. Decreto n. 99.656, de 26 de out. de 1990. Dispõe sobre criação, nos órgãos e entidades da Administração Pública direta e indireta, da Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE). Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/antigos/d99656.htm#:~:text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20cria%C3%A7%C3%A3o%20nos,menciona%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%A2ncias.>>. Acesso em: 15/11/2022.

BRASIL. Decreto Nº 10.779, de 25 de ago. de 2021. Estabelece medidas para a redução do consumo de energia elétrica no âmbito da administração pública federal Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.779-de-25-de-agosto-de-2021-340742061>> . Acesso em: 15/11/2022.

CARROLL, James; MCDONALD, Alasdair; MCMILLAN, David. Failure rate, repair time and unscheduled O&M cost analysis of offshore wind turbines. **Wind Energy**, v. 19, n. 6, p. 1107-



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

VII SAEPRO – 14 e 15 de junho de 2023

1119, 2016. Disponível em: < <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/we.1887>> .
Acesso em: 15/11/2022.

CHECKLAND, P. B. **Systems Thinking, Systems Practice**, Wiley, New York. 1981.

CHECKLAND, P. B.; HOLWELL, S. **Information, Systems and Information Systems**, Wiley, Chichester, England. 1997.

CHECKLAND, P. B.; SCHOLES, J. **Soft Systems Methodology in Action: A 30-Year Retrospective**, Wiley, New York. 1999.

CHEROBIM, Ana Paula; LEMES, Antonio; RIGO, Claudio. **Administração financeira: princípios, fundamentos e práticas brasileiras**. São Paulo: Elsevier Brasil, 2017.

CINELLI, Marco, KADZIŃSKI, Miłosz, GONZALEZ, Michael, SŁOWIŃSKI, Roman: How to support the application of multiple criteria decision analysis? Let us start with a comprehensive taxonomy. **Omega**, v.96, p. 102261, 2020. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305048319310710>> . Acesso em: 15/11/2022.

CURY, Marcus Vinicius Quintella; DE SOUZA, Cristóvão P.; GONÇALVES, Danilo A.; ABREU FILHO, J. F. **Finanças corporativas**. Editora FGV, 2003.

DE MORAES MENDONÇA, Pedro Marcelo; TIAGO FILHO, Geraldo Lúcio. Avaliação técnica e econômica da geração distribuída com sistemas fotovoltaicos em edifícios públicos. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 3, p. 525-539, 2021. Disponível em: <<http://sustenere.co/index.php/rica/article/view/CBPC2179-6858.2021.003.0043>> . Acesso em: 15/11/2022.

DE SOUZA JÚNIOR, A. J. S.; GHILARDI, W. J.; MADRUGA, S. R.; ALVARENGA, S. M. Energia Solar em Organizações Militares: Uma Análise da Viabilidade Econômico-Financeira. **Navus: Revista de Gestão e Tecnologia**, v. 9, n. 1, p. 63-73, 2019. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6815300>> . Acesso em: 15/11/2022.

DOS SANTOS, Marcos; DE ARAÚJO COSTA, Igor Pinheiro; GOMES, Carlos Francisco Simões. Multicriteria decision-making in the selection of warships: a new approach to the AHP method. **International Journal of the Analytic Hierarchy Process**, v. 13, n. 1, 2021. Disponível em: <<https://ijahp.org/index.php/IJAHp/article/view/833>> . Acesso em: 15/11/2022.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

VII SAEPRO – 14 e 15 de junho de 2023

DUTRA, Ricardo Marques; TOLMASQUIM, Maurício Tiomno. Estudo de viabilidade econômica para projetos eólicos com base no novo contexto do setor elétrico. **Revista Brasileira de Energia**, v. 9, n. 1, p. 135-158, 2002. Disponível em: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/38414953/v09n01_estudo-de-viabilidade-economica-para-projetos-eolicos-com-base-no-novo-contexto-do-setor-eletrico-libre.pdf?1438987980=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DRevista_Brasileira_de_Energia.pdf&Expires=1674948072&Signature=FtkIvCe~k1oSBhzJ9xm-n--bOyYj6qapHrjk8rgT7LhNX1ekcwlKxw8MGtIO4~LlGGrrtfGFc7J2AGcmAOrpgqHvF-q0fj59RjKC3rGofvBFKDAvpXY63QIPgm1QfYsGYc-HWbrWAwgZv~kwSU13~bHLGd2fLMV-OctIdLkpmzTANIGTP8ZBnyu3jbT9fG13SakcmUz6-cu3FGASh7fTezU2Er8DKct0QhsAQ5kptkLVs34Rblk6TfJmSCq38aSioAnI~v-bsUyUmpV08hwxFqePS31GiHkPrp0HhukL2sfCmIwyNyrRSfzSju~WfPMGQpqu5BWXXvp2hYexWh110A_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA>. Acesso em: 15/11/2022.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2030**. Parâmetros de Custos Geração e Transmissão. Diretoria de Estudos de Energia Elétrica. Janeiro de 2021. Disponível em: <www.ben.epe.gov.br>. Acesso em: 01.12.2022.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Série Estudos de Longo Prazo - Nota Técnica PR 07/18. **Premissas e Custos da Oferta de Energia Elétrica no horizonte 2050**. Rio de Janeiro. 2018. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>. Acesso em: 12.11.2022.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **BEN 2022 - Balanço Energético Nacional**. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-ben>>. Acesso em: 13.11.2022.

FAMÁ, Rubens; BRUNI, Adriano Leal. **As decisões de Investimentos**. São Paulo: Atlas, 2003.

FARRET, F. A. **Aproveitamento de pequenas fontes de energia elétrica**. 2. ed. Santa Maria: UFSM, 2010.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

VII SAEPRO – 14 e 15 de junho de 2023

LI, Cun-bin; LU, Gong-shu; WU, Si. The investment risk analysis of wind power project in China. **Renewable Energy**, v. 50, p. 481-487, 2013. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148112004338>> . Acesso em: 15/11/2022.

MACEDO, Carlos Alberto Anjoletto; ALBUQUERQUE, Andrei Aparecido de; MORALLES, Herick Fernando. Análise de viabilidade econômico-financeira de um projeto eólico com simulação Monte Carlo e avaliação de risco. **Gestão & Produção**. São Carlos, v. 24, n. 4, p. 731-744, 2017. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/gp/a/CwHFybhycHNbqyXsSNgMsKs/abstract/?lang=pt>> . Acesso em: 15/11/2022.

MELO, M. S. M. **Energia eólica: aspectos técnicos e econômicos** (Dissertação de mestrado). Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. (2012). Disponível em: <http://antigo.ppe.ufrj.br/ppes/production/tesis/marcelo_melo.pdf> . Acesso em: 15/11/2022.

MILANO, Jackson. Proposta de Utilização de Sistema Híbrido Eólico/Solar de Geração de Energia em Estabelecimentos Comerciais na Ilha do Mel-PR. **Ciência e Natura**, v.40, p.e66, 2018. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Jackson-Milano/publication/330453567_Proposta_de_utilizacao_de_sistema_hibrido_eolicosolar_de_geracao_de_energia_em_estabelecimentos_comerciais_na_Ilha_do_Mel-PR/links/5d1323eea6fdcc2462a65213/Proposta-de-utilizacao-de-sistema-hibrido-eolico-solar-de-geracao-de-energia-em-estabelecimentos-comerciais-na-Ilha-do-Mel-PR.pdf>. Acesso em: 15/11/2022.

MOTTA, R. da R.; GONÇALVES NETO, Armando C.; NEVES, Cesar das; CALÔBA, Guilherme; NAKAGAWA, Marcelo; COSTA, Reinaldo P. da. **Engenharia econômica e finanças**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

OLIVEIRA, Danilo. Marinha estuda incluir modernização do AMRJ em concorrência para navios-patrolha. 22 ago. 2022. Portos e Navios. **SINAVAL**. Disponível em: <<https://sinaval.org.br/2022/08/marinha-estuda-incluir-modernizacao-do-amrj-em-concorrencia-para-navios-patrolha/>>. Acesso em: 15.01.2022.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

VII SAEPRO – 14 e 15 de junho de 2023

OROÑO, D.; GIACOSA, D.; SIERRA, W. Energía Solar Fotovoltaica en la Antártida. **IEEE IX Encuentro de Energía, Instrumentación y Medidas (EPIM)**, 1-3. 2018. Disponível em: <doi: 10.1109/EPIM.2018.8756475>. Acesso em: 15/11/2022.

P. PEÑA, O. IZQUIERDO, M. JIMÉNEZ and L. HERNÁNDEZ. Small wind turbines study and integration in a peri-urban microgrid. **Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia**, no. 104, pp. 108-117, Jul-Sep 2022. Disponível em: <<https://www.doi.org/10.17533/udea.redin.20210845>> . Acesso em: 15/11/2022.

ROSS, S. A., WESTERFIELD, R. W., JAFFE, J. **Corporate finance** (6. ed.). New York: McGraw-Hill. 961 p. (2003).

SAATY, T.L. (1980) **The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation**. McGraw-Hill, New York.

SANTOS, Marcos dos, SILVA, Thiago Leite Porto, GOMES, Carlos Francisco Simões, VIEIRA, José Artur Moraes, WALKER, Rubens Aguiar: Mapping the Perception of Users as the Usability of Smartphones: Benchmarking Features Through the Borda Count Method. In: **New Global Perspectives on Industrial Engineering and Management: International Joint Conference ICIEOM-ADINGOR-IISE-AIM-ASEM**. Springer International Publishing, 2019. p. 57-64. Disponível em: < https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-93488-4_7>. Acesso em: 15/11/2022.

SARTORI, Paola Mondardo. Energias renováveis e proteção ambiental no brasil: uma análise sobre o dever fundamental de proteção pelo poder público e sua obrigatoriedade de intervenção. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 405-428, 2019. Disponível em: < https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/6664 > . Acesso em: 15/11/2022.

SMYTH, D. S.; CHECKLAND, Peter B. Using a systems approach: the structure of root definitions. **Journal of applied systems analysis**, v. 5, n. 1, p. 75-83, 1976.

SOARES, Leandro de Mattos Bento; DOS SANTOS, Marcos; DE SOUZA GOMES, Andrei Eduardo. **Quadro para Tomada de Decisões estratégicas e o método AHP Gaussiano: uma abordagem multi-metodológica na seleção de um modelo de aeronave cargueira de grande porte para a Força Aérea Brasileira**. XVIII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia –



Anais do **Simpósio Acadêmico de Engenharia
de Produção (SAEPRO)** da EEL-USP

VII SAEPRO – 14 e 15 de junho de 2023

SEGeT. Resende/RJ. Disponível em: <
<https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos21/16332256.pdf>> . Acesso em: 15/11/2022.

TAVARES, Estevão. **Energia eólica: viabilidade técnica e econômico-financeira**. 2016. 37 f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas, Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, 2016. Disponível em: <
<https://monografias.ufop.br/handle/35400000/208>>. Acesso em: 15/11/2022.