

## **Estudo do potencial de geração de energia elétrica através de fontes renováveis - eólica e fotovoltaica - para a autossuficiência energética em Fernando de Noronha**

### *Study of the potential of electricity generation through renewable sources – wind and photovoltaic – for energy self-sufficiency in Fernando de Noronha*

**Juliana Santos da Silveira**

ju\_santossilveira@hotmail.com

**Jorge Alberto Lewis Esswein Junior**

jorgelewis@energon.net.br

#### **Resumo**

Fernando de Noronha tem como principal fonte de geração de eletricidade um grupo de geradores a diesel, usufruindo de uma fonte finita, emissora de CO<sub>2</sub> e que devido ao seu transporte expõem a região a perigos constantes. Portanto, objetivando verificar a possibilidade de autossuficiência energética através da geração de energia por fontes renováveis (fotovoltaica e eólica) foi utilizado o *software System Advisor Model*, desenvolvido pela NREL, que propicia a criação e análise de cenários de sistemas de geração de energia. A projeção do sistema híbrido possibilitou reduzir o fornecimento elétrico proveniente da termelétrica para 4%, ou seja, economia de cerca de 5.096.499 litros/ano de diesel, conseqüentemente minimizar a emissão de CO<sub>2</sub> em aproximadamente 95,43%. Além disso, o estudo mostrou que apesar do local dispor de um elevado potencial dos recursos renováveis, o sistema de *backup* é fundamental para a suprir a demanda quando as fontes não estiverem fornecendo energia suficiente.

**Palavras-chave:** Energias Renováveis; Fernando de Noronha; System Advisor Model; Autossuficiência Energética; Sistema Híbrido.

#### **Abstract**

*Fernando de Noronha has as its main source of electricity generation a group of diesel generators, using a finite source, emitting CO<sub>2</sub> and due to its transportation expose the region to constant dangers. Therefore, in order to verify the possibility of energy self-sufficiency through the generation of energy from renewable sources (photovoltaic and wind), the System Advisor Model software, developed by NREL, was used, which allows the design and analysis of energy generation*

*systems scenarios. The projection of the hybrid system made it possible to reduce the electrical supply from the thermoelectric plant to 4%, that is, savings of approximately 5,096,499 liters / year of diesel, consequently minimizing CO<sub>2</sub> emissions by approximately 95.43%. In addition, the study showed that despite the location having a high potential for renewable resources, the backup system is essential to supply the demand when the sources are not providing enough energy.*

**Keywords:** *Renewable energy; Fernando de Noronha; System Advisor Model; Energy self-sufficiency; Hybrid system.*

## 1. Introdução

Com o passar dos anos, a demanda de energia no mundo vem crescendo e com isso a questão energética mundial tornou-se um dos segmentos que mais tem recebido destaque e relevância em relação a sustentabilidade. (CALIJURI; CUNHA, 2013, DUPONT et al., 2015, NAPOLEÃO; NETO, 2016)

Esse fato ocorre porque a principal fonte de geração de energia é obtida pelas fontes não renováveis, como por exemplo, o petróleo e o carvão, que são considerados importantes emissores dos gases de efeito estufa e provocam o aumento da temperatura no planeta. Ainda, cabe dizer que esse impacto não é resultado apenas por causa da utilização desses tipos de fonte, mas sim pela utilização sem moderação. (CALIJURI; CUNHA, 2013, NAPOLEÃO; NETO, 2016)

O uso dos combustíveis fósseis como fonte para geração de energia, é presenciada na maioria dos sistemas isolados, como é o caso de Fernando de Noronha. (BEDINELLI, 2018, SILVEIRA, 2013)

Segundo o Ministério de Minas e Energia (2008 apud Silveira, 2013, pg. 63), em 2008, a Ilha lançou 50,33 tCO<sub>2</sub> per capita, quantidade proporcional aos países desenvolvidos e com isso, é considerada um dos locais que mais emite gases do efeito estufa por habitante. (BEDINELLI, 2018, SILVEIRA, 2013)

Além disso, devido ao transporte das embarcações que abastecem a Termelétrica Tubarão, localizada na ilha principal, Fernando de Noronha, a região do arquipélago encontra-se constantemente exposta a riscos de acidente. (BEDINELLI, 2018, SILVEIRA, 2013)

A preocupação em evitar catástrofes ambientais que afetam a biodiversidade e minimizar a emissão de CO<sub>2</sub>, só foi intensificada após ao acidente ocorrido em 2007 na Usina Termelétrica Tubarão. (SILVEIRA, 2013)

Objetivando tornar Fernando de Noronha autossuficiente energeticamente, no contexto de geração de energia elétrica, com a preocupação ambiental de evitar desastres do bioma local e minimizar a emissão de gases poluentes, como o CO<sub>2</sub>, foram dimensionados e simulados neste estudo, através do modelo computacional *System Advisor Model* - SAM, alguns cenários de sistema de geração elétrica por fontes renováveis.

### 1.1 Geração de Energia Elétrica em Fernando de Noronha

De acordo com os dados da CELPE, divulgado pela Base de Dados do Estado de Pernambuco – BDE, Fernando de Noronha teve em 2018 um consumo total de energia elétrica de 18.590 MWh.

A matriz elétrica atual é composta pela Usina Termelétrica Tubarão, Usina Solar Noronha I e Usina Solar Noronha II. (NAPOLEÃO; NETO, 2016; NEOENERGIA, 2018; SILVEIRA, 2013).

### 1.1.1 Termelétrica Tubarão

Composta por cinco geradores a óleo (quatro em operação e um em reserva fria, com capacidade instalada de 4,372 MW + 1,12 MW), a Usina Termelétrica Tubarão é a principal alimentadora da rede, com participação de quase 90% da geração elétrica na ilha. (NAPOLEÃO E NETO, 2016; SILVEIRA, 2013).

Dados fornecidos pela Neoenergia (2018) mostram que em 2016, a UTE Tubarão consumiu 4.761.000 litros de óleo diesel para gerar 16,83 GWh, com uma demanda máxima de 3,10 MW. Já em 2017, esse aumento foi para 5.340.340 litros consumidos para a geração elétrica de 18,18 GWh e demanda máxima de 3,30 MW.

### 1.1.2 Usina Solar Noronha I

Para complementar o sistema, em 2014, foi instalada próxima ao aeroporto, em uma área de 5.000 m<sup>2</sup>, a primeira usina solar fotovoltaica, denominada Usina Solar Noronha I, com capacidade de geração de 402,78 kWp e 600 MWh/ano (4,2% do consumo total de energia). Sua estrutura contempla 1.644 painéis de silício policristalino, com 245 Wp cada. A energia é convertida através de 13 inversores, cada um com potência de 30 kW. (GIZ, 2014, NAPOLEÃO; NETO, 2016).

### 1.1.3 Usina Solar Noronha II

Em junho de 2015, foi inaugurada a segunda usina fotovoltaica – Usina Solar Fotovoltaica Noronha II, com potência instalada de 550,8 kWp e geração com cerca de 800 MWh/ano (5,4% do consumo total de energia). A usina contempla uma área de 8.000 m<sup>2</sup>, com 1.836 módulos de silício policristalino de 300 Wp, 18 inversores fotovoltaicos e sistema supervisor. (FREITAS; MASCARENHAS; ALMEIDA, 2016, NAPOLEÃO; NETO, 2016).

## 2. Metodologia

Para apresentar as hipóteses de autossuficiência em energia elétrica para Fernando de Noronha, este estudo foi realizado em três etapas: Fase Exploratória, Preparação dos Dados e Modelamento dos Sistemas no Programa Computacional *System Advisor Model*.

Por fim, após execução dos cenários de geração de energia elétrica, foi verificado a eficiência do sistema através da análise da emissão de CO<sub>2</sub> e consumo de combustível.

Os dados verificados foram referentes ao percentual de operação pela UTE Tubarão para a geração de energia, quanto de óleo diesel que seria utilizado depois de implantado o sistema híbrido e conseqüentemente a quantidade de CO<sub>2</sub> que seria emitida para a atmosfera.

## 2.1 Fase Exploratória e Preparação dos Dados

Na primeira fase (Fase Exploratória), o trabalho requisitou de uma pesquisa em fontes bibliográficas, no qual buscou-se conceitos relacionados à demanda de energia, caracterização do local, tipos e princípios de funcionamentos das fontes renováveis que poderiam ser aplicadas e identificação das restrições ambientais.

Em seguida, na Preparação dos Dados, ocorreu a verificação e manipulação das informações levantadas anteriormente. Em razão do SAM exigir os dados horários, os dados solarimétricos, anemométricos e de consumo de energia elétrica possuem discretização temporal de 1 hora para o período de 1 ano, totalizando 8760 séries de dados pós processados.

Além disso, para elaboração deste estudo, foram determinados índices que foram essenciais para a decisão do potencial de instalação das fontes geradoras de energia, como o Perfil de Consumo de Energia em Fernando de Noronha, Preparação dos Dados Meteorológicos e Ambientais – recurso solar e eólico – e Identificação dos Locais Disponíveis para a Instalação dos Sistemas.

### 2.1.1 Perfil de Consumo de Energia em Fernando de Noronha

Em razão da importância de conhecer o perfil de consumo e as características da demanda de potência e energia elétrica na ilha para poder estruturar o parque gerador, o primeiro indicador analisado foi referente a curva de consumo de energia elétrica em Fernando de Noronha.

Além do mais, o detalhamento da curva de carga torna-se ainda mais fundamental quando o projeto para atendimento ao consumo é a partir de fontes renováveis, as quais são inflexíveis no atendimento a demanda.

Tendo em vista que a distribuidora de energia não disponibiliza a série de dados com a precisão temporal necessária, os dados utilizados neste estudo foram calculados a partir dos dados de Consumo Anual, fornecido pelo BDE (18.590 MWh/ano) e o gráfico da Carga Global disponibilizada pela ONS, no relatório de Consolidação da Previsão da Carga para o Plano Anual da Operação Energética dos Sistemas Isolados – PEN SISOL 2019. Através da manipulação destes dados, no qual a metodologia pode ser consultada no estudo de Silveira (2019), foi possível obter a curva de carga do sistema isolado de Fernando de Noronha com discretização horária, apresentados em uma tabela com 8760 valores de potência.

### 2.1.2 Preparação dos Dados Meteorológicos e Ambientais

No que se refere a Preparação dos Dados Meteorológicos e Ambientais, foi preciso estipular o recurso solar e eólico disponíveis em Fernando de Noronha. Ou seja, no caso do recurso solar, foi necessário indicar a quantidade global de radiação solar por unidade de área que atinge em um ano típico a superfície do local objeto deste estudo.

As fontes para a obtenção desses dados foram do Atlas Solar Global disponibilizado no programa on-line *SWERA – Solar and Wind Energy Resource Assessment*, e do *Climate.OneBuilding* que possui um arquivo com informações que podem ser processados no SAM.

Quanto ao recurso eólico, a base para o documento foi adquirida do arquivo climático vindo do conjunto de dados do Modelo Solar Físico produzido pelo NSRBD – Banco Nacional de Radiação Solar, conjuntamente aos dados do Banco de Dados Climatológicos, do Comando da Aeronáutica, como a velocidade e direção do vento, que tiveram que ser adaptados à altura da turbina.

### 2.1.3 Identificação dos Locais Disponíveis para a Instalação do Sistema

Por fim, na Identificação dos Locais Disponíveis para a Instalação do Sistema, foi realizada busca de dados secundários em estudos ambientais referentes aos impactos provenientes da instalação dos empreendimentos.

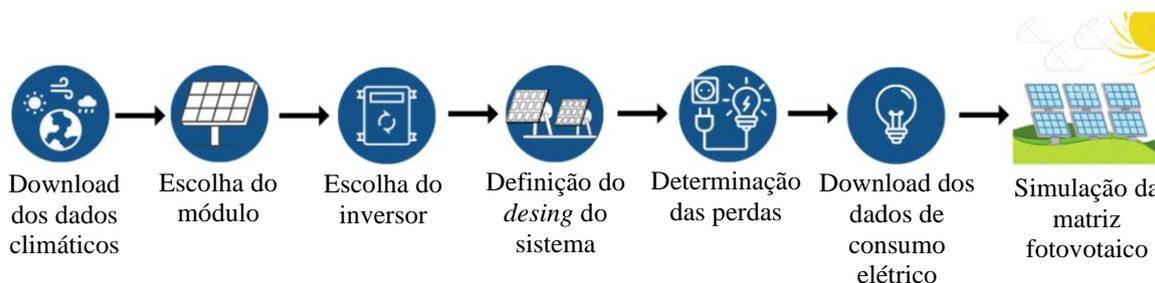
Sabendo os impactos que seriam causados no meio, realizou-se a identificação dos possíveis locais com base no zoneamento, onde priorizou-se primeiro as áreas onde o grau de intervenção antrópico fosse considerado alto, o meio físico e biótico não apresentasse uma relevante importância ao local, e foi observado conjuntamente o uso permitido da área e critérios de zoneamento.

## 2.2 Modelamento dos Sistemas pelo Programa Computacional System Advisor Model

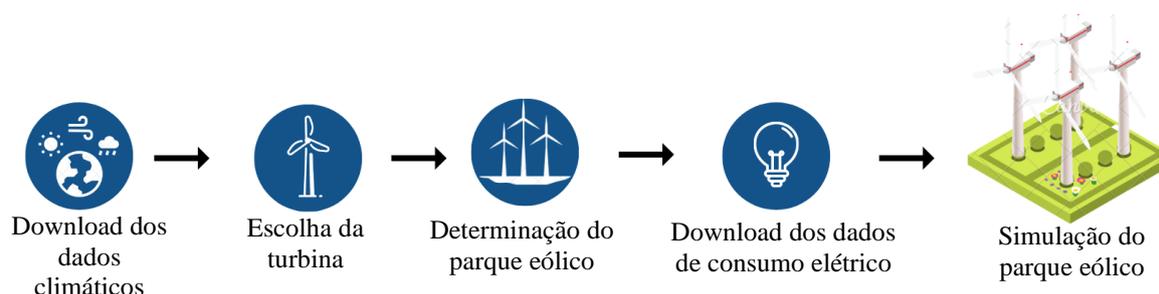
O software *System Advisor Model* - SAM, desenvolvido pelo *National Renewable Energy Laboratories* - NREL, órgão vinculado ao Departamento de Energia dos Estados Unidos, tem como propósito relacionar aspectos de engenharia e variáveis econômicas para criar cenários de um sistema de geração de energia elétrica combinado com fontes renováveis e conectado à rede de distribuição.

A partir do dimensionamento dos sistemas – fotovoltaico e eólico – a projeção dos modelos para a geração de energia se deu conforme exposto pelas Figura 1 e Figura 2. Mais precisamente, no primeiro momento, visando verificar a viabilidade técnica de cada fonte de geração, foi realizado separadamente o modelamento do sistema de geração de energia.

Importante dizer que a biblioteca do SAM contém arquivos climáticos somente para alguns locais nos Estados Unidos, por isso, para esse estudo, alguns dos materiais obtidos na pesquisa da Fase Exploratória e filtrados na fase de Preparação dos Dados, serviram para compor os arquivos para o processamento no programa.



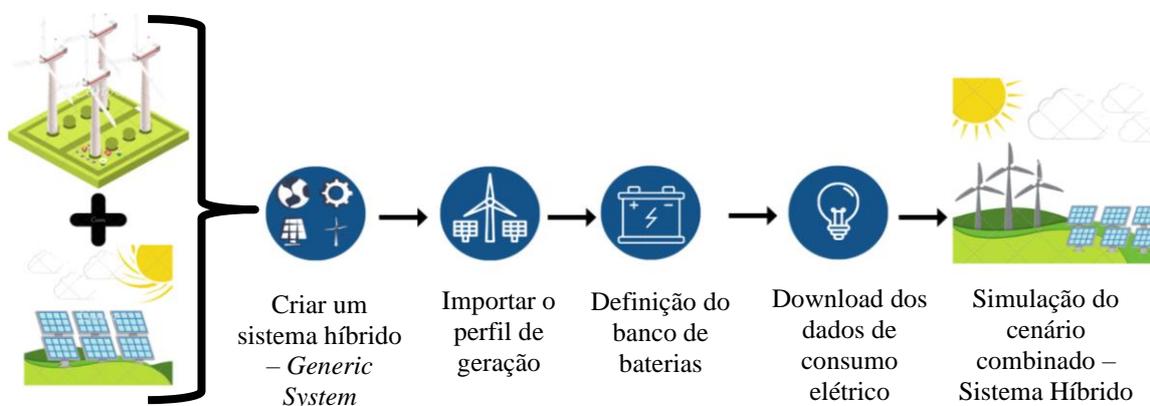
**Figura 1: Fluxograma da metodologia para a simulação do cenário fotovoltaico. Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.**



**Figura 2: Fluxograma da metodologia para a simulação do cenário eólico. Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.**

Em seguida, após analisar separadamente o comportamento de cada fonte de energia e verificar o desempenho das mesmas aplicado às condicionantes em Fernando de Noronha, o objetivo foi encontrar a melhor configuração para o projeto. Para isso, realizou-se diferentes combinações entre a matriz fotovoltaica e o parque eólico, conjuntamente a um sistema de backup e armazenamento de energia.

Para executar a combinação dos sistemas (fotovoltaico e eólico), o SAM exigiu que fosse adicionado o modelo de desempenho *Generic system*, que representou o Sistema Híbrido. A elaboração deste projeto sucedeu-se de acordo com o que é demonstrado no fluxograma da Figura 3.



**Figura 3: Fluxograma da metodologia para a simulação do sistema híbrido. Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.**

### 2.3 Economia do Diesel

Por fim, fundamentado nos dados atuais e os resultados alcançados pelo sistema combinado, foram utilizadas as Equações (1), (2) e (3) para verificar a eficiência do sistema e averiguar se o mesmo atenderia o objetivo principal deste estudo, que é avaliar a possibilidade de autossuficiência energética através do uso das fontes renováveis, eólica e fotovoltaica, minimizando ou até mesmo evitando o uso do combustível fóssil para a geração de eletricidade, consequentemente reduzindo a emissão de CO<sub>2</sub> para a atmosfera.

$$\begin{aligned} & \% \text{ geração futura de energia gerada pela UTE Tubarão} \\ & = \frac{\sum \text{Energia gerada a diesel}}{\text{Consumo elétrico}} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} & \text{Quantidade futura de diesel para a geração de energia} \\ & = \frac{\text{Quantidade de diesel usada hoje pela UTE} \times \sum \text{Geração futura de energia a diesel}}{\text{Geração atual de energia pela UTE}} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} & \text{Futura quantidade de emissão de } CO_2 \\ & = \frac{(\text{Quantidade atual de emissão de } CO_2) \times \text{Futura quantidade de consumo de diesel}}{(\text{Quantidade atual de consumo de diesel})} \end{aligned} \quad (3)$$

### 3. Resultados

#### 3.1 Caracterização do Arquipélago de Fernando de Noronha

O Arquipélago Fernando de Noronha fica localizado no estado de Pernambuco, a 545 km da capital (Recife) e está situado abaixo da linha do Equador, com as seguintes coordenadas geográficas: 03°54'S de latitude e 32°25'W de longitude. (IBGE,2010)

##### 3.1.1 Condições Solarimétricas e Anemométricas

De acordo com os dados solarimétricos, a Ilha apresenta um elevado potencial para o uso da fonte fotovoltaica. O GTI apresentado pelo SWERA foi de 2.188 kWh/m<sup>2</sup> ano.

Os ventos nesta região possuem direção predominantemente de Sudeste e boa intensidade praticamente o ano todo. Segundo gráfico do Comando da Aeronáutica, a velocidade máxima mensal do vento em janeiro de 2017 a janeiro de 2018 variou aproximadamente de 12,86 m/s a 7,2 m/s, com maiores incidências nos meses de abril e julho, e menores incidências nos meses de fevereiro e março. Os dados fornecidos pela NSRBD apontaram que a velocidade média, medida a 17 metros de altura, em 2017, foi de 5,78 m/s, enquanto a máxima foi de 9,1 m/s.

##### 3.1.2 Restrições Ambientais

Titulado pela ONU como Reserva da Biosfera da Mata Atlântica e Sítio de Patrimônio Natural Mundial, Fernando de Noronha é considerado um dos locais mais ricos quanto aos ecossistemas brasileiros devido ao fato de apresentar os últimos vestígios de Mata Atlântica Insular e dispor do único manguezal oceânico do Atlântico Sul, possuir uma área onde ocorre a reprodução de aves marinhas significantes, servir como berçário para espécies ameaçadas de baleias, golfinhos e tartarugas, além de representar local de alimento e descanso para espécies migratórias. (SILVEIRA, 2013, BRASIL SECRETARIA DA BIODIVERSIDADE E FLORESTA, 2002)

Objetivando preservar os recursos naturais e favorecer o desenvolvimento sustentável, o arquipélago foi dividido em duas unidades de conservação: Parque Nacional Marinho, com 11.270 ha e Área de Proteção Ambiental com 79.706 ha. (GOVERNO DO ESTADO DE PERNAMBUCO, 2013)

Devido a ocupação desordenada na ilha, o Governo de Pernambuco elaborou o Plano de Gestão do Arquipélago de Fernando de Noronha, Ecoturismo e Desenvolvimento, onde foi definido o zoneamento em: Proteção de Vida Silvestre, Conservação, Recuperação, Histórico-Cultural, Agropecuária, Restrição Aeronáutica, Portuária Urbana, Visitação e Pesca Sustentável. (BRASIL; ICMBIO, 2017)

Com isso, diante do exposto, sugere-se para a instalação dos sistemas fotovoltaicos as Zonas Restrição Aeronáutica por já haver instalado a matriz da Usina Fotovoltaica Noronha I e a Zona Urbana por levar em consideração a possibilidade de instalar as placas em cima dos telhados, caso haja a necessidade.

Para o parque eólico, recomenda-se a instalação preferencialmente na Zona Agropecuária por não interferir no uso e manter a atividade e Zona Portuária, caso Zona Agropecuária não atenda o porte do parque eólico.

### 3.2 Geração de energia pelo modelamento do sistema fotovoltaico

Associado aos dados técnicos da placa fotovoltaica (BYD *Company Limited* – BYD340P6K-36), inversor (SMA SC 2750-EV-US [600V]), dados do consumo horário de eletricidade e os dados climáticos inseridos no programa, a matriz fotovoltaica dimensionada apresentou uma potência pico de 12.137 kWp, sistema com geração de 20.802.038 kWh ao ano e fator de capacidade de 19,6%.

No gráfico resultante do sistema de geração, elucidado na figura 4, a cor azul representa o consumo elétrico e a cor laranja a geração de energia. Podemos ver que o sistema fotovoltaico, dimensionado para suprir sozinho a demanda energética de Fernando de Noronha, produz em alguns momentos quase o dobro do que é consumido, isso quer dizer que há uma quantidade significativa de energia que não é utilizada.

No entanto, mesmo com esse excesso de energia em algumas horas, o sistema projetado necessitou do fornecimento de 10.814 MWh da UTE Tubarão, ou seja, 52% da energia para suprir os 18.590 MWh seria gerada pela termelétrica.

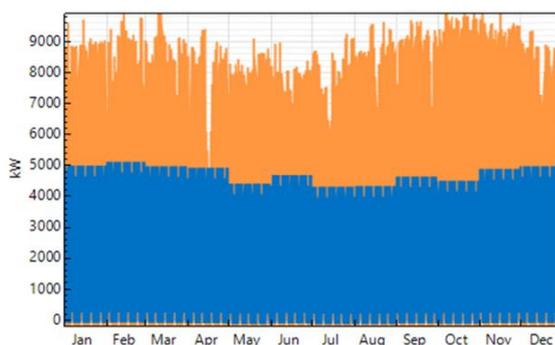


Figura 4: Gráfico geral da geração de energia pelo sistema fotovoltaico em kWh relacionado ao consumo em Fernando de Noronha. Fonte: Elaborado pelos autores.

### 3.3 Geração de energia pelo modelamento do sistema eólico

Utilizando como referência os 18.590 MWh de consumo elétrico em Fernando de Noronha e relacionando-o com a potência da turbina (3.623,34 kW), velocidade e direção

do vento, temperatura e pressão atmosférica, o sistema resultante seria composto por 5 aerogeradores, com geração de 78.318.368 kWh ao ano e fator de capacidade de 39,7%.

Do mesmo modo que a fotovoltaica, o sistema eólico projetado para suprir sozinho a demanda total de energia resulta em um superdimensionamento. Apesar de ser evidente a quantidade de energia excedente, ainda foi necessário o fornecimento de 1.321.730 kWh da UTE Tubarão, correspondendo a 7% da geração.

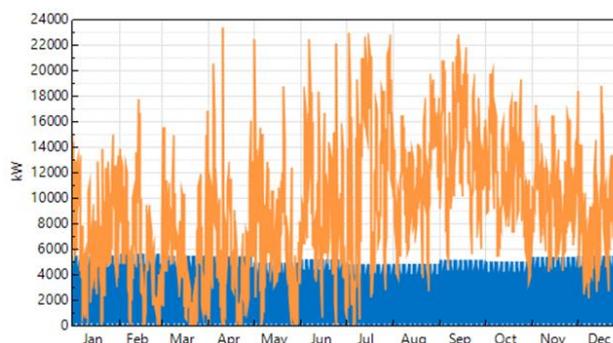


Figura 5: Gráfico geral da geração de energia pelo sistema fotovoltaico em kWh relacionado ao consumo em Fernando de Noronha. Fonte: Elaborado pelos autores.

### 3.4 Geração de energia pelo modelamento do sistema híbrido

O sistema combinado resultou em uma geração anual de 41.580.264 kWh de energia e um fator total de capacidade de 31,6%. Este foi composto por 17.600 placas fotovoltaicas, 2 inversores, 2 turbinas e 40 baterias de íon lítio. Mais precisamente, o sistema híbrido teve a potência da usina fotovoltaica de 6.000kW, potência do parque eólico de 9.000kW e potência nominal ativa das baterias foi de 7.200 kW.

A Figura 6 apresenta a atuação de cada fonte geradora do sistema, destacando o quanto cada uma produziu no período de 1 ano para atender Fernando de Noronha. Em síntese, a participação da matriz fotovoltaica para a geração de energia no sistema foi de 23%, do parque eólico 71%, sistema de backup 4% e do diesel 2%.

Também é importante relatar que atualmente a UTE Tubarão fornece energia proveniente do diesel durante as 8.760 horas do ano, após a simulação do sistema híbrido a utilização desse tipo de fonte seria de apenas 970 horas. Além disso, dessas 970 horas, somente em 4 horas a UTE operaria na sua capacidade máxima.

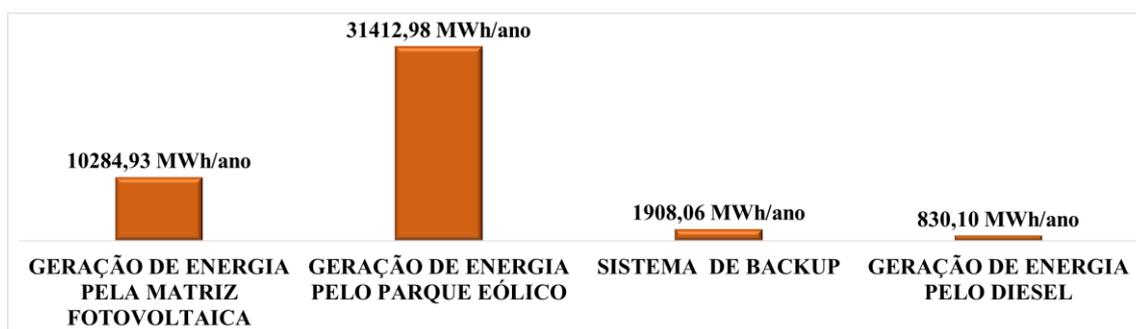


Figura 6: Visão geral da geração de energia evidenciando a participação de cada fonte geradora do sistema para Fernando de Noronha. Fonte: Elaborado pelos autores.

### 3.5 Eficiência do sistema

Após a simulação do cenário combinado, foi constatado que a geração de energia a diesel seria de 830,10 MWh. Esse valor, aplicado na Equação (1), junto aos 18.590 MWh do consumo elétrico, mostra que apenas 4% da futura geração de energia proviria da UTE Tubarão.

Ainda, por meio dos dados da geração de energia pela UTE Tubarão (18.180 MWh) e o seu respectivo consumo de diesel no ano de 2017 (5.340.340 litros), foi verificado por meio da Equação (2), que a quantidade futura de diesel a ser utilizada no sistema, seria de 243.840 litros para a geração de eletricidade, resultando na economia de cerca de 5.096.499 litros/ano, isto é, 96% de diesel que deixaria de ser usado.

Por último, quanto a emissão de CO<sub>2</sub>, segundo enunciado por Velame (2018), dos 5.340.340 litros de diesel utilizados em 2017, foram emitidas 2.670,17 ton/ano de CO<sub>2</sub>. Com isso, pôde-se constatar através da Equação (3), que se utilizado 5.096.499 litros/ano de diesel, a futura quantidade de CO<sub>2</sub> que poderia ser lançada para a atmosfera é de aproximadamente 121,9 ton/ano, ou seja, uma redução de 2.548,8 ton/ano de CO<sub>2</sub>.

## 4. Conclusão

Este trabalho propôs, como objetivo geral, verificar a possibilidade de autossuficiência energética, através da geração de energia por fontes renováveis, eólica e fotovoltaica.

Observamos que Fernando de Noronha dispõe de elevado potencial dos recursos solar e eólico, com representativo índice de radiação solar de 2.188 kWh/m<sup>2</sup> e elevada intensidade do vento de 1,225 kg/m<sup>3</sup>.

Fundamentado nas restrições ambientais existentes e nos impactos advindos da instalação dessas fontes, verificou-se que os locais mais aptos para a locação da matriz fotovoltaica seria a Zona Restrição Aeronáutica e Zona Urbana, e para o parque eólico a Zona Agropecuária e Zona Portuária.

A primeira simulação na qual foram empregados as fontes renováveis de forma isolada comprovaram que apesar de muitos instantes os sistemas produzirem mais eletricidade do que a quantidade imposta pelo consumo, não foi possível abandonar totalmente o uso do diesel para a geração de energia, isto é, a termelétrica precisou fornecer 10.814,85 MWh para o sistema fotovoltaico sem bateria e 1.321,73 MWh para o sistema eólico.

Presume-se que esse contexto ocorreu porque foi estimado que o maior consumo elétrico acontecia a noite, em razão do local ser um ambiente praiano e com isso a utilização de eletrodomésticos e eletroeletrônicos se daria mais no período noturno, quando turistas e moradores estivessem em suas dependências. Esse fato apresentou uma relação desfavorável para as fotovoltaicas que poderiam ter tido um melhor aproveitamento se o perfil de consumo fosse maior durante o dia, quando ocorria a sua geração de energia.

O modelamento do sistema híbrido permitiu reduzir a 96% o uso da termelétrica, sendo necessário seu acionamento durante 970 horas por ano, sendo deste total, apenas 4 horas operadas na potência máxima. Consequentemente, foi minimizado também

aproximadamente 96% a emissão de CO<sub>2</sub>, o que representou uma redução de 2.548,27 ton/ano de CO<sub>2</sub>.

Por fim, não podemos deixar de mencionar que a ilha nunca será totalmente sustentável se não houver um sistema de *backup* e armazenamento de energia elétrica que garanta o atendimento da carga. Diante disso, propusemos um sistema composto por um banco de baterias de lítio, que para o primeiro momento, apesar do modelamento combinado entre as fontes (fotovoltaica e eólica) terem necessitado da contribuição do diesel, o resultado obtido foi muito satisfatório, com 1.908,06 MWh/ano da energia ter sido proveniente do sistema de *backup*, equivalente a 4% do consumo da ilha.

## Referências

- ANDREA VELAME (Org.). Eficiência Energética e P&D Neoenergia. 4. ed. Pernambuco: Superintendência de Comunicação Corporativa e Sustentabilidade e Gerência de Eficiência Energética do Grupo Neoenergia, [2018]. 27 p.
- BRASIL INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE ∴ ICMBIO. Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental de Fernando de Noronha - Rocas - São Pedro e São Paulo. Brasília, 2017. 156 p.
- BRASIL. COMANDO DA AERONÁUTICA. Gráfico de Velocidade e Direção do Vento. 2017. Disponível em: <[http://clima.icea.gov.br/clima/RelVelDirVento\\_MesesSeguidos-Grafico.php](http://clima.icea.gov.br/clima/RelVelDirVento_MesesSeguidos-Grafico.php)>. Acesso em: 15 jun. 2019.
- BRASIL. COMANDO DA AERONÁUTICA. Gráfico de Vento Máximo. 2017. Disponível em: <[http://clima.icea.gov.br/clima/RelVentoMaximo\\_MesesSeguidos-Grafico.php](http://clima.icea.gov.br/clima/RelVentoMaximo_MesesSeguidos-Grafico.php)>. Acesso em: 15 jun. 2019.
- BRASIL. SECRETARIA DE BIODIVERSIDADE E FLORESTAS. Biodiversidade Brasileira: Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para conservação utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros. Brasília: MMA/SBF, 2002. 91 p.
- CALIJURI, Maria do Carmo; CUNHA, Davi Gasparini Fernandes (Org.). Engenharia Ambiental: Conceitos, Tecnologia E Gestão. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2013. 789 p.
- DUPONT, Fabrício Hoff; GRASSI, Fernando; ROMITTI, Leonardo. Energias Renováveis: buscando por uma matriz energética sustentável. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, Santa Maria, v. 19, n. 1, p.70-81, ago. 2015.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. Matriz Energética e Elétrica. Disponível em: <http://epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso 15 dez. 2019.
- FREITAS, Daniel Sarmiento de; MASCARENHAS, Ana Christina Romano; ALMEIDA, Marcelo Pinho. Análise de Impactos na Integração de Usinas Fotovoltaicas ao Sistema Elétrico Isolado da Ilha de Fernando de Noronha. XXII

Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica, Curitiba, p.1-11, nov. 2016. Disponível em: <http://www.sendi.org.br/sendi2016/wp-content/uploads/2016/12/4374.pdf>. Acesso em: 08 set. 2019.

GIZ. INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT. Energias Renováveis e Eficiência Energética - Energia Solar para Fernando de Noronha. 2014. Disponível em: [https://energypedia.info/images/a/a0/Infosheet\\_-\\_Energia\\_Solar\\_para\\_Fernando\\_de\\_Noronha.pdf](https://energypedia.info/images/a/a0/Infosheet_-_Energia_Solar_para_Fernando_de_Noronha.pdf). Acesso 25 abr. 2019

GOVERNO DO ESTADO DE PERNAMBUCO. Fernando de Noronha. Disponível em: [http://www.noronha.pe.gov.br/instHistoria\\_02.php](http://www.noronha.pe.gov.br/instHistoria_02.php). Acesso em 01 mai. 2019.

NAPOLEÃO, Guilherme Bruno; NETO, Alcides Codeceira. Análise de Fluxo de Carga e Energia Gerada no Sistema Isolado da Ilha de Fernando de Noronha. Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada, Recife, v. 3, n. 1, p.3-10, 2016.

NEOENERGIA. Integração de Usinas Fotovoltaicas ao Sistema Elétrico Isolado da Ilha de Fernando de Noronha. [Fernando de Noronha]: Slide, 2018. Color. Elaborado por Daniel Sarmento de Freitas.

ONS. OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. Consolidação da previsão da carga para o plano anual da operação energética dos sistemas isolados - PEN SISOL 2019. Rio de Janeiro: ONS, 2018.

SILVEIRA, E. F. (2013). Cenários de geração renovável em Fernando de Noronha. Dissertação de Mestrado em Ciências Mecânicas, Publicação ENM.DM – 204A/2013, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 93p.

SILVEIRA, Juliana Santos da. Estudo do potencial de geração de energia elétrica através de fontes renováveis - eólica e fotovoltaica - para autossuficiência energética em Fernando de Noronha. 2019. 121 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2019. Disponível em:

[https://www.riuni.unisul.br/bitstream/handle/12345/8420/TCC\\_JULIANA\\_SILVEIRA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.riuni.unisul.br/bitstream/handle/12345/8420/TCC_JULIANA_SILVEIRA.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 27 mar. 2020.

SWERA Solar and Wind Energy Resource Assessment. Global Solar Atlas. Disponível em: < <https://globalsolaratlas.info/>>. Acesso em: 15 set. 2019.