

## **Análise da Viabilidade Técnica e Econômica para Implantação de Aerogeradores na Comunidade de Serra Barra Do Vento, Município De Serrinha - Ba**

**Lucimara Dias Carvalho<sup>1</sup>, Roberto José Batista Câmara<sup>2</sup>, Consuelo Cristina Gomes Silva<sup>3</sup>, Luiz Henrique Santos Silva<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup> Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

lucimaradias@aluno.ufrb.edu.br, robertocamara@ufrb.edu.br, consuelo.cristina@ufrb.edu.br,  
luizhs\_silva@ufrb.edu.br

### **RESUMO**

A substituição da energia convencional pelas energias renováveis tem sido uma prática adotada pelo mundo como alternativa de mitigação das mudanças climáticas. Essa é uma pauta bastante atual e urgente, estando cada vez mais em discussão pelos líderes mundiais por conta dos efeitos ambientais sentidos pela sociedade. Diante desse cenário, justifica-se a elaboração de um estudo do potencial de geração de energia eólica em uma região interiorana da Bahia chamada Serra Barra do Vento, zona rural localizada em Serrinha. Para desenvolvimento do trabalho, utilizou-se de plataformas de simulação com dados atuais de velocidade do vento e de sites oficiais com dados de consumo energético, permitindo a obtenção de elementos para cálculo do potencial eólico e da demanda energética do local. A partir disso, dimensionou-se o tamanho necessário do aerogerador capaz de atender essa demanda. De posse desses valores, obtêm-se dois cenários possíveis para substituir a energia tradicional pela eólica na região, sendo que ambos consistem na implantação de uma mini usina eólica com capacidade de geração que contempla toda a comunidade. O primeiro com vinte e quatro aerogeradores semi-industriais instalados e o segundo com quarenta e um aerogeradores domésticos necessários para suprir a demanda energética calculada.

### **Palavras-chaves:**

Energia Renovável; Aerogerador; Sustentabilidade; Eletrificação rural.

### **ABSTRACT**

Replacing conventional energy with renewable energy has been a practice adopted around the world as an alternative to mitigating climate change. This is a very current and urgent agenda, being increasingly discussed by world leaders due to the environmental effects felt by society. In view of this scenario, it is justified to carry out a study of the potential for wind energy generation in an inland region of Bahia called Serra Barra do Vento, a rural area located in Serrinha. For the development of the work, simulation platforms with current wind speed data and official websites with energy consumption data were used, allowing the obtaining of elements for calculating the wind potential and the energy demand of the place. From this, the necessary size of the wind turbine capable of meeting this demand was calculated. With these values in hand, two possible scenarios are obtained to replace traditional energy with wind energy in the region, both of which consist of the implementation of a mini wind power plant with generation capacity that covers the entire community. The first with twenty-four semi-industrial wind turbines installed and the second with forty-one domestic wind turbines needed to supply the calculated energy demand.

**Keywords:**

Renewable Energy; Wind turbine; Sustainability; Rural electrification.

**1. INTRODUÇÃO**

Tanto a Matriz Energética quanto a Matriz Elétrica mundial, estão concentradas em fontes fósseis não renováveis, sendo o carvão responsável por grande parcela da mesma (IEA, 2021), movimentando boa parte da economia global. Após as crises energéticas causadas pela instabilidade do mercado petrolífero na década de 70, a dependência e centralização dessas, vem sendo alvo de discussões socioambientais e geopolíticas, em função da crescente demanda por energia no mundo. A Matriz Elétrica Brasileira, por outro lado, é composta em grande maioria por fontes renováveis como a biomassa, eólica e solar, superadas pela hidráulica, que é responsável por mais da metade da geração de energia elétrica do Brasil (BEN, 2022). Esta última, por ser uma fonte renovável e consideravelmente limpa se comparada aos combustíveis fósseis, traz destaque para o país com a pauta ambiental.

Entretanto, apesar de parecer apenas uma grande vantagem, o uso da energia hidráulica traz problemas socioambientais como alagamento da área circunvizinha, afetando a fauna, a flora e as comunidades ribeirinhas presentes nos arredores da implantação das hidrelétricas, a liberação de CO<sub>2</sub>, a desoxigenação da água por conta da queda de altitude. Além disso, o fato de ser responsável por grande porcentagem da matriz, causa uma dependência do Brasil para com as hidrelétricas e o recurso necessário para suprir a demanda energética do país que são as águas das chuvas. Esse insumo é oriundo de fatores externos não controláveis e vêm sofrendo ainda mais instabilidades nas últimas décadas com o avanço das mudanças climáticas. Uma prova dessa instabilidade aconteceu recentemente, em 2021, quando o Brasil atravessou uma crise hídrica causada pelas baixas vazões em algumas bacias hidrográficas, sendo uma delas a bacia do Prata, responsável por 64% da energia elétrica de fonte hidráulica do país (DINIZ, 2021).

O problema de estiagem afetou diretamente o meio ambiente e a economia brasileira, já que tornou necessário o uso maior das termelétricas que funcionam a partir de fontes fósseis e, por sua vez, provocam uma série de impactos ambientais, agravando o aquecimento global (MEDEIROS, 2003). Além disso, esse processo torna a produção de energia mais cara, refletindo nas contas de energia e, assim, nos valores de mercado (PURACA, 2019). Diante deste cenário de transição energética e utilização das energias renováveis em nossa matriz elétrica, surge a necessidade de diversificação nas fontes convencionais de energia para garantir maior segurança energética e mitigação das mudanças climáticas nacionalmente e mundialmente.

Nesse sentido, pauta-se a energia eólica como fonte alternativa viável de energia elétrica para complementação e descentralização da matriz elétrica brasileira de forma mais limpa e sustentável, já que o país tem grande potencial de geração. Ainda que venham crescendo os empreendimentos eólicos no país nos últimos anos, tem-se relativamente pouca capacidade instalada. Trata-se ainda de uma alternativa que contempla locais de difícil acesso e manutenção das concessionárias de energia elétrica convencionais, possibilitando menos dependência das comunidades rurais distantes de centros urbanos para com as mesmas, que historicamente enfrentam dificuldades para eletrificação da comunidade onde vivem. Diante dessas considerações, faz-se necessária a ligação entre esses fatores para que seja possível contemplar áreas interioranas que também apresentam características favoráveis de utilização de ventos, incentivando e utilizando o potencial de geração de energia eólica no interior do Nordeste e, mais especificamente, da Bahia.

Mediante o apresentado, torna-se relevante o estudo de uma área específica, como a Comunidade de Serra Barra do Vento (SBV), localizada em Serrinha-BA, interior e sertão do Nordeste, para entendimento da viabilidade técnica e econômica da implantação da energia eólica. Sendo assim, este trabalho tem como objetivo principal analisar o potencial de geração de energia eólica da comunidade de Serra Barra do Vento, em Serrinha-BA. Bem como, os objetivos específicos são estimar a demanda energética atual da comunidade de Serra Barra do Vento, calcular o potencial eólico necessário para suprir a demanda prevista e analisar a viabilidade técnica e econômica para implantação de um ou mais aerogeradores (industriais ou domésticos).

Desta forma, justifica-se assim o interesse em aprofundar os estudos sobre essa fonte e utilização da mesma como forma de substituição ou compensação para a energia elétrica convencional em locais mais distantes, comunidades rurais e com grande potencial de ventos. A energia eólica Off Grid (não interligada a rede) pode ser utilizada em comunidades isoladas, que ainda não possuem energia elétrica fornecida por uma concessionária de energia.

## 2. ESTADO DA ARTE/ FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Muito se tem discutido ultimamente sobre a crise climática e os efeitos já existentes sobre os ecossistemas e, conseqüentemente, sobre a organização socioeconômica mundial. Segundo dados do IPCC (2014), os extremos climáticos têm sido oito vezes mais frequentes na última década em comparação com a década de 50 do século passado, bem como a temperatura do planeta também tem aumentado, chegando a 1,0 °C mais quente que o período pré-industrial, permitindo uma correlação entre esses fatores.

É estimado pelos pesquisadores do IPCC que, entre 2030 e 2052, considerando o ritmo de aumento atual, o aumento de temperatura passe ainda de 1,0 °C para 1,5 °C, aumentando os extremos de calor em várias regiões habitadas, a frequência de chuvas e secas intensas e o nível do mar, deixando também os oceanos mais ácidos e com menos oxigênio. Segundo o Sumário para Formuladores de Políticas (IPCC, 2019), os riscos associados às mudanças climáticas crescem juntamente com a estimativa anterior e dependem da magnitude e ritmo do aquecimento, assim como os impactos causados por esse evento podem ser potencializados pelos níveis de desenvolvimento e vulnerabilidade, bem como podem ser minimizados pela implementação de opções de adaptação e mitigação.

Desse modo, como medida mitigadora a nível global, surgiu a Conferência das Partes (COP, da sigla em inglês), como uma reunião anual entre todos os países para que os mesmos se comprometam a tomar medidas práticas para controlar a crise climática e seus impactos. A partir disso surge o Acordo de Paris, um documento que descreve as medidas para que seja alcançado o compromisso de limitar o aquecimento global à um aumento de 1,5°C dos níveis pré-industriais até 2030, de forma a ser necessário até chegar a valores líquidos negativos de emissões (principalmente de CO<sub>2</sub>), tornando as medidas sustentáveis pauta muito importante em todos os setores no mundo, exigindo transições rápidas e de longo alcance em energia, terra, infraestrutura urbana (incluindo transportes e edificações) e sistemas industriais (IPCC, 2019).

A Matriz Energética brasileira se destaca do resto do mundo por ter uma grande contribuição de fontes renováveis na sua composição, somando quase metade da mesma (BEN, 2022). Um cenário semelhante ocorre com a Matriz Elétrica do Brasil que, por sua vez, é ainda mais renovável do que a Energética, sendo constituída, em sua maioria, pela energia hidráulica e com crescimento nas áreas de eólica e solar (BEN, 2022), permitindo que a matriz elétrica brasileira permaneça sendo predominantemente renovável.

Nesse sentido, os incentivos à utilização de fontes renováveis como a solar e a eólica no Brasil, vem crescendo. Sendo um país com enorme potencial para ambas as tecnologias, segundo estudos da CEPREL (2013) e da EPE (2022), o estímulo ao crescimento das mesmas traz, além de uma segurança energética maior, uma matriz elétrica cada vez mais limpa e uma baixa nos custos das tecnologias necessárias para implantação, já que a demanda por estas tende a crescer. As fontes renováveis representam quase 80% da oferta interna de energia no Brasil, sendo essa porcentagem a soma da produção nacional com as importações (BEN, 2022).

A cinética produzida pela força dos ventos ocupa lugar de destaque quanto ao uso para produção de eletricidade, já que visa uma maior segurança energética, custo socioambiental e viabilidade econômica (MARTINS et al., 2008). Tem-se ainda que, em períodos de menor volume de água no Rio São Francisco, os ventos são maiores em determinadas épocas do ano, gerando uma complementaridade entre a geração hidrelétrica e a eólica (CBEE / UFPE, 2000 apud FONTANET, 2012). Esta última compõe mais de 10% da matriz elétrica e em 2021 teve a potência instalada para geração eólica expandida em mais de 20% (BEN, 2022). Além de que estima-se que o potencial brasileiro de geração de energia eólica seja de 500 GW (PURACA, 2019).

Nesse sentido, é possível destacar ainda a região Nordeste, não só pelo potencial, como também pela geração de energia eólica em si que, no primeiro semestre de 2018, foi responsável por aproximadamente 85% da geração de energia eólica do país (CCEE, 2017). A Bahia também se destaca já que, além da grande extensão territorial, possui condições estáveis de vento e apresenta valores elevados de

velocidade média do mesmo, permitindo maior aproveitamento da capacidade dos aerogeradores instalados. Nesse sentido, o Estado conta com um dos maiores parques eólicos da América Latina, instalado nos municípios de Caetitê, Guanambi, Igaporã e Sobradinho (ARAGÃO et al., 2016).

A conversão da energia cinética do vento para mecânica e, posteriormente, para elétrica, ocorre a partir dos aerogeradores que são turbinas eólicas e têm uma estrutura capaz de maximizar o aproveitamento do vento para geração de eletricidade (NASCIMENTO e ALVES, 2016). Estes dispositivos são constituídos por quatro componentes principais, sendo eles a torre (sustenta toda a estrutura na altura desejada), as pás (captam o vento), a nacelle (aloja todos os equipamentos necessários para a conversão da energia) e o rotor (responsável por transformar a energia cinética do vento em energia mecânica em rotação).

A maior diferença entre os tipos de aerogeradores está na orientação do eixo do motor, podendo ele ser de eixo vertical, dividido ainda entre modelo Darrieus e Savonius, ou de eixo horizontal (ROCHA FILHO, 2018). O segundo tipo é dominante no Brasil e no mundo por ter maior rendimento, tendo o escoamento do vento paralelo ao eixo de rotação das pás da turbina. Além disso, existe a classificação enquanto tamanho, podendo ser um gerador de pequeno porte (para potência abaixo de 10 kW), médio porte (para potências entre 10 kW e 250 kW) e grande porte (para potências acima de 250 kW) (BNDS, 2013).

Quanto à instalação de geradores eólicos, alguns fatores contribuem para o estudo de viabilidade da implantação do mesmo, como a velocidade e aceleração do vento, o atrito, turbulência e rugosidade do local a ser instalado e entre outros fatores. Podendo também a instalação ser feita em terra (onshore) ou no mar (offshore), sendo esta última mais recente e ainda pouco utilizada. Esse estudo possibilita o entendimento de qual o melhor tipo de aerogerador a ser instalado em determinado local.

A Serra Barra do Vento (SBV) conta com aproximadamente 35 famílias residentes, sem serviços públicos como escola, unidade básica de saúde e saneamento básico. Somente entre 2007 e 2009 a energia elétrica da concessionária chegou à SBV a partir do programa de eletrificação "Luz para Todos", que ainda não contemplava as residências mais afastadas, de acordo com informações dadas pelos próprios moradores da comunidade.

A chegada da energia elétrica facilitou a rotina de todas as famílias contempladas, já que a energia oferecida pela concessionária oferece uma estabilidade muito maior aos usuários. Entretanto, é importante ressaltar a importância das energias alternativas para comunidades rurais e afastadas dos centros urbanos, já que utilizam fontes inesgotáveis e não necessitam de frequente manutenção, se apresentando como uma alternativa muito viável para eletrificação rural.

### 3. MÉTODO DO ESTUDO

Como primeiro passo para obtenção dos objetivos propostos, foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre algumas das características geográficas e eólicas da região nordeste, estado da Bahia, municipais e específicas da área da comunidade Serra Barra do Vento. A literatura concedeu embasamento teórico de forma a destacar a importância da descentralização da Matriz Elétrica para com a fonte hídrica, chamando atenção para a fonte eólica, em específico no interior do Estado por apresentar grande potencial de geração. Além de oferecer maior segurança energética para o país, o fato de ser uma fonte limpa e renovável também chama atenção. Nesse sentido, destaca-se também a utilização da mesma para promoção de inclusão social, já que pode ser utilizada para eletrificação rural, como é proposto no presente trabalho. No segundo momento, para obtenção da demanda, foram pesquisados os valores de consumo energético médio por pessoa no estado da Bahia no site da Empresa de Pesquisa Energética (EPE).

O desenvolvimento metodológico deste trabalho seguiu as seguintes etapas:

Etapa 01: Obtenção do valor médio da velocidade anual dos ventos na comunidade SBV - Foi utilizada a plataforma simuladora Atlas Global do Vento (GWA, da sigla em inglês), versão atualizada 3.1 (2022). Esta plataforma é um aplicativo capaz de identificar áreas de vento propício para geração de energia eólica em todo o mapa mundial entre 10 e 200 m de altitude e, em seguida, realizar cálculos preliminares de acordo com as características da área selecionada.

Etapa 02: Cálculo da demanda energética por residência e da comunidade - Posteriormente à obtenção dos dados, foi possível calcular a demanda de energia elétrica horária tanto da comunidade quanto por

residência e, portanto, a potência necessária para supri-la. Essa etapa foi possibilitada pelos dados gerais per capita e por região, retirados do EPE.

Etapa 03: Dimensionamento do aerogerador (AG) - Os dados obtidos nas etapas anteriores viabilizaram a estimativa do cálculo do diâmetro de um aerogerador utilizando o modelo proposto por FONTANET, 2012.

Etapa 04: Busca pelo modelo de aerogerador adequado – A partir do que foi dado anteriormente, foi realizada uma busca, em função da potência necessária, de modelos fabricados em série pela indústria que atendesse os pré-requisitos calculados.

Etapa 05: Análise econômico-financeira do projeto – Nesta última etapa, utilizando os dados já obtidos, foi possível fazer uma análise econômico-financeira do projeto, simulando uma compensação da energia gerada através da fonte eólica para com a energia elétrica convencional da concessionária, apresentando um cálculo de *payback* para o projeto.

### 3.1 Dados obtidos

#### 3.1.1 Velocidade do vento para a SBV

A Serra Barra do Vento se localiza a 10 km da cidade de Serrinha e é caracterizada por seu relevo ser de Depressão Periférica (LIMA, 2019), com altimetria variando entre 250 m em sua base e 570 m em áreas de topo (PINTO et al., 2014). A comunidade está entre as coordenadas de latitude 11°38'04.6" Sul e longitude 39°03'13.1" Oeste (-11.634611, - 39.053643) segundo o Google Maps. A comunidade apresenta velocidade máxima em 10% das áreas mais ventosas em torno de 9,2 m/s e velocidade média 7,6 m/s isso para uma altura de 200 m (Global Wind Atlas, Figura 01). A Figura 01 apresenta os dados de vento na SBV a 200 m de altura.

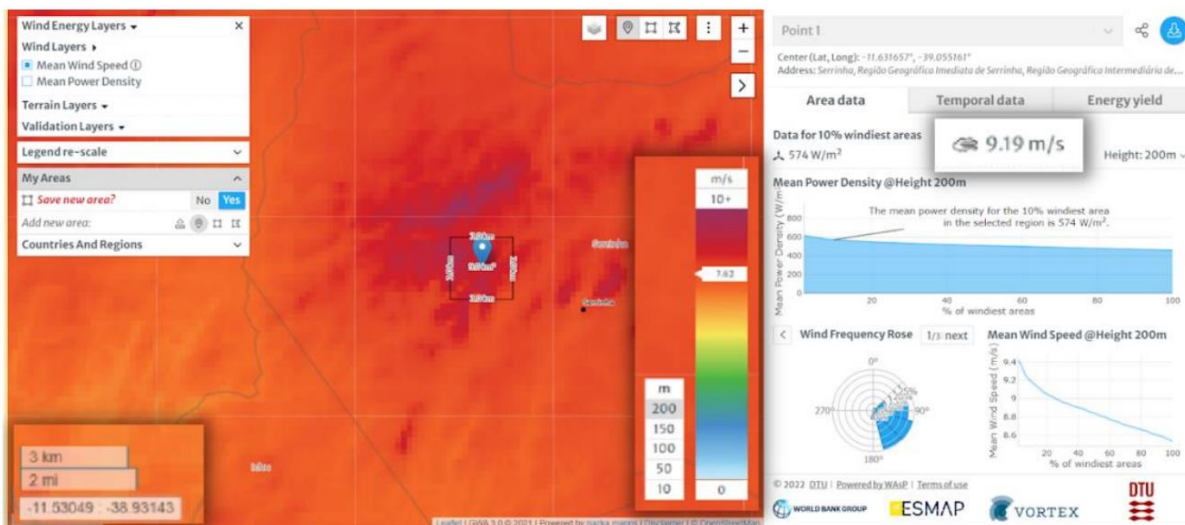


Figura 01: Dados de vento a 200m de altura para Serra Barra do Vento, Serrinha/BA.

Fonte: GWA, 2022

#### 3.1.2 Consumo elétrico residencial

O consumo elétrico residencial corresponde a quase 30% do consumo total no Brasil (EPE, 2020). Segundo dados do Anuário Estatístico de Energia Elétrica com ano base 2021 (EPE, 2022), o consumo de energia elétrica em 2021 no setor residencial na região nordeste foi em média 131 kWh/mês e, na Bahia, 113 kWh/mês. Tem-se ainda que o consumo per capita de eletricidade no estado em 2021 foi de 1.745 kWh/habitante. Com esses dados, apresenta-se a Tabela 01.



**Tabela 01:** Consumo de energia elétrica no setor residencial em 2021

	<b>Consumo médio em 2021</b>
<b>Nordeste</b>	131 kWh/mês
<b>Bahia</b>	113 kWh/mês
<b>Per capita (BA)</b>	1.745 kWh/hab.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do EPE, 2022

### 3.1.3 Dimensionamento de sistemas eólicos

Para realizar o dimensionamento de um sistema eólico, faz-se necessário o valor da demanda energética do local a ser implantada a usina. Para o cálculo da demanda elétrica por residência foram utilizados os valores baseados nos dados do EPE (Tabela 01). Nesse sentido, considerou-se 365 dias por ano e 24 horas por dia na equação 1 para obter-se a demanda de energia elétrica por residência.

$$D_e = C_m \times 365 \times 24 \times Q_m \quad \text{[equação 1]}$$

Onde:

$D_e$  → Demanda de energia elétrica da residência por hora (kWh);

$C_m$  → Consumo médio per capita na Bahia (kWh/hab);

$365 \times 24$  → 365 dias × 24 horas;

$Q_m$  → Quantidade de moradores por residência.

Continuando, é conhecida a quantidade de famílias residentes na Serra Barra do Vento, assim como já foi calculado, a partir da equação 1, a demanda de energia elétrica da residência por hora (kWh). Dado isso, é possível calcular a demanda elétrica para toda a comunidade (equação 2).

$$D_c = D_e \times Q_r \quad \text{[equação 2]}$$

Onde:

$D_c$  → Demanda de energia elétrica da comunidade por hora (kWh);

$Q_r$  → Quantidade de residências;

E, por fim, tem-se que o cálculo da área do aerogerador é em função de sua potência, densidade e velocidade do vento e coeficientes de rendimentos (Betz e eficiência dos equipamentos). A relação entre a demanda energética horária e a potência do equipamento se consegue multiplicando-se essa potência

a uma hora de trabalho do equipamento, Dessa forma a unidade energética se iguala, tendo  $D_e(kWh) = P(Wh)$  ou  $D_c(kWh) = P(Wh)$ , podendo agora, a partir da equação 3, estimar a área que deve ser varrida pelas pás do AG para que o ar escoado por essa seção transversal A, gere a potência calculada anteriormente.

É possível observar da equação 3 que a potência é proporcional ao cubo de sua velocidade, implicando que uma pequena alteração desta velocidade resulta em uma grande alteração na potência (DALMAZ et al., 2008), tornando ainda mais importante a escolha do lugar para implantação.

$$P = \frac{1}{2} \rho v^3 A \eta C_p \quad \text{[equação 3]}$$

Onde:

$P$  → potência da turbina eólica;

$\rho$  → massa específica do ar ( $\text{Kg/m}^3$ );

$v$  → velocidade do vento que incide na turbina eólica ( $\text{m/s}$ );

$A$  → área varrida pelo rotor da turbina eólica ( $\text{m}^2$ );

$\eta$  → eficiências mecânicas e elétricas do sistema;

$C_p$  → coeficiente de potência.

## 4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 4.1 Etapa 01: Obtenção do valor médio da velocidade anual dos ventos na comunidade SBV

Para realizar o cálculo da velocidade média do vento, foi utilizada a Plataforma de Simulação Global Wind Atlas. Essa escolha foi determinada em função da segurança de dados e confiabilidade do simulador. Como apresenta dados de vento a 200 m de altitude e a comunidade estudada está acima disso, beneficia o projeto, podendo fazer com que os aparelhos instalados trabalhem na potência máxima. Apesar de ter limitações para localização exata por dificuldades com zoom, a plataforma utilizada tem uma versão mais atualizada (GWA 3.1, 2022) e apresenta uma boa variedade de dados. Nesse sentido, tem-se que o valor para velocidade média anual do vento para a SBV é de  $v = 7,6 \text{ m/s}$ .

### 4.2 Etapa 02: Cálculo da demanda energética por residência e da comunidade

A partir das equações 1 a 3 dadas na seção 2.2.3, é possível desenvolver os cálculos para a demanda energética horária tanto por residência, quanto para a comunidade. Os resultados obtidos possibilitam o entendimento de viabilidade para instalação de um AG que atenda às necessidades apresentadas. Considerando os dados do EPE, é possível obter a demanda de energia elétrica horária por residência, considerando um ano de 365 dias e um dia de 24 horas, bem como 3 moradores por residência (IBGE, 2019). Dessa forma, desenvolvendo a equação 1, tem-se a demanda energética horária por residência e, ainda, dado que a comunidade tem em torno de 35 famílias residentes, desenvolve-se a equação 2 para determinar a demanda elétrica horária da comunidade (Tabela 02).

### 4.3 Etapa 03: Dimensionamento do aerogerador (AG)

Para um aerogerador de grande porte de três pás, considera-se  $\eta = 35\%$  como uma média geral da eficiência de conversão dos aerogeradores modernos (GIPE, 1995 p. 36 apud TERCIOTE, 2002) e  $C_p = 0,4$  de acordo com a velocidade do vento (CASTRO, 2004), além de  $\rho = 1,225$  (kg/m<sup>3</sup>) e  $v = 7,6$  m/s (GWA, 2022), utiliza-se a equação 3 igualando  $D_e(kWh) = P(Wh)$  para obtenção da área que deve ser varrida pelas pás do AG para que o ar escoado por essa seção transversal A, gere a potência calculada anteriormente para uma residência e para toda a comunidade (Tabela 02). Tem-se  $A = \pi r^2$ .

**Tabela 02:** Demanda energética horária e dimensionamento de aerogerador para SBV.

	Demanda energética (kWh)	Área varrida (m <sup>2</sup> )	Raio necessário (m)
Por residência	$D_e = 0,6 kWh$	$A = 26,6 m^2$	$r = 2,9 m$
Para a comunidade	$D_c = 21 kWh$	$A = 931 m^2$	$r = 17,2 m$

Fonte: Elaboração própria com base nos cálculos desta seção.

#### 4.4 Etapa 04: Busca pelo modelo de aerogerador

A partir do desenvolvimento dos cálculos foi possível fazer uma busca pelos sites de empresas fabricantes de aerogeradores para encontrar o equipamento que contenha as características técnicas capazes de satisfazer a demanda energética da comunidade. Pelos dados de área obtidos serem consideravelmente pequenos para um aerogerador de grande porte (industrial), para os quais foram realizados os cálculos dimensionais, entende-se que seria mais viável a instalação de um ou mais aerogeradores de pequeno porte ou de porte semi-industrial, já que os mesmos são capazes de gerar a energia necessária para manter a comunidade. Os aerogeradores industriais normalmente partem de uma geração de 1 MWh ficando assim com valores muito superiores aos necessários para a comunidade SBV (CÂMARA, 2021).

Nesse sentido, conhecendo a demanda necessária a ser suprida e tomando isso como referência, encontram-se duas opções viáveis de aerogerador para fornecimento de energia elétrica a partir da fonte eólica na comunidade de Serra Barra do Vento, ambas de eixo horizontal. A primeira com capacidade de geração de 1kW, da ENERSUD (modelo Gerar Extreme), um fabricante nacional e com maior número de sistemas eólicos de pequeno porte instalados no país, e a segunda com capacidade de geração de 600 Wh, da Mars Rock (modelo 35S4-600H-12D), encontrada no site de compras e vendas, Mercado Livre. Ambas têm uma vida útil de 20 anos, sendo que a primeira tem 3 pás e a segunda 5 (podendo ser adaptada para 3 ou 4).

#### 4.5 Etapa 05: Análise econômico-financeira do projeto

Utilizando novamente os dados de demanda da comunidade disponibilizados pelo EPE, foi possível calcular a demanda anual por residência e da comunidade, incluindo uma margem de segurança de 15%, facilitando o cálculo de payback e a análise financeira do projeto. Em seguida, dada a potência dos aerogeradores sugeridos, calculou-se a geração anual média de cada equipamento, transformando a potência (kW) para geração mensal (kWh) e, posteriormente, anual, considerando um dia de 24 horas e um mês de 30 dias. A partir disso, dividindo o valor encontrado de demanda anual da comunidade com a porcentagem de segurança pela capacidade de geração anual de cada equipamento, obteve-se a quantidade de equipamentos que devem ser instalados para suprir a necessidade da comunidade.

Em seguida, estimou-se o valor necessário para a implantação da quantidade de aerogeradores calculada considerando o valor de cada equipamento, disponibilizados pela Enersud (no primeiro cenário) e no site Mercado Livre (segundo cenário), além de um valor adicional referente aos insumos de implantação.

Por fim, levou-se em consideração o valor da tarifa social de energia elétrica B1, com o consumo de 31 a 100 kWh, possibilitando estimar o custo anual médio de energia da comunidade. Dado este valor, projetou-se o custo de energia para os próximos 20 anos, já que é o tempo de vida útil dos equipamentos, com um



aumento anual de 10% (ANEEL, 2022), obtendo o custo acumulado amortizável e simulando o payback do projeto (Tabela 03).

**Tabela 03:** Cálculo de payback.

	Cenário 1	Cenário 2
	AG da Enersud	AG da Mars Rock
<b>Cálculo da demanda</b>		
<b>Demanda anual por habitante (kWh)</b>	1.745	
<b>Qtd de habitantes por residência</b>	3	
<b>Demanda anual por residência (kWh)</b>	5.235	
<b>Qtd. de residências</b>	35	
<b>Demanda anual da comunidade (kWh)</b>	183.225	
<b>Margem de segurança</b>	15,00%	
<b>Demanda anual da cmd. c/ margem (kWh)</b>	210.709	
<b>Cálculo da geração</b>		
<b>Potência (kW)</b>	1	0,6
<b>Geração mensal por und. (kWh)</b>	720	432
<b>Geração anual média por und. (kWh)</b>	8.640	5.184
<b>Cálculo dos aerogeradores</b>		
<b>Qtd.</b>	24	41
<b>Custo por Und.</b>	R\$ 45.000,00	R\$ 3.085,00
<b>Insumos de implantação por und.</b>	R\$ 4.000,00	
<b>Custo Total</b>	R\$ 1.194.991,75	R\$ 287.976,75
<b>Cálculo do Payback</b>		
<b>Custo médio por kWh</b>	R\$ 0,7	
<b>Custo anual méd. de energia da cmd.</b>	R\$ 128.257,50	
<b>Payback (anos)</b>	6	1,2

Fonte: Elaboração própria.

O projeto funcionará de forma Off Grid, ou seja, é abastecido através de baterias e não é conectado à rede, fazendo com que o que seja produzido, seja utilizado pela própria comunidade. Além disso, é possível notar uma diferença considerável no valor dos equipamentos, isso se dá pelo fato de que o primeiro é um aerogerador de porte semi-industrial, já o segundo se trata de um AG residencial, havendo alterações em dimensões, peças e material entre eles, refletindo no valor final.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A grande centralização da matriz elétrica brasileira na fonte hídrica traz consigo um histórico de crises energéticas causadas por períodos de secas, gerando escassez de recursos. Essa instabilidade causa uma insegurança energética para o país, fazendo com que seja necessária uma diversificação dessa matriz, pensando ainda na mitigação da crise climática. Nesse sentido, tem-se a energia eólica como uma alternativa viável para substituição ou compensação, já que o Brasil apresenta grande potencial de geração da mesma. Da mesma forma, a Bahia e, em específico, a região que foi estudada, comunidade rural de Serra Barra do Vento, também segue essa estatística, viabilizando o estudo feito.

No presente trabalho, foi possível estimar a demanda energética atual da comunidade de Serra Barra do Vento através dos dados retirados do EPE. A partir disso, foi estimado o potencial eólico necessário para suprir a demanda prevista, possibilitando a análise da viabilidade técnica e econômica para implantação de um ou mais aerogeradores que obtivessem as características técnicas capazes de atender as necessidades apontadas. Assim, comprova-se a viabilidade do fornecimento de energia elétrica a partir desta fonte renovável na região, concluindo que os objetivos geral e específicos do trabalho foram alcançados.

Os resultados obtidos permitiram constatar a viabilidade de dois cenários para a utilização da energia tradicional através da fonte alternativa, sendo que ambos consistem na instalação de uma mini-usina. A primeira opção contaria com vinte e quatro aerogeradores de 1 kW de potência cada e a segunda com quarenta e um aerogeradores de 600W de potência. Ambas as opções são capazes de suprir a demanda necessária de energia elétrica para manter a comunidade, que é de 210.709 kWh/ano. Entretanto, é possível ainda destacar um entre os dois cenários sugeridos, já que o aerogerador da Mars Rock se apresenta como um equipamento mais acessível financeiramente e com um payback mais rápido, já que o custo de implantação é amortizado em pouco mais de um ano, se tornando a alternativa mais viável.

Sendo assim, é nítida a possibilidade de compensação de fontes convencionais através de fontes limpas e alternativas. Nesse caso em específico, tendo ainda a prerrogativa de uma eletrificação rural com menor dependência da concessionária de energia tradicional.

Uma observação importante é o fato de que ambos aerogeradores sugeridos apresentam voltagem de 12/24V, fazendo com que seja necessária a utilização de um inversor que transforme para a voltagem padrão utilizada na região (220V).

Para obtenção dos resultados foi de suma importância os dados dos órgãos oficiais, a contribuição da comunidade com a cópia da cobrança disponibilizada e, ainda, a utilização dos simuladores para obtenção dos dados de vento da região, aumentando a confiabilidade dos dados e a credibilidade do estudo feito.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Tarifas Residenciais**: efeito dos reajustes tarifários. 2022.

ARAGÃO, IS et al. **Energias Renováveis**: a eólico-eletricidade como alternativa energética sustentável na Bahia. ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDANTES DE ENGENHARIA AMBIENTAL, v. 14, 2016.

BAHIA. CEPEL. Governo do Estado da Bahia. **Atlas Eólico**: Bahia. Bahia: Camargo-Schubert, 2013.

LAGE, ES et al. BNDES. **Panorama do setor de energia eólica**. Brasília: Biblioteca Digital, 2013.

CAMARA, RJB. 2021. **Energia Eólica**. [Notas de aula de apoio à disciplina de Fontes de Energia e Tecnologias de Conversão, lecionada no CETENS, UFRB].

CASTRO, RMG. **Energias Renováveis, Produção Descentralizada**: Introdução à energia eólica. Lisboa, Portugal: Universidade Técnica de Lisboa, 2004.

Câmara de Comercialização de Energia, CCEE. **NOTÍCIAS DO SETOR ELÉTRICO**. 2017.

DALMAZ, A et al. **Energia eólica para geração de eletricidade e a importância da previsão**. Revista ABCM– Engenharia, v. 13, n. 1, p. 27-32, 2008.

DINIZ, JAO et al. **Crise hídrica no Brasil**: o uso das águas subterrâneas como reforço no abastecimento público. CPRM, 2021.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2020**: ano base 2019. Brasília: Ministério de Minas e Energia, EPE, 2020a.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2022**: ano base 2021. Brasília: Ministério de Minas e Energia, EPE, 2022a.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional**: ano base 2021. Brasília, 2022.

ENERGY, DTU Wind; MUNDIAL, Grupo do Banco. **Global Wind Atlas**. GWA 3.1. 2022.

FONTANET, FA. **Avaliação de uma Opção de Espera de um Parque Eólico pelo Método de Opções Reais**. 2012. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Puc-Rio, Rio de Janeiro, 2012.

IBGE. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2017–2018**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2019.

IEA [International Energy Agency]. **Energy Statistics Data Browser, 2021**. Disponível em: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser?country=WORLD&fuel=Energy%20supply&indicator=ElecGenByFuel>. Acesso em dez/2022.

IPCC, PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. **Sumário para Formuladores de Políticas**. Tradução versão em português: publicada pelo MCTIC. Brasil. Disponível em: [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch) (consulta: 23/02/2020), 2019.

LIMA, NS et al. **Estimativa de evapotranspiração potencial no semiárido baiano a partir das imagens termais.** 2019.

MARTINS, FR et al. **O aproveitamento da energia eólica.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 30, p. 1304.1-1304.13, 2008.

MEDEIROS, AM. **Bases metodológicas para a incorporação da variável ambiental no planejamento da expansão termelétrica no Brasil.** Rio de Janeiro (RJ): COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003.

NASCIMENTO, RS; ALVES, GM. **Fontes alternativas e renováveis de energia no Brasil:** Métodos e benefícios ambientais. XX Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XVI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e VI Encontro de Iniciação à Docência—Universidade do Vale do Paraíba, 2016.

PINTO, BL et al. **A GEOMORFOLOGIA NO CONTEXTO DO PLANEJAMENTO AMBIENTAL: ESTUDO DO USO E OCUPAÇÃO DA SERRA BARRA DO VENTO—SERRINHA/BA.** REVISTA GEONORTE, v. 5, n. 23, p. 30-35, 2014.

PURACA, RC. **Análise de estratégias de controle e otimização de turbinas eólicas considerando degradação da superfície das pás.** 2019. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

ROCHA FILHO, RC et al. **ESTUDO DA TURBINA EÓLICA CONVENCIONAL E COM LEVITAÇÃO MAGNÉTICA.** 9 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semiárido - Ufersa, Rio Grande do Norte, 2018.

TERCIOTE, R. **Eficiência energética de um sistema eólico isolado.** Proceedings of the 4th Encontro de Energia no Meio Rural, 2002.