

## LEVANTAMENTO DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA NA REGIÃO NORTE DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Vitor Abraão Gonçalves Silva (UFVJM) E-mail: vitor.silva@ufvjm.edu.br

Cleiton Rocha Sudré (UFVJM) E-mail: cleiton.sudre@ufvjm.edu.br

Júlia Oliveira Fernandes (USP) E-mail: juolivf@usp.br

Hudson Danilo Soares (Q5 Engenharia e Consultoria) E-mail: danilosoares227@gmail.com

Fidel Edson de Souza (UFVJM) E-mail: fidel.souza@ufvjm.edu.br

Jáder Fernando Dias Breda (UFVJM) E-mail: jader.breda@ufvjm.edu.br

**Resumo:** Atualmente, com o aumento das preocupações ambientais ao redor do planeta, aumentou também o foco em encontrar alternativas aos combustíveis fósseis. Afinal de contas, além de poluírem o meio ambiente eles estão cada vez mais limitados, com isso a utilização de energias renováveis se torna uma grande saída para a reconstrução da matriz energética mundial. Dentre as fontes renováveis disponíveis, se destaca a energia eólica, abundante no meio ambiente, e limpa. Outras promissoras fontes de energia renovável na região norte do estado de Minas Gerais são biomassa e solar fotovoltaica, nesse sentido, o objetivo deste trabalho é calcular o potencial eólico no norte de Minas Gerais, levando a uma comparação deste com os potenciais energéticos: solar fotovoltaica e biomassa. Para chegar ao objetivo deste trabalho, foi feito um estudo a partir de livros, artigos, documentos oficiais e, principalmente, um levantamento realizado pela Cemig no ano de 2010, uma concessionária de energia do estado, que elaborou o chamado Atlas Eólico de Minas Gerais. E a partir dos resultados deste trabalho foi possível destacar as constatações já antecipadas de que a energia eólica na região norte de Minas Gerais é muito promissora, apresentando um potencial de energia maior que a solar fotovoltaica e biomassa.

**Palavras-chave:** energia eólica, norte de Minas Gerais, solar fotovoltaica, biomassa, energia renovável.

## SURVEY OF THE ENERGETIC POTENTIAL OF WIND POWER GENERATION IN THE NORTHERN REGION OF THE STATE OF MINAS GERAIS

**Abstract:** Currently, with the increase in environmental concerns around the planet, the focus on finding alternatives to fossil fuels has also increased. After all, besides polluting the environment they are increasingly limited, so the use of renewable energy becomes a great way out for the reconstruction of the world energy matrix. Among the renewable sources available, wind energy is highlighted, abundant in the environment and clean. Other promising renewable energy sources in the northern region of the state of Minas Gerais are biomass and solar photovoltaic. In this sense, the objective of this work was to calculate the wind energy potential in the north of Minas Gerais, leading to a comparison of this potential with the energy potentials: solar photovoltaic and biomass. To reach the objective of this work, a study was made from books, articles, official documents and mainly a survey conducted by Cemig in 2010, an energy utility in the state, which prepared the so-called Wind Atlas of Minas Gerais. And from the results of this work it was possible to highlight the already anticipated findings that wind energy in the northern region of Minas Gerais is very promising, presenting a higher energy potential than solar photovoltaic and biomass.

**Keywords:** wind energy, north of Minas Gerais, solar photovoltaic, biomass, renewable energy.

### 1. Introdução

Desde os primórdios, os seres humanos contam com energia, seja elétrica, térmica ou mecânica. Ainda, com a revolução industrial no século XVIII, a dependência da energia aumentou, e a sociedade atual é altamente dependente da energia, principalmente da eletricidade (FREITAS, 2016).

Com o aumento no consumo da energia elétrica, o uso dos recursos renováveis tornou-se necessário devido às emissões massivas de gases poluentes que contribuem para o aquecimento global. E as fontes renováveis que mais se destacam no cenário mundial são: a

energia solar, a energia da biomassa e a energia eólica, que será a fonte de energia foco deste trabalho.

Os surpreendentes avanços tecnológicos permitiram a expansão da energia eólica, que opera convertendo energia cinética em eletricidade por meio de turbinas eólicas, que possuem hélices que se movem com a velocidade do vento. Atualmente, a energia do vento é usada principalmente para gerar eletricidade, e essa transição é alcançada por meio de turbinas eólicas estrategicamente colocadas em áreas ventosas, na maioria das vezes em altitudes mais elevadas.

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2021), a matriz elétrica mundial ainda apresenta sua maior parcela de fontes de energia não renováveis, mas as fontes de energias renováveis vem crescendo com 26,7% da matriz, sendo que a hidrelétrica possui 16,1%, a biomassa 2,4% e o conjunto de solar, eólica, marés e outras renováveis representam 8,2% da matriz.

Ainda, segundo a EPE (2021), por conta da grande parte da energia elétrica gerada no Brasil ser originada das usinas hidrelétricas, a matriz elétrica brasileira é ainda mais renovável que a energética. A energia eólica com 8,8% da matriz vem tendo um crescimento significativo, contribuindo para que a matriz elétrica continue, em sua maior parte, renovável.

Vale destacar que, de acordo com o trabalho de FONSECA (2021), o norte do estado de Minas Gerais já apresenta um potencial bem significativo, tanto para a biomassa como também para a solar fotovoltaica. Neste sentido, o presente trabalho tem por objetivo realizar uma análise do potencial eólico e fazer um comparativo do seu potencial energético com estas outras duas fontes de energia renováveis (biomassa e solar fotovoltaica) na região norte do estado de Minas Gerais.

## **2. Potencial de Geração de Energia Eólica no Norte de Minas Gerais**

Nesta seção serão apresentados os dados levantados referentes à potência disponível para a geração de energia eólica na região norte do estado de Minas Gerais. Os dados foram obtidos a partir do Atlas Eólico de Minas Gerais (CEMIG, 2010). O mapeamento traz dados completos sobre a circulação geral do vento, identificando locais promissores para a implantação de negócios eólicos. De acordo com o próprio atlas, a ideia é que este seja utilizado para orientar empreendedores e investidores do setor.

### **2.1 A Região Norte do Estado de Minas Gerais**

Primeiramente, cabe comentar que, a área de estudo deste trabalho foi escolhida pelo fato de que o atlas revela que a maior capacidade de geração de energia limpa se dá ao longo da Serra do Espinhaço, na região norte do estado de Minas Gerais. Sendo que, essa região é composta por sete microrregiões, como pode ser observado na Figura 1 (IFNMG, 2011).



Figura 1 - Microrregiões do Norte de Minas Gerais.  
Fonte: (IFNMG, 2011).

Formada por 89 municípios, a região norte do estado de Minas Gerais é subdividida da seguinte forma: microrregião de Bocaiuva (5 cidades), microrregião de Grão Mogol (6 cidades), microrregião de Janaúba (13 cidades), microrregião de Januária (16 cidades), microrregião de Montes Claros (22 cidades), microrregião de Pirapora (10 cidades) e a microrregião de Salinas (17 cidades) (CHANNEL, 2022).

## 2.2 Atlas Eólico de Minas Gerais

O atlas levado em consideração neste trabalho, tem como autora a Cemig, que é a concessionária distribuidora de energia local em Minas Gerais, sendo responsável então pela diversificação da matriz energética, mas que ao mesmo tempo atenda às exigências ambientais. Neste sentido, a concessionária elaborou o Atlas Eólico de Minas Gerais (CEMIG, 2010), que apresenta mapas do potencial eólico anual a 50, 75 e 100 metros de altura, e fornece a potência eólica disponível total que todo o Estado tem com relação a cada uma dessas alturas.

### 2.2.1 Potencial eólico

Para a realização deste trabalho foi delimitada a região norte do estado de Minas Gerais, que como já comentado é subdividida nas seguintes sete microrregiões: Bocaiúva, Grão Mogol, Janaúba, Januária, Montes Claros, Pirapora e Salinas.

Vale destacar que, a potência disponível considerada trata da energia total que o vento pode gerar. Desta forma, para poder medir a potência disponível do vento em diferentes locais e para diferentes velocidades do vento, é conveniente utilizar a potência por unidade de área, como pode ser observado na Equação (1) (ENERGÊS, 2020).

$$\frac{POTÊNCIA}{ÁREA} = 0,5 * VELOCIDADE DO VENTO^3$$

$$\frac{POTÊNCIA}{ÁREA} = 0,5 * VELOCIDADE DO VENTO^3$$

A partir dos mapas apresentados pelo Atlas Eólico de Minas Gerais (CEMIG, 2010), foram calculados os valores da potência disponível para cada subregião localizada no norte de Minas Gerais com relação a 50, 75 e 100 metros de altura, utilizando a Equação 1. Nota-se que, a única variável necessária para calcular a potência disponível é a velocidade do vento, que é fornecida pelo atlas.

### 2.3 Potencial Eólico anual a 50 metros de altura

Na Figura 2, é apresentado o mapa do potencial eólico anual a 50 metros de altura no estado de Minas Gerais, com diferentes velocidades do vento para diferentes áreas e mesma altura.

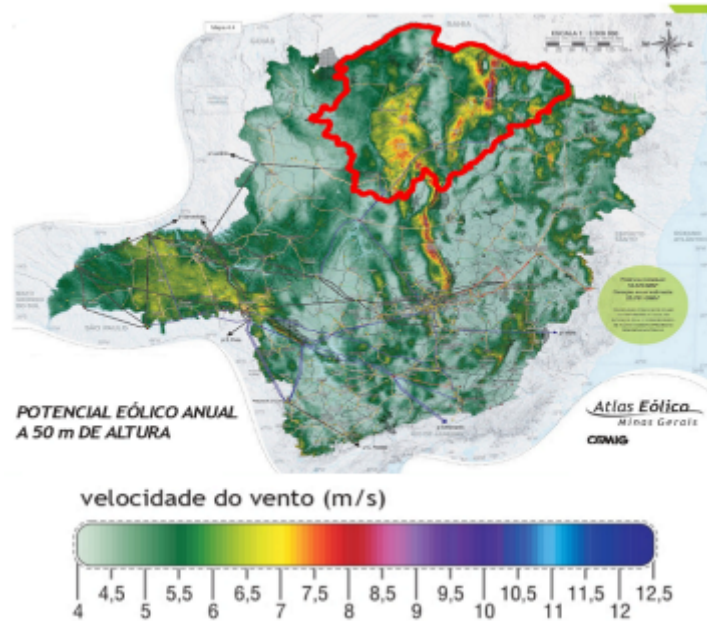


Figura 2- Potencial Eólico Anual a 50 m de Altura.  
 Fonte: (CEMIG, 2010).

Logo a seguir, no Gráfico 1, está a representação dos resultados obtidos após os cálculos, sobre o potencial eólico nas microrregiões do norte de Minas Gerais. Esse gráfico foi obtido a partir da utilização da Equação 1, onde é calculado o potencial eólico por uma determinada área.

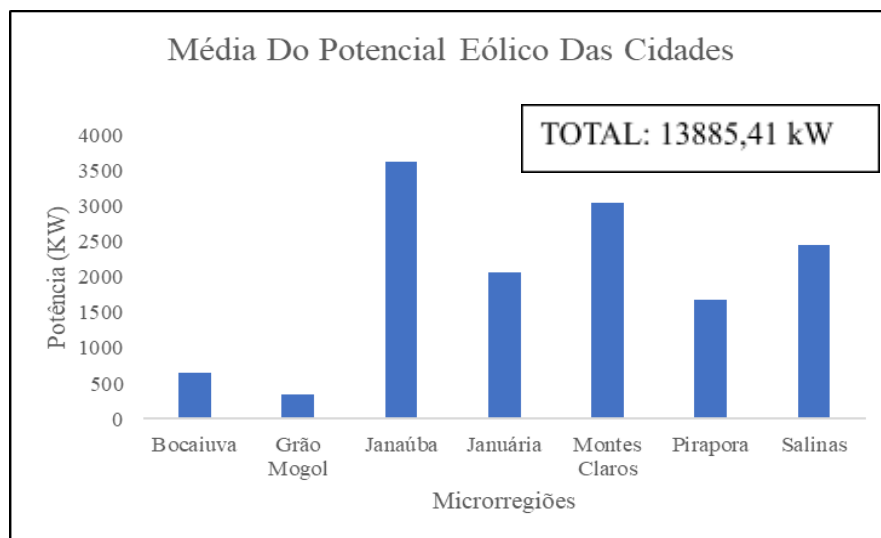


Gráfico 1 - Potencial Eólico a 50 Metros.

No Gráfico 1, nota-se que as maiores potências disponíveis estão nas microrregiões de Janaúba com aproximadamente 36118,6 kW, Montes Claros com aproximadamente 3054,9 kW e Salinas com aproximadamente 2449,2 kW. Somando todo o potencial a esta altura tem-se que o Norte de Minas Gerais chega a aproximadamente 13.885,41 kW por ano.

**2.4 Potencial eólico anual a 75 metros de altura**

Na Figura 3, é apresentado o mapa do potencial eólico anual a 75 metros de altura no estado de Minas Gerais, com diferentes velocidades do vento para diferentes áreas e mesma altura.

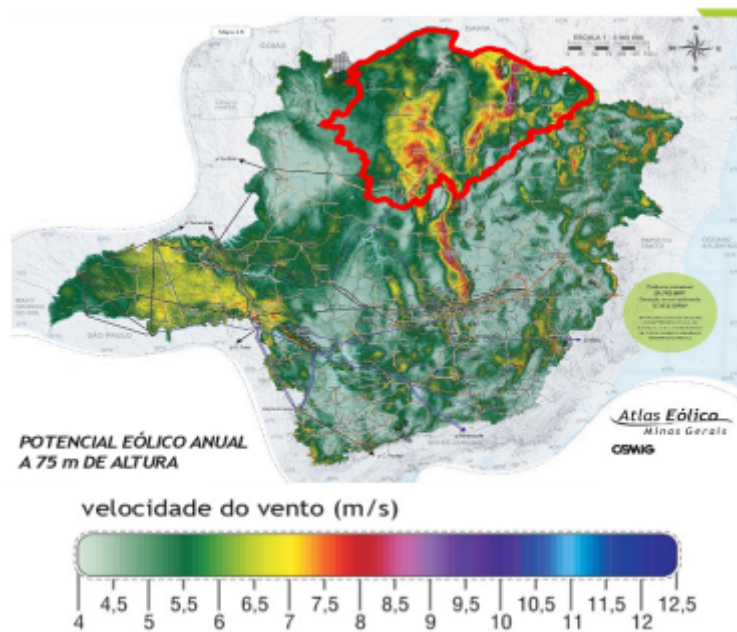


Figura 3- Potencial Eólico Anual a 75 m de Altura.  
 Fonte: (CEMIG, 2010).

Logo a seguir, no Gráfico 2, estão os resultados obtidos após os cálculos, sobre o potencial eólico nas microrregiões do norte de Minas Gerais. Esse gráfico também foi obtido a partir da utilização da Equação 1, sendo calculado o potencial eólico por uma determinada área.

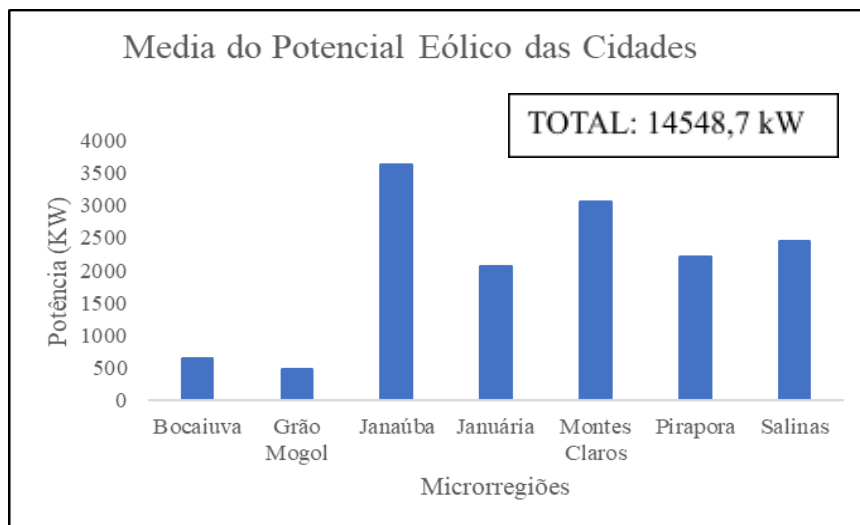


Gráfico 2 – Potencial Eólico a 75 Metros.

No Gráfico 2, observa-se que as maiores potências disponíveis são nas microrregiões de Janaúba com aproximadamente 3618,6 kW, Montes Claros com aproximadamente 3054,9 kW e Salinas com aproximadamente 2449,2 kW. Assim, ao somar todo o potencial a esta altura, obtém-se que o Norte de Minas possui aproximadamente 14.548,7 kW por ano.

### 2.5 Potencial eólico anual a 100 metros de altura

Na Figura 4, o mapa do potencial eólico anual a 100 metros de altura no estado de Minas Gerais é apresentado, com diferentes velocidades do vento para diferentes áreas e mesma altura.

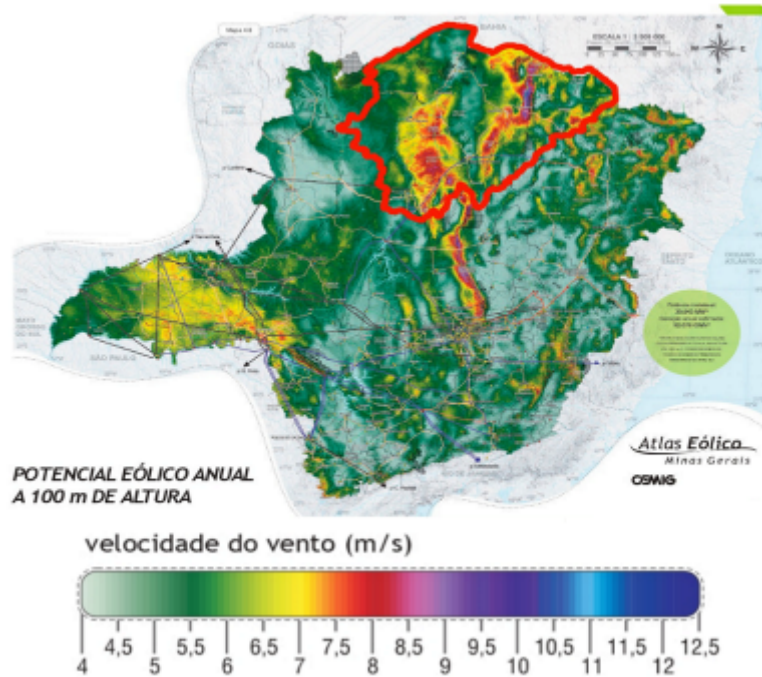


Figura 4- Potencial Eólico Anual a 100 m de Altura.  
Fonte: (CEMIG, 2010).

Logo a seguir, no Gráfico 3, os resultados obtidos após cálculos sobre o potencial eólico nas microrregiões do norte de Minas Gerais são ilustrados. Assim, como nos casos anteriores, esse gráfico foi obtido a partir da utilização da Equação 1.

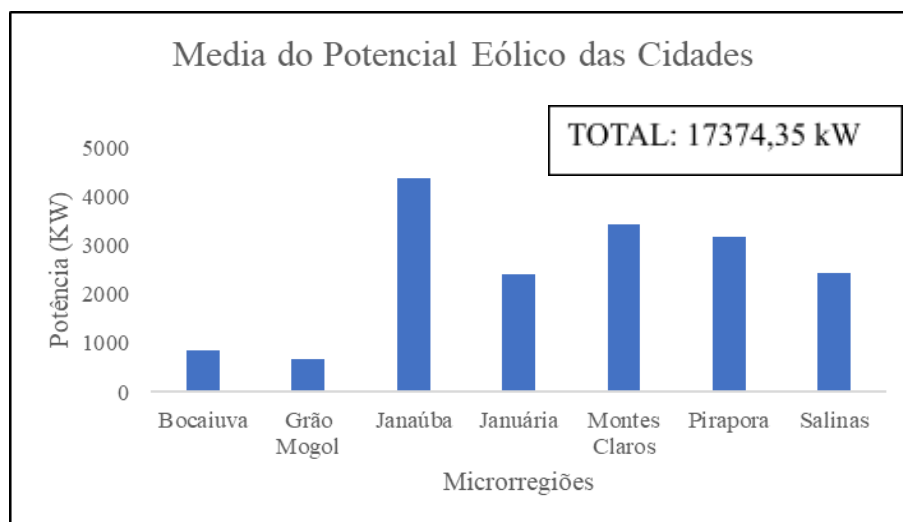


Gráfico 3 - Potencial eólico a 100 metros.

A partir do Gráfico 3 é possível afirmar que as maiores potências disponíveis são nas microrregiões de Janaúba com aproximadamente 4391,7 kW, Montes Claros com aproximadamente 3435,2 kW, e Pirapora com aproximadamente 3168 kW. Ao somar todo o potencial a esta altura, tem-se que o Norte de Minas Gerais apresenta aproximadamente 17.374,35 kW por ano.

### 3. Comparativo entre os Potenciais Energéticos Eólico, Biomassa e Fotovoltaico no Norte de Minas Gerais

Nesta seção será realizada uma comparação do potencial da energia eólica apresentado na seção anterior, assim como da biomassa e da fotovoltaica no norte de Minas Gerais. Os valores apresentados desses potenciais foram retirados de Fonseca (2021), em que foram utilizados os atlas de potenciais da biomassa e fotovoltaica em Minas Gerais (CEMIG, 2017).

#### 3.1 Análise do Potencial da Energia Eólica no Norte de Minas Gerais

Relembrando o potencial eólico anual para o norte de Minas Gerais obtido na seção 2, em que, para 50 metros de altura foi de 13.885,41 kW, a 75 metros foi de 14.548,7 kW e para 100 metros de altura esse potencial chega a 17.374,35 kW, anualmente.

Além disso, ao analisar as Figuras 2-4, é possível observar que mesmo dentro da região norte mineira é apresentada uma grande variação de potencial da energia eólica, fazendo com que algumas microrregiões se destaquem mais que outras por apresentarem um maior potencial energético.

Entretanto, ao analisar os Gráficos 1-3, é fato que nas três alturas consideradas, as microrregiões que mais se destacam pelo seu maior potencial eólico anual são: Salinas, Janaúba e Montes Claros.

Essa diferença de valores de potencial eólico para cada microrregião se dá pela forma de como estas estão expostas ao vento, uma vez que quanto mais vento, mais propício será o local para obtenção de um valor considerável de potencial energético segundo a Equação 1. Isso ocorre pelo fato de que, ao aumentar a altura da torre, as hélices vão captar ventos com velocidades médias mais altas e constantes, com pouca ou nenhuma turbulência, sendo capaz de gerar mais energia. Assim, é possível que áreas que antes não ofereciam condições mínimas para a produção de energia, passem a ser interessantes para o negócio.

Para se obter um valor médio de potencial, entre os potenciais a 50, 75 e 100 metros de altura, foi adotado como potencial energético para energia eólica na região norte do estado de Minas Gerais uma média entre os valores, conforme a Equação (2).

$$M_p = \frac{\text{Potencial a 50m} + \text{Potencial a 75m} + \text{Potencial a 100m}}{3} \quad (2)$$

Logo após o cálculo da média de potencial, conclui-se que o potencial eólico para o norte de Minas Gerais é de aproximadamente **15.269,5 kW/ano**.

#### 3.2 Análise do Potencial da Biomassa no Norte de Minas Gerais

Existem várias possibilidades de fontes de biomassa na região norte do estado de Minas Gerais, e percebe-se que o potencial delas varia mesmo dentro desta região considerada. Por esse motivo, em Fonseca (2021), foi considerado apenas o valor máximo predominante de cada fonte da biomassa para o levantamento deste potencial.

Ainda, neste mesmo trabalho, foi possível observar que a fonte de biomassa a partir do milho se destaca com o maior potencial nesta região. Além disso, a variabilidade dessa fonte é baixa, o que é muito vantajoso para sua utilização ao longo da área considerada neste trabalho (FONSECA, 2021).

Por fim, o potencial total, levando em conta os valores máximos predominantes de todas as fontes de biomassa no Norte do estado de Minas Gerais, é de aproximadamente **4.075 kW/ano**, segundo Fonseca (2021), e que será levado em consideração para efeito de comparação na seção 3.4.

### **3.3 Análise do Potencial da Energia Fotovoltaica no Norte de Minas Gerais**

No trabalho de Fonseca (2021), também foi realizado o levantamento do potencial total de energia solar fotovoltaica na região norte do estado de Minas Gerais. O valor obtido foi de **510,05 kW/ano**. Neste contexto, cidades como Janaúba, com 87,04 kW/ano, e Jaíba com 88,93 kW/ano se destacam, apresentando um maior potencial por conta de sua localização.

Esse mesmo fator que é a localização que faz com que as cidades de Janaúba e Jaíba sejam favorecidas é o mesmo que faz com que a região de Salinas, com aproximadamente 80,82 kW/ano apresente o menor potencial do norte de Minas Gerais. Assim, fica claro o quanto a energia solar é viável pois, mesmo Salinas com o menor potencial, ela só fica atrás de Jaíba a que tem mais potencial por aproximadamente 8,11 kW/ano (FONSECA, 2021).

### **3.4 Comparação entre os Potenciais Energéticos**

Primeiramente, é importante ressaltar que independente do potencial, as três fontes energéticas consideradas neste trabalho (solar, biomassa e eólica) são de fundamental importância atualmente para a matriz energética brasileira, com reduzidos impactos ambientais pois, por serem renováveis, produzem menos gases de efeito estufa, ajudando na sustentabilidade, preservando o meio ambiente.

Já, ao observar o potencial energético de cada fonte na região norte do estado de Minas Gerais, fica notável também que todas apresentam um potencial considerável para a geração de energia, como ilustrado nas subseções anteriores.

Partindo do resultado obtido pelo presente trabalho, é possível observar que a fonte de energia eólica se destaca como sendo a fonte de maior potência para essa região com aproximadamente 15.269,35 kW/ano, superando então o potencial da energia solar em mais de 29 vezes e o da energia de biomassa em mais de 3 vezes. Ainda, a fonte de energia biomassa se apresenta como sendo a segunda na região com um potencial sete vezes maior comparada com a energia solar fotovoltaica.

Entretanto, vale comentar que, a fonte de biomassa mesmo apresentando um potencial bastante considerável, ela não é tão utilizada como pode-se esperar devido aos impactos que ela pode gerar ao meio ambiente, como o próprio desmatamento de áreas. Além disso, a logística para sua implementação possui maior dificuldade no transporte e armazenamento, principalmente, quando se trata de biomassa sólida.

Ainda, vale o seguinte destaque, a energia eólica além de apresentar um potencial energético maior que biomassa e solar com relação ao norte do estado de Minas Gerais, esta, apresenta um valor bem significativo, podendo seu potencial ser comparado com algumas usinas



hidrelétricas do Brasil. Segundo o site COPEL, a usina hidrelétrica de Apucarantina, no estado do Paraná, por exemplo, tem uma capacidade instalada de 10 MW (COPEL, 2022).

Embora a energia eólica seja reconhecidamente uma fonte limpa e renovável de eletricidade, mesmo com esse potencial tão significativo ainda não vem sendo aproveitada no norte do estado de Minas Gerais. E isso se deve provavelmente por seu alto custo de implementação e/ou pela necessidade de se ter que trabalhar com o conceito de grandes parques eólicos para gerar energia em uma quantidade significativa, no intuito de garantir a viabilidade técnica e econômica dessas fontes, o que pode ser tema de estudo de trabalhos futuros. Apesar disso, próximo da região norte de Minas Gerais, na região sul da Bahia, já vem sendo explorado esse potencial eólico, no Complexo Eólico do Alto do Sertão I.

#### 4. CONCLUSÕES

Inicialmente, com base no Atlas Eólico de Minas Gerais (CEMIG, 2010), esse trabalho realizou o cálculo do potencial eólico para cada uma das alturas, nas determinadas microrregiões do norte do estado de Minas Gerais. E com isso, foi também possível calcular o potencial médio eólico total para determinada região.

Em vista dos cálculos de potencial médio eólico total apresentados, foi feita uma análise comparativa com os potenciais das fontes de energia solar fotovoltaica e biomassa para a região norte do estado de Minas Gerais.

Diante dos argumentos expostos ao longo do trabalho, conclui-se que a região norte do estado de Minas Gerais possui um grande potencial energético para a geração de energia eólica, solar fotovoltaica e biomassa, sendo que a eólica possui um potencial maior em relação às outras duas fontes.

Ainda, através desse trabalho, pôde-se perceber que a fonte de energia eólica é bastante promissora na região norte de Minas Gerais e pode ser implantada e ampliada para melhor aproveitamento, de modo a contribuir com a sociedade, tornando a matriz energética mais limpa, melhorando a qualidade de vida e a sustentabilidade.

Vale ainda destacar que, o presente trabalho foi um comparativo de potencial entre as fontes de energia renováveis e que todas as três fontes apresentaram um potencial significativo e positivo para a instalação. Contudo, para trabalhos futuros seria interessante avaliar a viabilidade econômica e técnica da implantação de três fontes em forma de projetos na região considerada para estudo.

#### Referências

**BRASIL CHANNEL (Brasil).** Channel. *In: Municípios da Mesorregião Norte de Minas.* [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.brasilchannel.com.br/municipios/index.asp?nome=Minas+Gerais&iao=Norte>. Acesso em: 3 mar. 2022.

**CEMIG (Minas Gerais).** Atlas Eólico de Minas Gerais. Energia Eólica, [s. l.], 2010. Disponível em: <https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2021/03/atlas-eolico-mg.pdf>. Acesso em: 8 out. 2021.

**CEMIG (Minas Gerais).** CEMIG. *In: Conheça Os Atlas Solarimétrico, De Biomassa E Eólico.* [S. l.], 2017. Disponível em: <https://www.cemig.com.br/usina-do-conhecimento/conheca-os-atlas-das-matrizes-energeticas-produzidos-pela-cemig/>. Acesso em: 7 dez. 2021.

**COPEL.** Companhia Paranaense de Energia. *In: Usina Apucarantina.* [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.copel.com/site/copel-geracao/usinas/usina-apucarantina/>. Acesso em: 30 ago. 2022.

**EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). EPE.** *In:* Fontes de Energia. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/fontes-de-energia>. Acesso em: 29 dez. 2021

**ENERGÊS.** *In:* Entenda Sobre O Potencial Eólico E Suas Características: Potencial eólico no Brasil. [S. l.], 15 dez. 2020. Disponível em: <https://energes.com.br/entenda-sobre-o-potencial-eolico-e-suas-caracteristicas/>. Acesso em: 10 out. 2020.

**FONSECA, Lucas Dias.** Comparativo dos Potenciais de Energia Solar Fotovoltaica e De Biomassa no Norte de Minas Gerais. Energias Renováveis, [s. l.], 2021.

**FREITAS, G. M. de.** Biomassa uma fonte de energia. 2016. Projeto de Graduação (Engenharia Elétrica) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

**IFNMG (Norte de MG).** Instituto Federal do Norte de Minas Gerais. *In:* A Cidade de Salinas: Mapa do Norte de Minas. [S. l.], 14 nov. 2011. Disponível em: <https://www.ifnmg.edu.br/menu-salinas/conheca-salinas>. Acesso em: 5 mar. 2022.