

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**THIAGO QUADROS DOS SANTOS**

**COMPLEMENTARIDADE DAS FONTES EÓLICA, SOLAR E ARMAZENAMENTO:  
ESTUDO DE USINA HÍBRIDA NA REGIÃO DO PAMPA**

**Bagé**

**2024**

**THIAGO QUADROS DOS SANTOS**

**COMPLEMENTARIDADE DAS FONTES EÓLICA, SOLAR E ARMAZENAMENTO:  
ESTUDO DE USINA HÍBRIDA NA REGIÃO DO PAMPA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Energia da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energia.

Orientador: Prof. Dr. Enoque Dutra Garcia

**Bagé**

**2024**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

Q762c      Quadros dos Santos, Thiago  
Complementaridade das fontes eólica, solar e armazenamento: estudo de usina híbrida na região do Pampa / Thiago Quadros dos Santos.  
45 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade Federal do Pampa, ENGENHARIA DE ENERGIA, 2024.  
"Orientação: Enoque Garcia".

1. Energia Eólica. 2. Energia Fotovoltaica. 3. Armazenamento de Energia. 4. Usina Híbrida. I. Título.

**THIAGO QUADROS DOS SANTOS**



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Universidade Federal do Pampa

**THIAGO QUADROS DOS SANTOS**

**COMPLEMENTARIDADE DAS FONTES EÓLICA, SOLAR E ARMAZENAMENTO:  
ESTUDO DE USINA HÍBRIDA NA REGIÃO DO PAMPA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Energia da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para o Título de Bacharel em Engenharia de Energia.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em 18 de dezembro de 2024.

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Enoque Dutra Garcia

Orientador  
UNIPAMPA

---

Prof. Dr. Carlos Sonier Cardoso do Nascimento

UNIPAMPA

---

Prof. Dr. Marcelo Romero de Moraes

UNIPAMPA



---

Assinado eletronicamente por **ENOQUE DUTRA GARCIA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 18/12/2024, às 20:30, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



---

Assinado eletronicamente por **MARCELO ROMERO DE MORAES, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 18/12/2024, às 20:30, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



---

Assinado eletronicamente por **CARLOS SONIER CARDOSO DO NASCIMENTO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 18/12/2024, às 20:30, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



---

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1627437** e o código CRC **78307B1D**.

Dedico este trabalho à minha família.

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço profundamente a todos os professores que me acompanharam até aqui, pelos valiosos ensinamentos ao longo desta jornada, em especial ao professor Enoque Dutra Garcia por todos os desafios e orientações. Minha gratidão também à Universidade Federal do Pampa, uma universidade pública, gratuita e de qualidade, que me proporcionou tantas vivências e saberes. Agradeço à minha família, pelo apoio incondicional e amor constante, sem o qual este trabalho não seria possível. E, por fim, sou grato à espiritualidade, que me guiou e fortaleceu em todos os momentos desta caminhada.

“A felicidade só é real quando compartilhada”.

Alexander Supertramp



## RESUMO

Este trabalho propõe uma metodologia para analisar a viabilidade de um sistema híbrido composto por fontes de energia renovável, como a eólica e a fotovoltaica, complementadas pelo uso de baterias para armazenamento de energia. O estudo explora o potencial da região do Pampa Gaúcho para a geração sustentável, utilizando dados meteorológicos coletados na cidade de Bagé. Com base nesses dados, foram modelados cenários de operação para uma usina híbrida, projetada para ter uma potência instalada de 117,6 MW em aerogeradores e 58,8 MW em módulos fotovoltaicos. A pesquisa destaca a sinergia entre as duas fontes energéticas, ressaltando a estabilidade e a confiabilidade na geração de eletricidade. Além disso, o estudo enfatiza o impacto social positivo da implementação de sistemas híbridos, que podem ajudar a diversificar a matriz energética nacional, reduzir emissões de gases de efeito estufa e contribuir para a mitigação de crises energéticas, promovendo o desenvolvimento sustentável do Brasil.

Palavras-Chave: Energia Eólica; Energia Fotovoltaica; Armazenamento de Energia; Usina Híbrida.

## **ABSTRACT**

This work proposes a methodology to analyze the feasibility of a hybrid system composed of renewable energy sources, such as wind and solar power, complemented by battery energy storage. The study explores the potential of the Pampa Gaúcho region for sustainable energy generation, using meteorological data collected in the city of Bagé. Based on this data, operational scenarios were modeled for a hybrid power plant designed with an installed capacity of 117.6 MW in wind turbines and 58.8 MW in photovoltaic modules. The research highlights the synergy between these two energy sources, emphasizing stability and reliability in electricity generation. Additionally, the study underscores the positive social impact of implementing hybrid systems, which can help diversify the national energy matrix, reduce greenhouse gas emissions, and contribute to mitigating energy crises, thereby promoting Brazil's sustainable development.

Keywords: Wind Power, Photovoltaic Power, Energy Storage, Hybrid Power Plant.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Termelétricas Brasileiras .....	16
Figura 2 – Atlas Eólico do Rio Grande do Sul .....	17
Figura 3 – Potencial Eólico das Mesorregiões Rio-Grandenses .....	17
Figura 4 – Atlas Solar do Rio Grande do Sul.....	18
Figura 5 – Gráfico de Capacidade Remanescente no SIN.....	19
Figura 6 – Parques Eólicos Outorgados.....	20
Figura 7 – Mapa de Estações Meteorológicas .....	20
Figura 8 – Usinas entre as cidades de Candiota e Pinheiro Machado .....	21
Figura 9 – Fluxograma do Procedimento Metodológico .....	25
Figura 10 – Proporções de Cada Fonte .....	28
Figura 11 – Algoritmo de Controle de Carga BESS .....	29
Figura 12 – Gráfico de Geração: Menor Geração .....	32
Figura 13 – Gráfico de Geração: Geração Mediana.....	33
Figura 14 – Gráfico de Geração: Maior Geração .....	34
Figura 15 – Gráficos de Geração Anual .....	35
Figura 16 – Gráficos de Geração Mensal: Junho .....	35
Figura 17 – Gráficos de Geração Mensal: Agosto.....	35
Figura 18 – Gráficos de Geração Mensal: Dezembro .....	36
Figura 19 – Velocidade do Vento a 150m .....	38
Figura 20 – Gráfico de Capacidade Remanescente no SIN.....	39

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados meteorológicos da estação A827 .....	26
Tabela 2 – Coeficientes BESS .....	30
Tabela 3 – Comparativo: Sem BESS x Com BESS .....	30

## LISTA DE SIGLAS

UTE - Usina Termelétrica

EPE - Empresa de Pesquisa Energética

HTTP - HyperText Transfer Protocol

IEMA - Instituto de Energia e Meio Ambiente

SIN - Sistema Interligado Nacional

ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico

BEMSPampa - Balanço Energético da Metade Sul do RS

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

REN - Resolução Normativa

BESS - Battery Energy Storage System

LRCAP - Leilão de Reserva de Capacidade

RES - Renewable Energy System

ESS - Energy Storage System

SOC - State of Charge

DR - Demand Response

DTR - Dynamic Thermal Rating

ADN - Active Distribution Net

BA - Bahia

TUSDg - Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição para Geração

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>1.1 JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>17</b>
<b>1.2 OBJETIVOS.....</b>	<b>23</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>24</b>
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>26</b>
<b>3.1 AQUISIÇÃO DE DADOS .....</b>	<b>26</b>
<b>3.2 CÁLCULO EÓLICO .....</b>	<b>27</b>
<b>3.3 PROPORÇÕES ASSUMIDAS .....</b>	<b>29</b>
<b>3.4 CÁLCULO FOTOVOLTAICO .....</b>	<b>30</b>
<b>3.5 CÁLCULO BESS .....</b>	<b>30</b>
<b>3.6 CENÁRIOS RELACIONADOS A PERÍODOS .....</b>	<b>32</b>
<b>4 ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>33</b>
<b>4.1 DIA COM MENOR GERAÇÃO EÓLICA.....</b>	<b>33</b>
<b>4.2 DIA COM GERAÇÃO EÓLICA MEDIANA .....</b>	<b>34</b>
<b>4.3 DIA COM MAIOR GERAÇÃO EÓLICA.....</b>	<b>35</b>
<b>4.4 ANÁLISES DE GERAÇÃO, COMPLEMENTARIDADE E ATUAÇÃO DO ARMAZENAMENTO EM PERÍODOS MENSIS E ANUAL.....</b>	<b>35</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>38</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>42</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>44</b>

## 1 INTRODUÇÃO

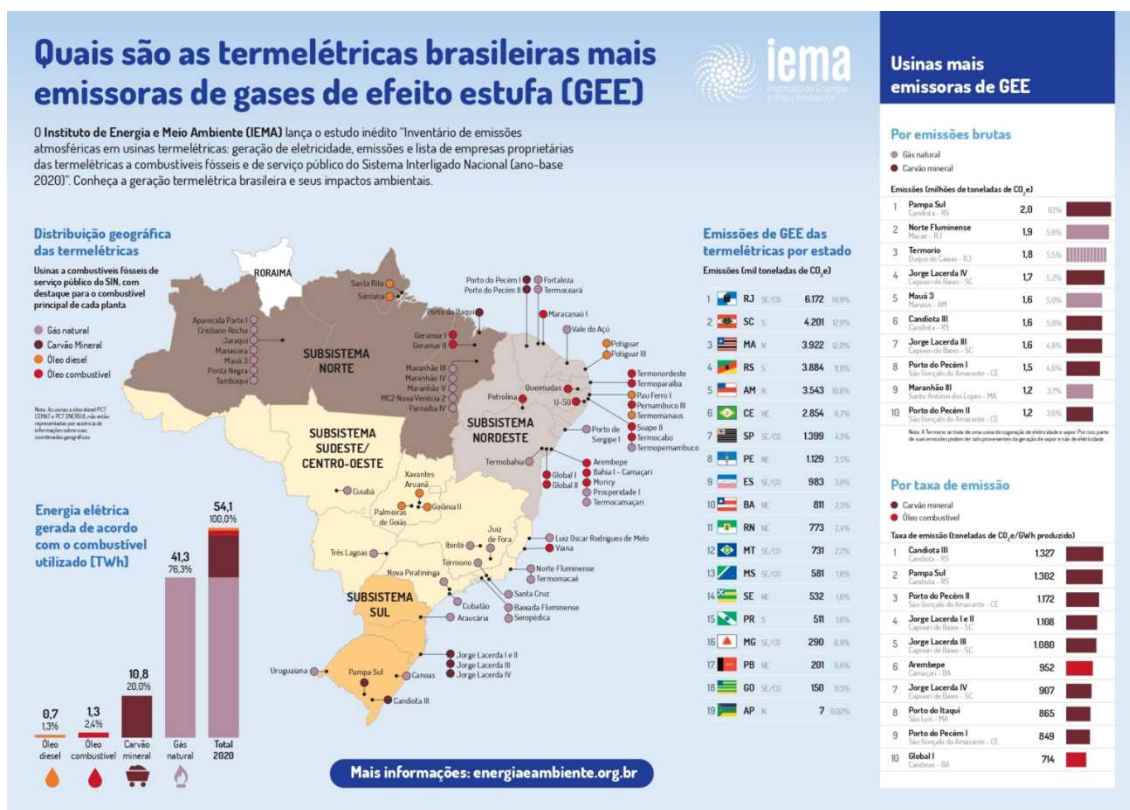
A matriz elétrica brasileira é composta, em sua maioria, por fontes de geração renovável, sendo a hidrelétrica a principal delas, com 64% da capacidade instalada em 2023. Este valor já foi maior, alcançando cerca de 80% no início do século XXI, mas, em razão da crise hídrica que assolou o Brasil, outras fontes renováveis foram incluídas na matriz, como a eólica, solar e biomassa, reduzindo a dependência do recurso hídrico.

No entanto, a crise hídrica também trouxe outro problema ao setor elétrico brasileiro, a necessidade de se despachar as termelétricas para suprir o consumo de energia elétrica no Brasil. Como estas termelétricas são movidas a combustíveis fósseis, houve um aumento significativo no custo do kWh e na emissão de gases de efeito estufa.

A região escolhida é uma região muito importante energeticamente para o Brasil, visto que possui as 2 das 8 usinas termelétricas (UTE) a carvão em operação no país, correspondendo a 30,25% da potência instalada desta fonte (Webmap EPE, 2024).

Estas duas usinas, Pampa Sul e Candiota III, também são as usinas com maior índice de CO<sub>2</sub>/GWh no país, tendo contribuído com a emissão de 2,0 e 1,6 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente em 2020, respectivamente (Instituto de Energia e Meio Ambiente IEMA.2024).

Figura 1 – Termelétricas Brasileiras



Fonte: IEMA, 2022.

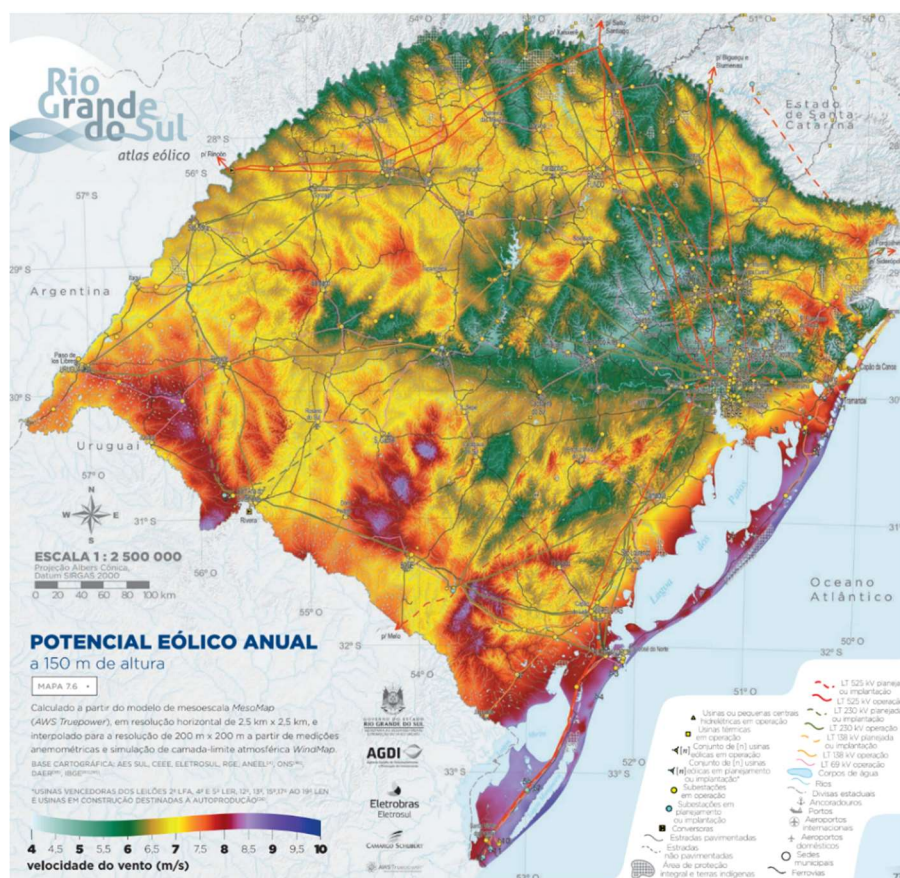
A presença das UTE na região reforça a necessidade de soluções em transição energética, que, além de necessárias, podem ser muito apropriadas para a região, que ainda conta com toda a estrutura de despacho de energia existente.

### 1.1 Justificativa

Este trabalho busca demonstrar a disponibilidade de energia renovável que ainda pode ser explorada na região do Pampa Gaúcho, e ainda, como esta energia pode ser utilizada. Direcionando nossa atenção para a energia eólica, podemos observar no Atlas Eólico do Rio Grande do Sul de 2014 a dimensão do potencial eólico em nossa região.



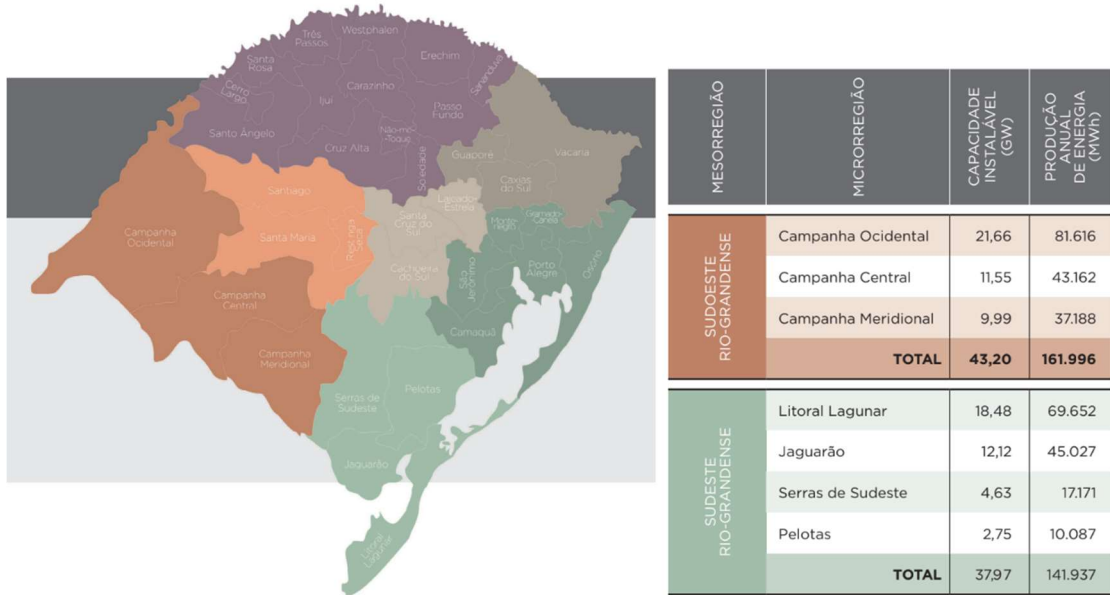
Figura 2 – Atlas Eólico do Rio Grande do Sul



Fonte: GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 2014.

Se observarmos no mesmo documento, produzido pelo governo do estado, as mesorregiões denominadas Sudeste e Sudoeste Rio-Grandense possuem a maior produção anual estimada de energia eólica, somando impressionantes 303.933 MWh.

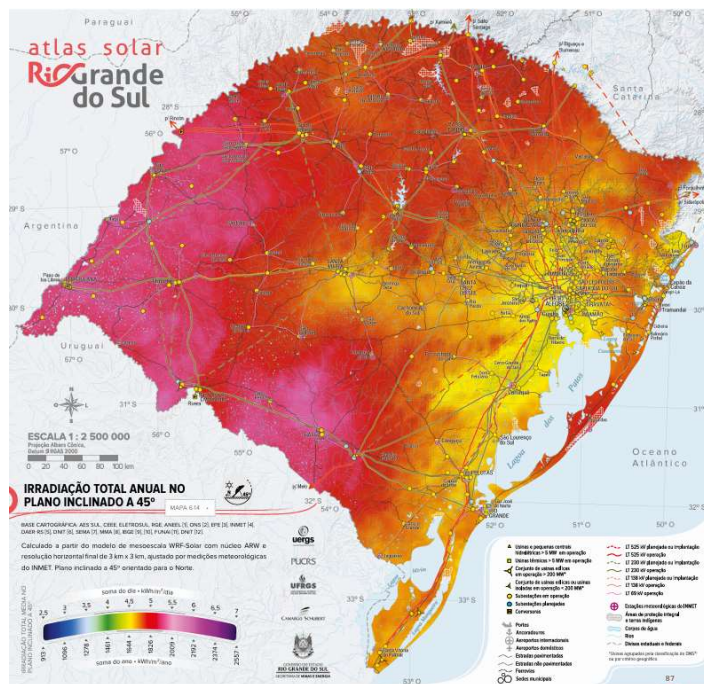
Figura 3 – Potencial Eólico das Mesorregiões Rio-Grandenses



Fonte: GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 2014.

Da mesma forma que a energia eólica foi estudada tem-se o estudo da energia solar fotovoltaica, o qual também apresenta um grande potencial de geração desta fonte na região.

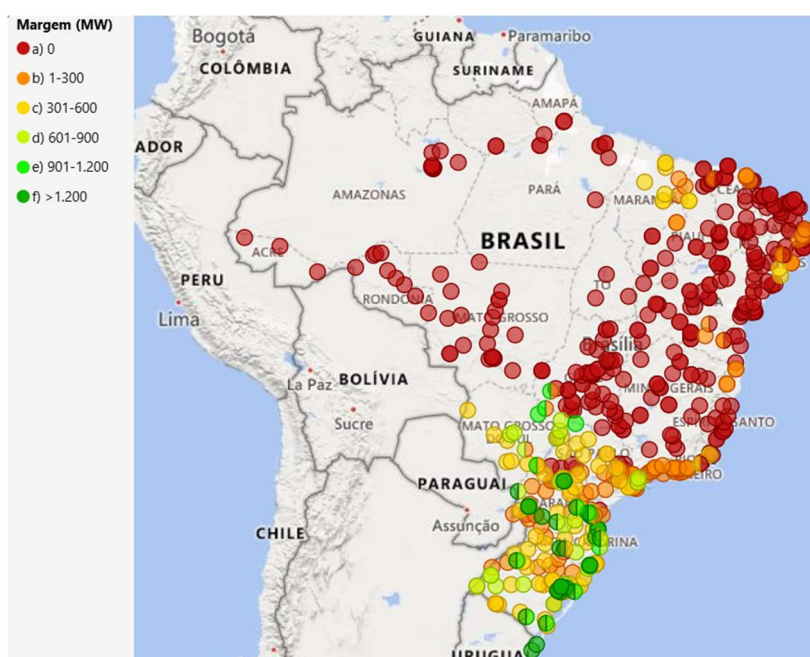
Figura 4 – Atlas Solar do Rio Grande do Sul



Fonte: GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 2018.

Não bastando todo o potencial de geração, a região Sul também possui ampla infraestrutura na rede básica, permitindo escoar para os grandes centros toda a energia renovável que pode ser gerada na região do Pampa. Se observarmos o gráfico de Capacidade Remanescente no SIN para Sistemas de Geração, desenvolvido pela ONS, conseguimos ter noção do quão aliviadas estão as subestações e linhas de transmissão no sul do país, diferentemente das outras regiões do Brasil.

Figura 5 – Gráfico de Capacidade Remanescente no SIN

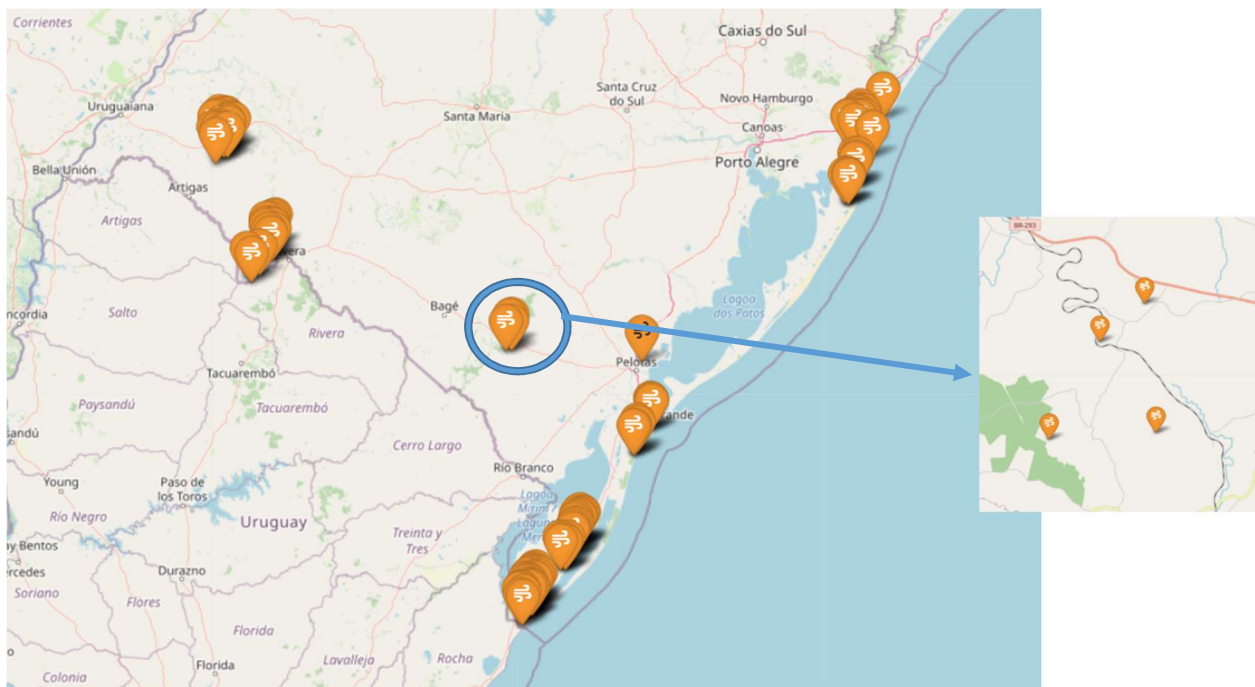


Fonte: ONS, 2024.

Além disso, segundo o projeto Balanço Energético da Metade Sul do RS (BEMSPampa), na região do Pampa existem diversos parques eólicos já com outorgas autorizadas que podem concorrer nos próximos leilões de energia. Este projeto, o BEMSPampa, realizou o levantamento do potencial energético da metade sul do estado e tem contribuído fortemente para o aumento da visibilidade da geração de energia renovável na região.

Destacando a área entre as cidades de Candiota e Pinheiro Machado, tem-se 117,6 MW de outorga autorizada em uma região onde já se tem 695 MW instalados em termelétricas.

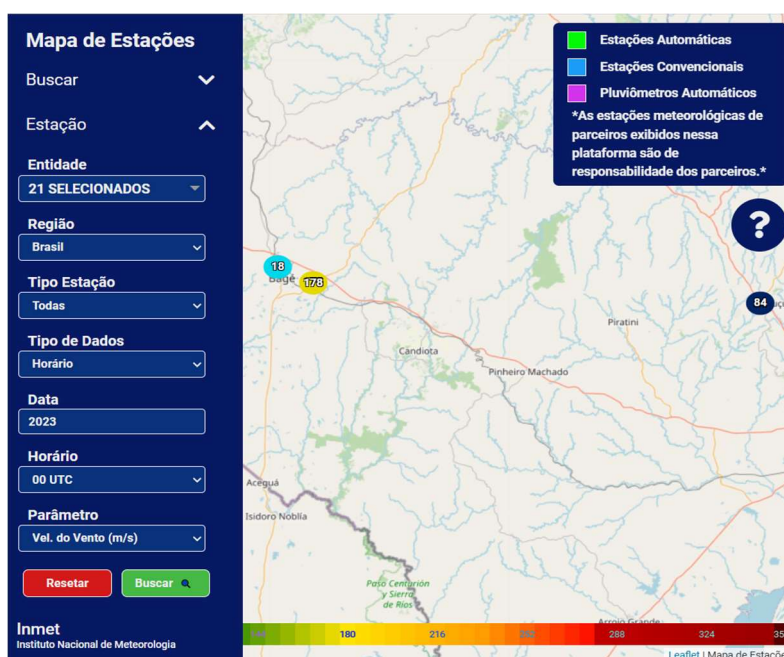
Figura 6 – Parques Eólicos Outorgados



Fonte: BEMSPampa, 2024.

Desta forma, o trabalho analisou os dados de 2023 de velocidade do vento a 100 m de altura e radiação solar para a estação meteorológica com dados disponíveis mais próxima das usinas com outorga: a estação A827, na cidade de Bagé.

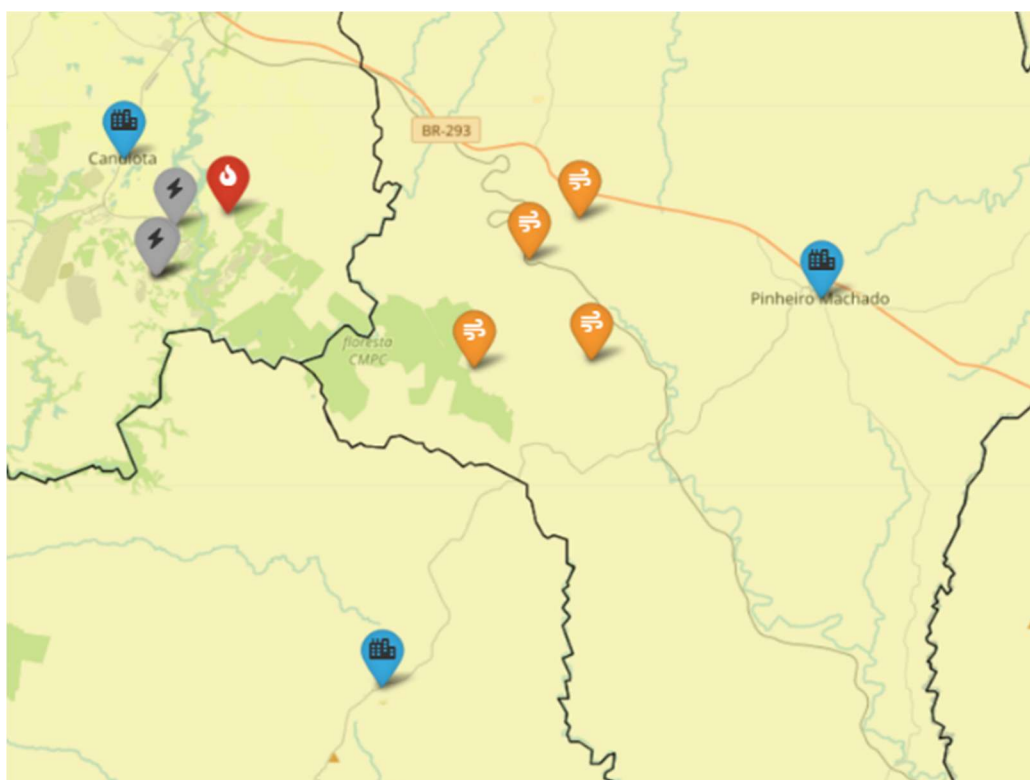
Figura 7 – Mapa de Estações Meteorológicas



Fonte: INMET, 2024.

Tendo como base estes quatro parques eólicos já outorgados na região do Pampa, este trabalho visa simular a capacidade de geração da região para um parque com a potência instalada de 117,6 MW. Para tal estudo, utilizou-se dados anemométricos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), para o ano de 2023, da estação meteorológica com dados disponíveis mais próxima do parque eólico, localizada na cidade de Bagé.

Figura 8 – Usinas entre as cidades de Candiota e Pinheiro Machado



Fonte: BEMSPampa, 2024.

A potência instalada de 117,6 MW foi assumida para ter-se um objeto de estudo. Porém, estas outorgas foram liberadas quando estava em vigor a Resolução Normativa (REN) nº 745, a qual limitava os parques eólicos a 30 MW para obtenção de benefício fiscal. Após a REN nº 1.031, que revogou a REN nº 745, pode-se pensar em parques eólicos com maiores potências instaladas.

Além do potencial eólico e fotovoltaico da região, os sistemas de armazenamento de energia em baterias (BESS) estão ganhando grande notoriedade a nível mundial, no Brasil já possuímos algumas plantas de BESS operando de forma individual ou conectadas a usinas eólicas e solares. Somando-se ao fato que os

sistemas de armazenamento já estão previstos para comporem o próximo Leilão de Reserva de Capacidade (LRCAP), observou-se relevante adicionar o armazenamento a esta análise.

## **1.2 Objetivos**

O objetivo geral é desenvolver um procedimento metodológico para analisar a complementaridade da geração de energia em determinada região.

Para atingir o objetivo geral foram traçados alguns objetivos específicos:

- Analisar a complementaridade da geração eólica com a geração solar fotovoltaica na mesma região;
- Propor um cenário considerando utilizar a mesma subestação e ponto de conexão aos Sistema Interligado Nacional (SIN).
- Explorar a adição de Sistemas de Armazenamento de Energia em Baterias (BESS) a este modelo de geração híbrida.
- Prospectar a geração híbrida no Setor Elétrico Brasileiro.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Diante das palavras chaves escolhidas para representar o tema deste trabalho, observou-se um grande volume de publicações, de tal modo a pesquisa bibliográfica foi direcionada às referências relacionados ao armazenamento de energia por ser o tópico que está em implantação no Brasil.

Nos últimos 20 anos, os sistemas de energia elétrica passaram por mudanças significativas, como a reestruturação do setor, o crescimento das fontes de energia distribuídas e renováveis (RESs), e o surgimento do conceito de redes inteligentes (smart grids) (SHEIBANI *et al.*, 2018). Essas transformações trouxeram novos desafios, como a necessidade de maior flexibilidade nos recursos energéticos. Uma das principais soluções para mitigar esses desafios é a utilização de sistemas de armazenamento de energia (ESSs). A principal questão é como determinar o tamanho, a localização e o tipo de ESS para maximizar os benefícios de sua implementação, um tema amplamente discutido na literatura (SHEIBANI *et al.*, 2018).

Os sistemas de armazenamento de energia, particularmente os sistemas de baterias (BESS), têm sido cada vez mais aplicados para suavizar flutuações na geração de energia renovável, como no caso dos parques eólicos. A capacidade de regular a carga e o estado de carga (SOC) das baterias, com base em previsões de geração eólica, é essencial para a suavização dessas flutuações, como demonstrado em estudos recentes (ZOU *et al.*, 2014). Essa otimização de SOC é crucial para garantir que as baterias tenham a capacidade necessária para absorver a energia excedente e disponibilizá-la de forma eficiente, quando necessário.

A aplicação combinada de ESS, resposta à demanda (DR) e sistemas de classificação térmica dinâmica (DTR) também tem mostrado resultados positivos na melhoria da confiabilidade e da segurança dos sistemas de transmissão de energia. O correto dimensionamento de sistemas de armazenamento de energia, com o apoio dessas tecnologias, tem o potencial de melhorar a segurança do fornecimento de energia e reduzir os investimentos necessários em novas infraestruturas, como redes de transmissão (METWALY *et al.*, 2020). Essas soluções podem ser aplicadas de forma complementar para otimizar a operação das redes elétricas em diferentes níveis.

Estudos também têm demonstrado que a combinação de BESS com fontes de energia renovável, como a energia eólica e solar, pode gerar receitas adicionais por meio da arbitragem de preços de eletricidade e fornecimento de serviços ancilares. A otimização das capacidades das baterias, considerando tanto a geração renovável quanto as necessidades de armazenamento, resulta em uma configuração de sistema eficiente e economicamente viável (FENG *et al.*, 2022). A utilização de algoritmos de otimização, como os baseados em algoritmos genéticos, é uma abordagem eficaz para determinar a capacidade ótima do BESS e maximizar os lucros do sistema (FENG *et al.*, 2022).

Outro aspecto importante da pesquisa é a aplicação de ESSs em redes de distribuição ativas (ADNs), onde a configuração do sistema de armazenamento é crucial para estabilizar as flutuações de potência e melhorar a operação geral da rede. A modelagem de ESSs em ADNs envolve a consideração de custos fixos, benefícios operacionais e benefícios ambientais ao longo do ciclo de vida das baterias (GONG *et al.*, 2020). A análise dinâmica das características da rede e do comportamento do ESS após a instalação de sistemas de armazenamento demonstra sua eficácia na estabilização e no aumento da eficiência do sistema.

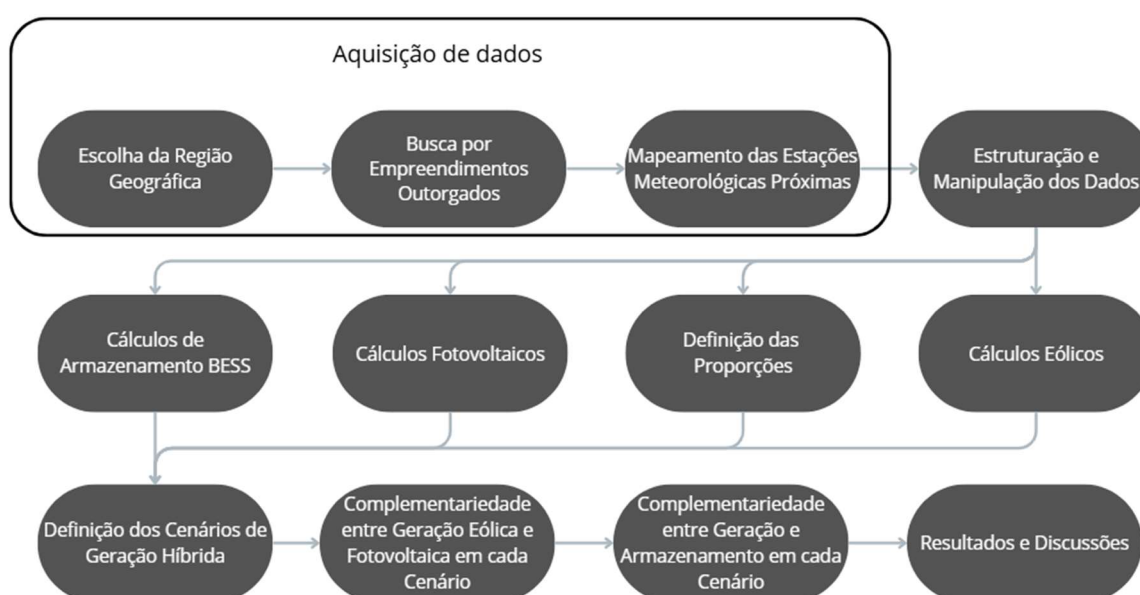
Por fim, um estudo realizado no Brasil, que analisa a integração de usinas híbridas de energia eólica e fotovoltaica com sistemas de armazenamento, sugere que, ao otimizar o dimensionamento e a operação dessas usinas, é possível aumentar a despachabilidade e a flexibilidade dessas fontes de energia renováveis. O estudo realizado em Brotas de Macaúbas (BA) mostrou que a combinação de 40% de energia eólica com 60% de energia solar resulta na configuração ideal para atender à demanda da região nordeste do Brasil. A utilização de sistemas de armazenamento de energia é essencial para o casamento temporal entre a geração dessas fontes e a demanda, contribuindo para a redução da utilização dos sistemas de transmissão e otimização da infraestrutura existente (CAMPOS, 2020).



### 3 METODOLOGIA

Para atender os objetivos estabelecidos para o propósito deste trabalho desenvolveu-se um fluxo do procedimento metodológico, abrangendo desde a escolha da região geográfica de interesse até a etapa de obtenção dos resultados e respectiva análise.

Figura 9 – Fluxograma do Procedimento Metodológico



Fonte: Autor, 2024.

Apresentado o fluxograma geral, a seguir são detalhadas as etapas com aplicações em dados para validação da metodologia, a qual foi implementada em ferramenta de cálculo através de planilha eletrônica, conforme imagem ilustrativa no Anexo 1.

#### 3.1 Aquisição de dados

Nesta etapa inicial considerou-se a escolha da região, a busca por empreendimentos outorgados e o mapeamento das estações meteorológicas próximas.

Para fins de aplicação conforme supracitado no capítulo 1 foram utilizados os dados da estação A827, na cidade de Bagé, por conta de sua proximidade geográfica, esta estação meteorológica registra desde 2007 todos os seguintes dados horários:

Tabela 1 – Dados meteorológicos da estação A827

Data	Hora UTC	PRECIPITAÇÃO TOTAL, HORÁRIO (mm)	PRESSAO ATMOSFERICA AO NIVEL DA ESTACAO, HORARIA (mB)	PRESSÃO ATMOSFERICA MAX.NA HORA ANT. (AUT) (mB)	PRESSÃO ATMOSFERICA MIN. NA HORA ANT. (AUT) (mB)	RADIACAO GLOBAL (Kj/m²)	TEMPERATURA DO AR - BULBO SECO, HORARIA (°C)	TEMPERATURA DO PONTO DE ORVALHO (°C)	TEMPERATURA MÁXIMA NA HORA ANT. (AUT) (°C)
01/01/2023	00:00	0	984,9	984,9	984,5		26,6	12,9	28,9
01/01/2023	01:00	0	985,3	985,3	984,9		28,6	12,7	28,7
01/01/2023	02:00	0	985,7	985,7	985,3		28	12,3	28,9
01/01/2023	03:00	0	985,8	985,9	985,7		26,5	13,2	28
01/01/2023	04:00	0	985,8	986	985,8		24,3	14,3	26,6
TEMPERATURA MÍNIMA NA HORA ANT. (AUT) (°C)	TEMPERATURA ORVALHO MAX. NA HORA ANT. (AUT) (°C)	TEMPERATURA ORVALHO MIN. NA HORA ANT. (AUT) (°C)	UMIDADE REL. MAX. NA HORA ANT. (AUT) (%)	UMIDADE REL. MIN. NA HORA ANT. (AUT) (%)	UMIDADE RELATIVA DO AR, HORARIA (%)	VENTO, DIREÇÃO HORARIA (gr) (°)	VENTO, RAJADA MÁXIMA (m/s)	VENTO, VELOCIDADE HORARIA (m/s)	
26,6	14,5	12,2	44	36	43	117	7,9	3	
26,4	13,8	12,6	46	37	38	78	7,5	4,2	
27,9	12,7	11,3	38	34	38	68	9,3	4,1	
26,2	13,8	12,4	44	38	44	60	10,2	4,3	
23,5	14,6	13,1	56	43	54	93	6,6	3,2	

Fonte: Autor, 2024.

Dentre todos os dados disponíveis, os dados avaliados como sendo de interesse ao estudo, destacados na tabela acima, foram os seguintes dados: Data, Hora, Radiação Global (Kj/m²) e Vento, Velocidade Horária (m/s).

### 3.2 Cálculo Eólico

Primeiramente extrapolou-se os dados de velocidade do vento, que em uma estação meteorológica são medidos a 10 metros de altura, para velocidades do vento a 100 metros de altura. Foi utilizada a seguinte equação:

$$U_2 = U_z * \frac{4,87}{Ln(67,8 * z - 5,42)}$$

Onde:

$U_2$  = Velocidade do vento a 2m de altura, m/s (altura padrão de medição em estações meteorológicas);

$U_z$  = Velocidade do vento a  $Z_m$  em relação à superfície do solo;

$z$  = Altura de medição da velocidade do vento em relação à superfície do solo.

Assim projetou-se a velocidade do vento de 10 m para 2 m e então, de 2 m para 100 m de altura para cada dado horário. Com os dados de velocidade do vento a 100m, calculou-se a energia gerada por hora para um parque eólico de 117,6 MW. Primeiramente, assumiu-se algumas características do aerogerador e do parque eólico:

- Potência: 7,35 MW
- Quantidade de turbinas:  $117,6 / 7,35 = 16$  turbinas
- Comprimento da pá: 86 m
- Diâmetro do rotor: 192 m
- Área de varredura do rotor:  $\pi * 86^2 = 23.235,22 \text{ m}^2$

Então, calculou-se a potência para cada hora do ano através da seguinte equação:

$$P = 0,5 * \rho * A * C_p * v^3 * \text{Quantidade de turbinas}$$

Onde:

$P$  = a energia gerada, em Wh.

$\rho$  = a densidade do ar, assumiu-se o valor nas condições normais de temperatura e pressão (cntp) para todos os cálculos:  $1,2754 \text{ kg/m}^3$ .

$A$  = a área varrida por turbina.

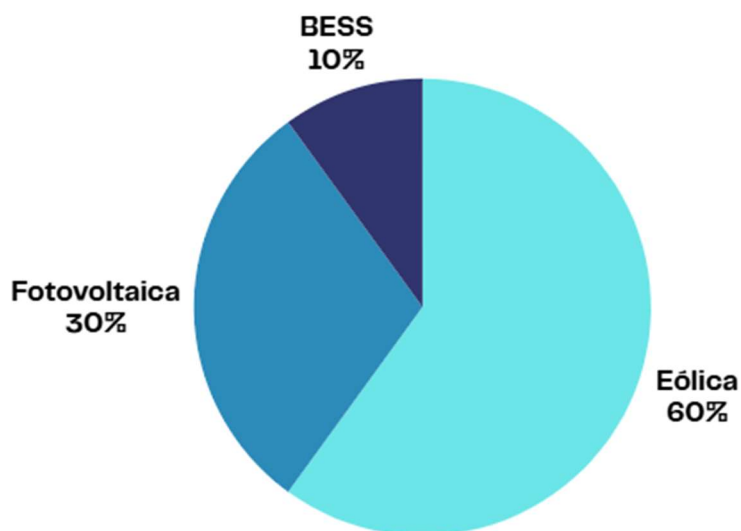
$C_p$  = o coeficiente de potência ou rendimento da turbina, que representa a potência extraída pelo aerogerador dividida pela potência disponível do vento, assumiu-se 0,40.

$v$  = a velocidade média do vento na hora.

### 3.3 Proporções Assumidas

Para os cálculos do complexo de geração, no caso da usina híbrida, definiu-se as proporções que seriam assumidas para cada tipo de energia. Com o objetivo de priorizar a energia eólica e considerar como complementar a fotovoltaica e o BESS para compensar a intermitência das fontes, além de otimizar as condições de conexão, assumiu-se um cenário com a seguinte proporção:

Figura 10 – Proporções de Cada Fonte



Fonte: Autor, 2024.

Então, em termos de potência instalada, o cenário escolhido representa:

- 117,6 MW de geração eólica;
- 58,8 MW de geração fotovoltaica;
- 19,6 MWh de armazenamento em BESS.

### 3.4 Cálculo Fotovoltaico

Considerando módulos fotovoltaicos de 555 W e 2,58 m<sup>2</sup> de área, escolhidos por serem os modelos amplamente utilizados atualmente, realizou-se o seguinte cálculo para encontrar a área necessária para o parque fotovoltaico:

$$\text{Área} = \text{Área unitária} * \text{Quantidade de módulos}$$

$$\text{Área} = 2,58 * 117,6 * 10^6 / 555 = 546.681,1 \text{ m}^2$$

Assim, a área fotovoltaica dos 211.891,9 módulos será de 546.681,1 m<sup>2</sup>.

Então, para calcular a potência gerada, utilizou-se a seguinte equação:

$$P (Wh) = P (Kj/m^2) * 0,278 * \text{Eficiência} * \text{Área (m}^2)$$

Onde:

P é a energia gerada, em Wh.

0,278 é a relação de transformação de Kj para Wh.

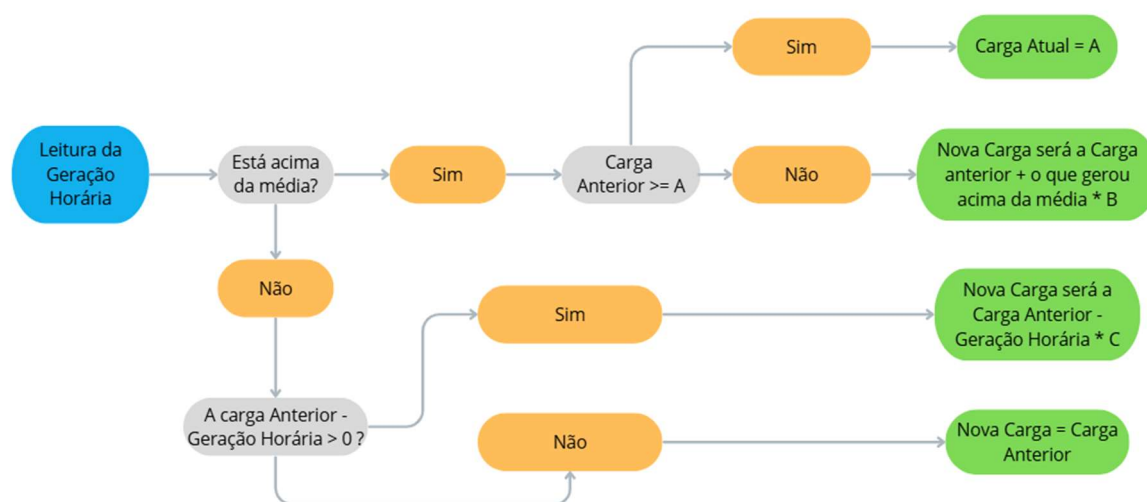
A eficiência assumiu-se 20%, que é o valor médio das melhores tecnologias atuais de conversão de energia solar em eletricidade.

A área, como calculada anteriormente, é de 546.681,1 m<sup>2</sup>.

### 3.5 Cálculo BESS

Para o cálculo da necessidade de armazenamento, a partir de conhecimentos prévios e referências citadas no Capítulo 2, realizou-se ajustes através do método do tipo P&O (perturba e observa). Então somou-se a geração eólica com a fotovoltaica. Com a curva de geração total, analisaram-se os picos, os vales e os pontos médios e então fez-se um breve sistema de controle de carga com "Se" e "Senão" da seguinte forma:

Figura 10 – Proporções de Cada Fonte



Fonte: Autor, 2024.

Onde:

- A é a capacidade definida para BESS 19,6 MWh.
- B é o coeficiente de carregamento, ajustado para limitar a potência máxima do sistema em 15 MW, definindo-se 0,1.
- C é o coeficiente de descarga, definido da mesma forma que o anterior, resultando em 3,94.

Com as definições dos parâmetros A, B e C, observou-se o seguinte comportamento nos dados:

Tabela 2 – Coeficientes BESS

<b>A (Capacidade BESS)</b>	<b>19,6 MWh</b>
<b>B (Coeficiente de Carregamento)</b>	<b>0,1</b>
<b>C (Coeficiente de Descarga)</b>	<b>3,94</b>
Carga Média	5,49 MWh
Maior Energia Drenada	14,04 MW
Maior Energia Injetada	14,36 MW

Fonte: Autor, 2024.

Tabela 3 – Comparativo: Sem BESS x Com BESS

	Sem BESS	Com BESS
<b>Maior Geração Horária</b>	154,94 MWh	140,90 MWh
<b>Geração Horária Média</b>	14,57376992 MWh	14,57375639 MWh
<b>Desvio Padrão</b>	17,47 MWh	16,26 MWh

Fonte: Autor, 2024.

### 3.6 Cenários relacionados a períodos

Trazendo o objetivo principal deste trabalho - mostrar como a energia eólica pode ser vantajosa na região do Pampa - buscaram-se três diferentes cenários nos dados disponíveis: o que mais corrobora com o objetivo; o que menos corrobora; e um cenário intermediário. Então, foram definidos da seguinte forma:

- Melhor dia: O dia com a maior geração eólica em 2023.
- Pior dia: O dia com a menor geração eólica em 2023.
- Dia mediano: O dia que está exatamente no meio da distribuição, quando ordenada em ordem crescente ou decrescente de geração.

Para definição de tais dias, integrou-se a geração total de cada dia do ano e buscou-se pelo maior valor, pelo menor valor e pelo valor mediano. Então, encontrou-se os seguintes dias:

*Melhor dia: 04/12/23 – 4300 MWh*

*Pior dia: 12/05/2023 – 245 MWh*

*Dia mediano: 10/08/23 – 527 MWh*

A geração média para um dia de 2023 foi de 799 MWh, observa-se que a média é consideravelmente maior que a mediana. Isto ocorre por conta da velocidade ser elevada ao cubo na equação da potência eólica.

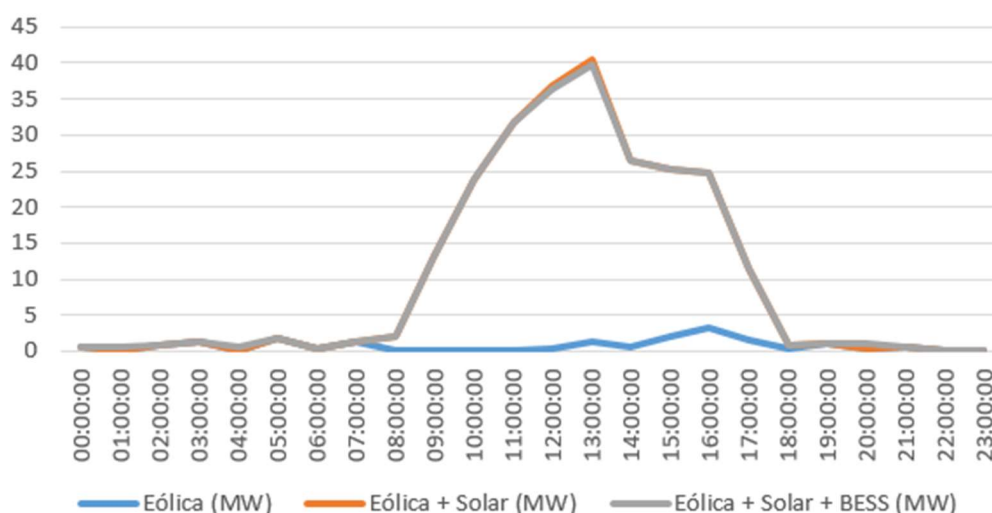
## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo retomando os procedimentos metodológicos apresentados no capítulo 3 são realizadas análises dos cenários propostos. A ferramenta usada é versátil quanto ao tipo de análise dos dados, neste capítulo optou-se por fazer uma comparação gráfica de forma cumulativa, ou seja, considerando a energia eólica como base comparou-se o volume dessa fonte com somatório da fonte complementar, no caso, solar fotovoltaica e o armazenamento de energia.

Como resultado do tratamento e manipulação dos dados oriundos da estação meteorológica Bagé A827, obteve-se os gráficos de geração diária de uma usina hipotética na cidade de Candiota, com 117,6 MW de potência instalada em aerogeradores, explorando a possibilidade de adicionar 58,8 MW em módulos fotovoltaicos, e ainda, a complementariedade entre as fontes com sistema de armazenamento em baterias. Agregando complementariedade e firmeza na energia gerada pela usina híbrida. Estes gráficos foram gerados para cada um dos três cenários.

### 4.1 Dia com menor geração eólica

Figura 12 – Gráfico de Geração: Menor Geração



Fonte: Autor, 2024.

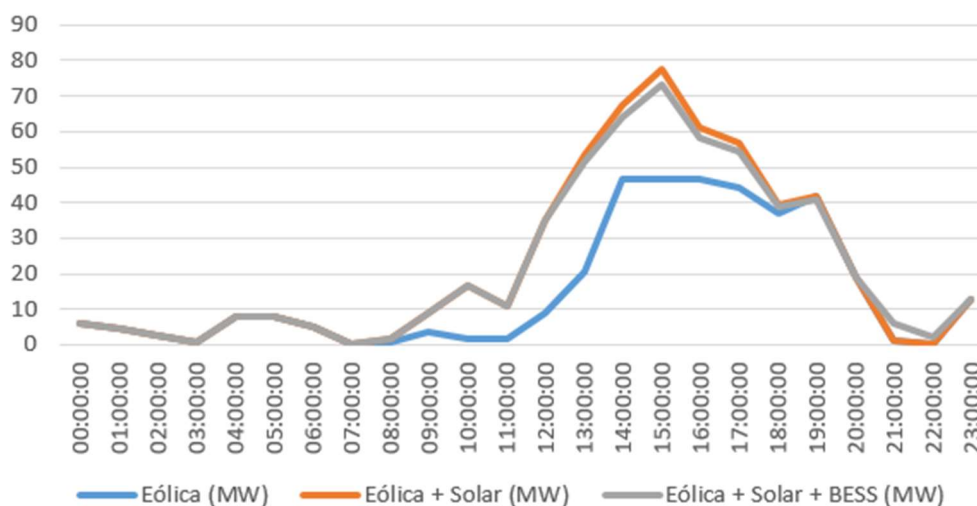
Neste dia, a geração eólica foi muito baixa em relação ao potencial instalado, variando de 0,002 MW até 3,150 MW por hora. Sendo assim, não é conclusivo analisar



a complementaridade eólico-fotovoltaica, visto que praticamente não há geração eólica. Após a adição do BESS, observou-se uma leve atenuação dos picos e vales.

## 4.2 Dia com geração eólica mediana

Figura 13 – Gráfico de Geração: Geração Mediana

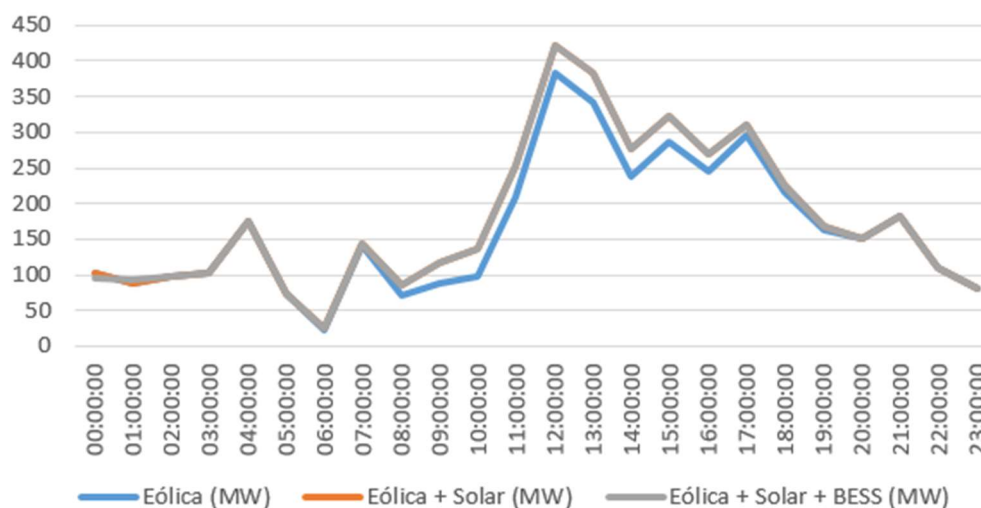


Fonte: Autor, 2024.

No dia mediano, percebeu-se que a geração eólica foi predominantemente durante a tarde e o início da noite, para esse conjunto de dados em análise. Neste dia, observamos a instabilidade da energia fotovoltaica, a qual, visto sua imprevisibilidade, pode cessar a geração ou reduzir instantaneamente por diferentes fatores, sejam eles nuvens, pássaros, sujeira, chuva, entre outros. Neste ponto, agregando com a energia eólica, percebemos que as variações são consideravelmente atenuadas, visto que o aerogerador é uma máquina girante com alta inércia. Esta análise apresenta outro ângulo da complementaridade eólico-fotovoltaica que pode ser explorado. Quanto ao BESS, observou-se que, ao ser adicionado, reduziu os picos e retardou a descarga.

### 4.3 Dia com maior geração eólica

Figura 14 – Gráfico de Geração: Maior Geração



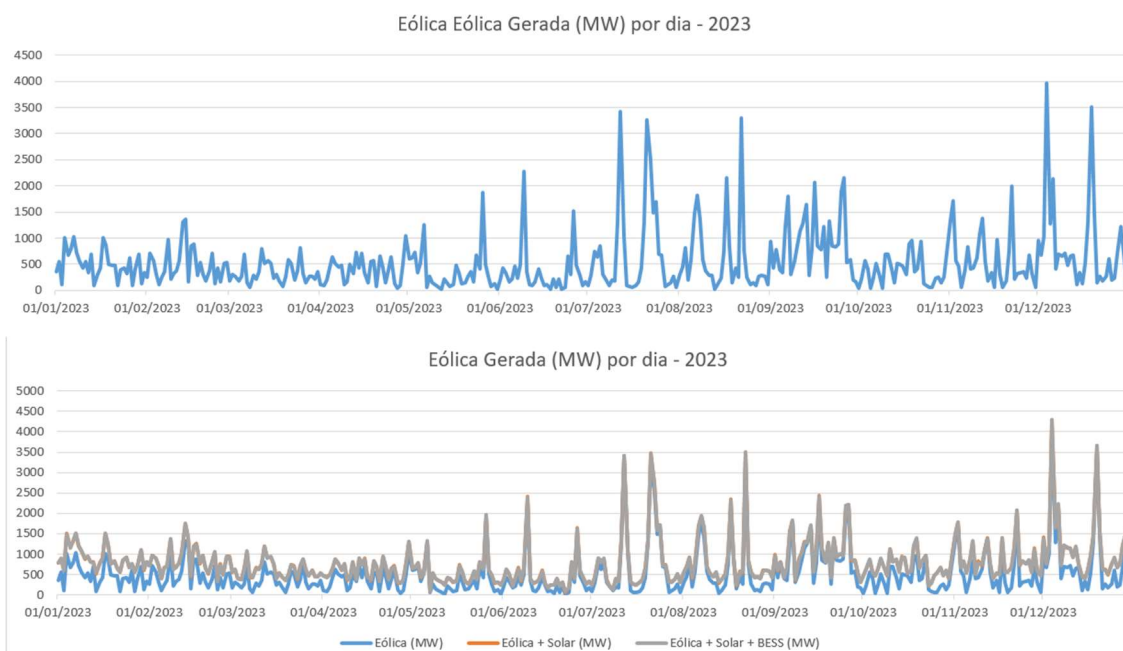
Fonte: Autor, 2024.

Observando a geração eólica, percebe-se que esta foi predominantemente durante o dia, com pouca geração durante a noite. No que se refere à complementariedade eólico-fotovoltaica, pode-se observar que, neste dia, ambas as fontes geraram energia nos mesmos períodos, não contribuindo para tal propriedade. Ao adicionar o armazenamento, observou-se que o sistema se manteve totalmente carregado durante praticamente todo o dia, sem interferir nos picos e vales de geração.

### 4.4 Análises de geração, complementaridade e atuação do armazenamento em períodos mensais e anual

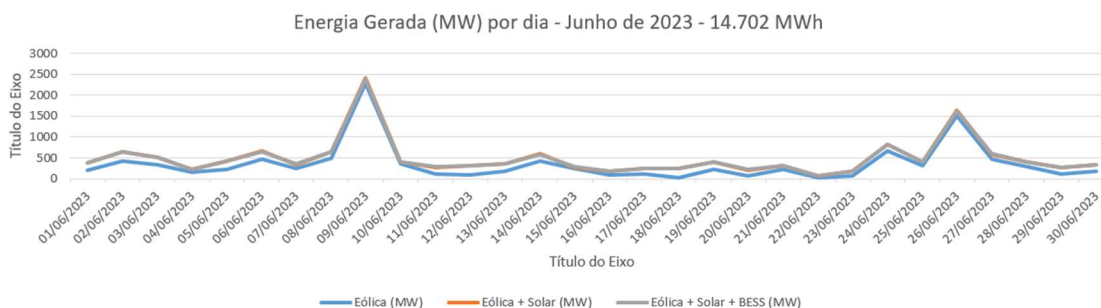
A geração eólica, que, quando observada no período de um dia, mostra-se mais linear, agora mostra-se bem oscilante ao decorrer dos dias do mês.

Figura 15 – Gráficos de Geração Anual



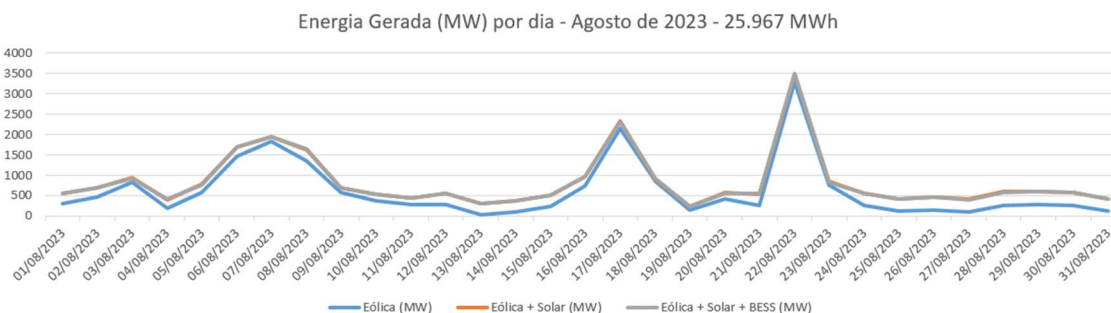
Fonte: Autor, 2024.

Figura 16 – Gráfico de Geração Mensal: Junho



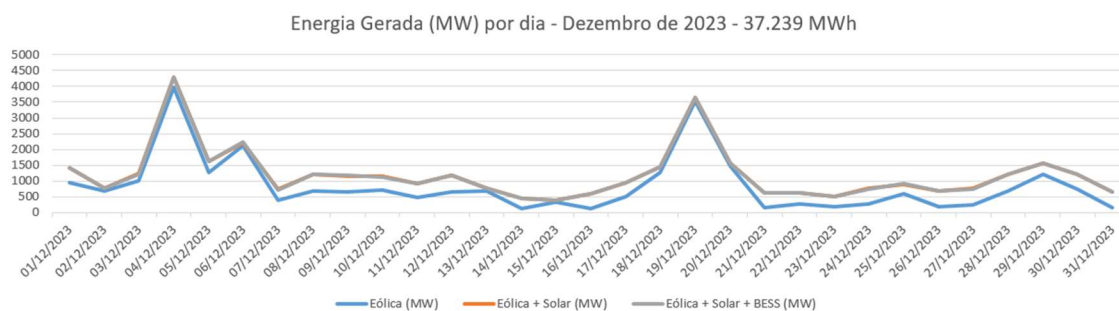
Fonte: Autor, 2024.

Figura 17 – Gráfico de Geração Mensal: Agosto



Fonte: Autor, 2024.

Figura 18 – Gráfico de Geração Mensal: Dezembro



Fonte: Autor, 2024.

Nestes cenários, observando o mês inteiro, percebemos a geração fotovoltaica de forma bem constante, reduzindo sua geração apenas em períodos chuvosos. Já a atuação do BESS, quando se observa em um período de tempo mais longo, torna-se pouco aparente, dada a capacidade de armazenamento estipulada para o armazenamento ser consideravelmente menor que a potência de geração. A linearização é mais aparente ao atenuar os picos e vales diários.

O desempenho do parque eólico foi analisado com base nos dados de velocidade do vento para o ano de 2023, onde observou-se que a geração de energia eólica se mostrou presente durante todos os dias do ano.

A análise da geração fotovoltaica, por sua vez, revelou que a produção de energia foi também presente todos os dias do ano e mais constante que a anterior, com uma ligeira variação dependendo das condições climáticas e da posição do sol.

Em relação ao armazenamento de energia, o BESS mostrou-se eficiente para suavizar as flutuações da geração eólica e fotovoltaica. Durante os períodos de alta geração, a energia excedente foi armazenada, enquanto nos períodos de baixa geração, a energia armazenada foi utilizada para garantir a continuidade do fornecimento. O sistema de BESS foi responsável por reduzir os picos de energia gerada, principalmente em dias com pouca geração eólica, mostrando-se um componente importante para a viabilidade e estabilidade do sistema.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A comparação dos três cenários - o melhor dia, o pior dia e o dia mediano - revelou a flexibilidade do sistema híbrido de geração e armazenamento.

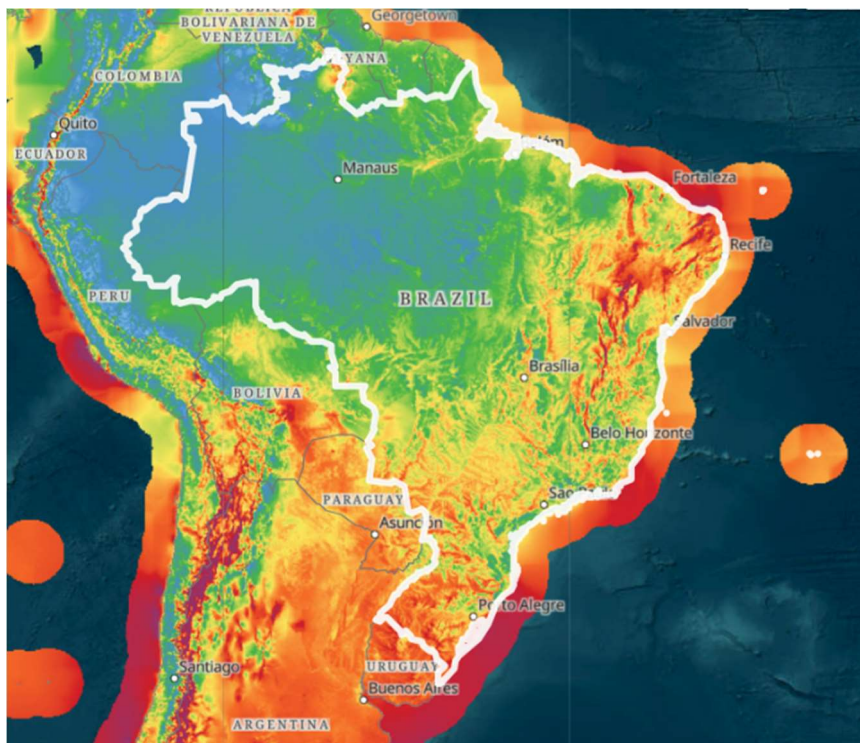
A capacidade do sistema de integrar eólica, fotovoltaica e BESS mostrou-se eficiente para atender à demanda de energia, minimizando os períodos de escassez e otimizando o uso dos recursos disponíveis. A estratégia de dimensionar o BESS em 10% da capacidade eólica e fotovoltaica mostrou-se que pode ser adequada ao garantir um nível de armazenamento suficiente para manter a estabilidade e a continuidade do fornecimento de energia.

Os resultados também indicam que a utilização de um sistema híbrido de energia renovável, composto por eólica, solar e armazenamento em BESS, é uma solução viável e eficiente para a região do Pampa. A combinação dessas fontes de energia permite maximizar a geração durante os períodos de maior vento e sol, ao mesmo tempo que garante a continuidade do fornecimento nos períodos de baixa geração, utilizando o sistema de armazenamento de forma estratégica.

Este trabalho explora apenas uma parte do potencial energético da região do Pampa Gaúcho, baseando-se nos dados de velocidade do vento e irradiação solar para a cidade de Bagé. Se analisássemos o potencial da região inteira, observaríamos quanta energia renovável poderia estar sendo gerada na região.

De acordo com o Global Wind Atlas, um dos principais referenciais para avaliação do potencial eólico global, após o Nordeste, a Região Sul destaca-se como a segunda com maior potencial no país. No estado do Rio Grande do Sul, as áreas que compõem os 10% mais ventosos, concentradas principalmente na metade sul do estado, apresentam um potencial médio de 682 W/m<sup>2</sup> a 150 metros de altura. Este dado reforça a viabilidade da exploração de energia eólica na região.

Figura 19 – Velocidade do Vento a 150m



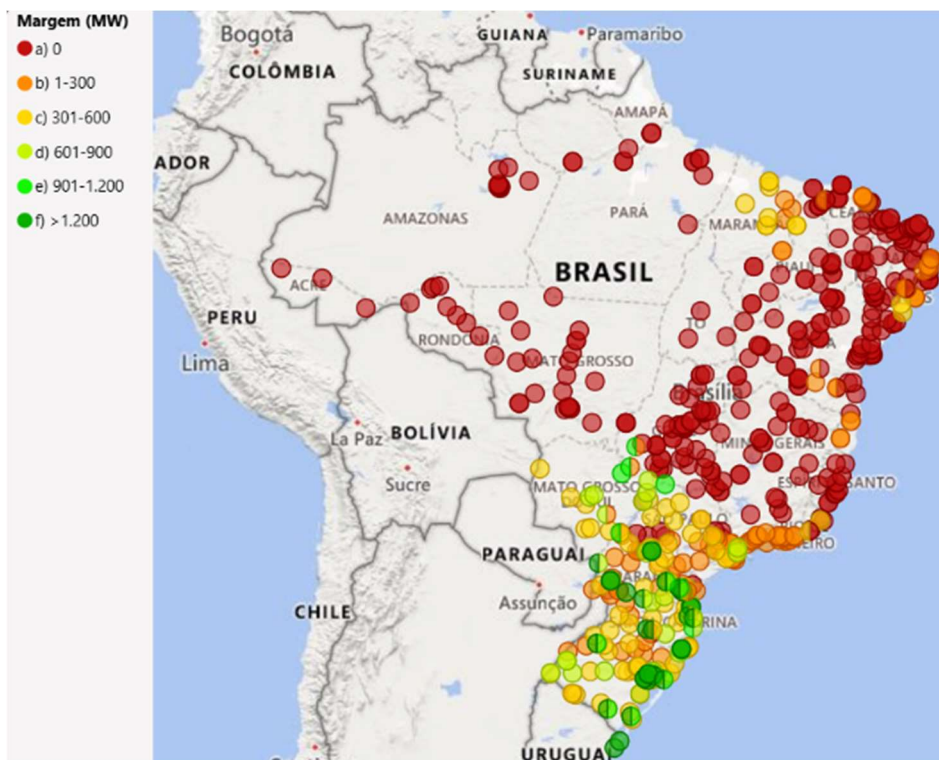
Fonte: Global Wind Atlas, 2024.

Ainda comparando as duas regiões, no Nordeste, apesar de possuir um potencial eólico maior, este já está em sua maioria explorado. Diferentemente, na região sul ainda existem diversas regiões com altos índices de velocidade do vento que não possuem parques eólicos instalados. Além disso, por conta da temperatura média do ar ser mais baixa, na Região Sul, para a mesma velocidade de vento, pode-se gerar mais energia, em comparação com lugares mais quentes, visto que a densidade do ar está presente na equação da geração eólica:

$$P = 0,5 * \rho * A * Cp * v^3.$$

Para concluir a comparação com outras regiões, pode-se observar novamente o Gráfico de Capacidade Remanescente do SIN e perceber que, além do potencial eólico, a região do Pampa tem potencial de escoar essa energia para o resto do país, visto que sua estrutura de transmissão ainda está bem aliviada.

Figura 20 – Gráfico de Capacidade Remanescente no SIN



Fonte: ONS, 2024.

Existe também a possibilidade de, através da complementaridade com fotovoltaica e BESS, estes sistemas contribuírem com serviços ancilares, ao serem operados pela ONS, ajudando assim a mitigar os primeiros problemas causados por crises energéticas, como vimos nas enchentes deste ano no Rio Grande do Sul, após a quebra de barragens e alagamentos de subestações. Se tivéssemos mais sistemas com armazenamento, poderia-se utilizar as baterias durante algumas horas após a crise para direcionar ações estratégicas de contenção dos impactos deste tipo de catástrofe.

Com o objetivo de tornar a matriz energética mais limpa, a partir da utilização de baterias, consegue-se tirar mais proveito da energia eólica e fotovoltaica, garantindo que estas gerações não sejam ceifadas nos picos de geração e, inclusive, possibilitando a redução da demanda contratada, diminuindo custos de TUSDg e garantindo uma operação mais suave, estressando menos os sistemas elétricos de transmissão.

Com base nas simulações realizadas, conclui-se que a complementaridade entre as fontes eólica e solar na região do Pampa Gaúcho é significativa, proporcionando uma geração híbrida mais estável e previsível. A inclusão de sistemas de armazenamento aumenta ainda mais a confiabilidade deste modelo, tornando-o atrativo para investidores e para o sistema elétrico interligado nacional (SIN) como um todo.

Acredita-se que a adoção de modelos híbridos de geração, combinados com sistemas de armazenamento, será essencial para o futuro da matriz elétrica brasileira, especialmente diante das mudanças regulatórias e dos desafios de descarbonização do setor energético.



## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Resolução Normativa nº 745, de 28 de outubro de 2016. Aprova as regras para a contratação de capacidade de geração elétrica no âmbito do sistema elétrico brasileiro. Brasília, 2016. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/>. Acesso em: 8 dez. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Resolução Normativa nº 1.031, de 19 de novembro de 2020. Estabelece as diretrizes para a implementação de medidas emergenciais para a realização de leilões de contratação de energia elétrica, em caráter excepcional, no âmbito do sistema elétrico brasileiro. Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/>. Acesso em: 8 dez. 2024.

BEMSPampa. WebMapa BEMSPampa. Balanço Energético da Metade Sul - Bioma Pampa. Disponível em: <https://bemspampa.github.io/bemspampa/webmapa>. Acesso em: 8 dez. 2024.

CAMPOS, Rafael Antunes. Análise da complementaridade de geração de usinas solar e eólica e o papel do armazenamento de energia para usinas híbridas. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) — Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). Webmap EPE: Sistema de Informações Geográficas do Setor Energético Brasileiro. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/webmap-epe>. Acesso em: 8 dez. 2024.

FENG, Lu et al. Optimization analysis of energy storage application based on electricity price arbitrage and ancillary services. *Journal of Energy Storage*, [S. l.], v. 55, 105508, 2022. DOI: 10.1016/j.est.2022.105508.

GLOBAL WIND ATLAS. Global Wind Atlas. Disponível em: <https://globalwindatlas.info/>. Acesso em: 8 dez. 2024.

GONG, Qingwu; WANG, Yubo; FANG, Jintao; QIAO, Hui; LIU, Dong. Optimal configuration of the energy storage system in ADN considering energy storage

operation strategy and dynamic characteristic. IET Generation, Transmission & Distribution, [s.l.], ISSN 1751-8687, 10 fev. 2020. DOI: 10.1049/iet-gtd.2019.1274.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. Atlas Eólico do Rio Grande do Sul. 2014. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/atlas-de-energias-renovaveis>. Acesso em: 8 dez. 2024.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. Atlas Solar do Rio Grande do Sul. 2018. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/atlas-de-energias-renovaveis>. Acesso em: 8 dez. 2024.

INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE (IEMA). Inventário de emissões atmosféricas em usinas termelétricas. São Paulo: IEMA, 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Banco de Dados Meteorológicos do INMET. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso em: 8 dez. 2024.

METWALY, Mohamed Kamel; TEH, Jiashen. Probabilistic Peak Demand Matching by Battery Energy Storage Alongside Dynamic Thermal Ratings and Demand Response for Enhanced Network Reliability. IEEE Access, [S. l.], v. 8, p. 175-185, 2020. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3024846.

OLIVEIRA, Aureo S. Fundamentos de Meteorologia e Climatologia. Cruz das Almas: NEAS/UFRB, 2006.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO (ONS). Mapa de Margem. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiNjkxMWQxMmYtNDlhZS00MzNmLTgzODctMjBhZGM2YTRjODNliiwidCI6IjNhZGVlNWZjLTkzM2UtNDkxMS1hZTFiLTljMmZIN2I4NDQ0OCIsImMiOjR9>. Acesso em: 8 dez. 2024.

SHEIBANI, Mohammad Reza; YOUSEFI, Gholam Reza; LATIFY, Mohammad Amin; DOLATABADI, Sarineh Hacopian. Energy storage system expansion planning in power systems: a review. IET Renewable Power Generation, [S. l.], v. 12, n. 8, p. 885-898, jul. 2018. DOI: 10.1049/iet-rpg.2018.0089.

ZOU, Jianxiao; PENG, Chao; SHI, Jie; XIN, Xiaoshuai; ZHANG, Zhenzhen. State-of-charge optimising control approach of battery energy storage system for wind farm. IET Renewable Power Generation, [S. l.], v. 9, n. 5, p. 421-428, 2015. DOI: 10.1049/iet-rpg.2014.0202.

# APÊNDICES

## APÊNDICE 1 - Planilhas de Cálculos

Calculadora baterias 2.xlsx - Excel

Arquivo Página Inicial Inserir Layout da Página Fórmulas Dados Revisão Exibir

Calibri 11 A A

Fonte Alinhamento Número

Formato Formatar como Estilos de Tabela Inserir Excluir Formatar

AutoSoma Preencher Limpar Classificar Localizar e Filtrar e Selecionar Edição

C6 =PROCV(C5;A:B;2;0)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	Energ. Eol. Dia. (MW)	Data	Hora UTC	RADIAÇÃO GLOBAL (Kj/m²)	VENTO, VELOCIDADE HORARIA 2m	VENTO, VELOCIDADE HORARIA 100	Energia FV (MW)	Eólica (MW)	Eólica + Solar (MW Coefici		
1		01/01/2023	00:00:00			3	5,433839416	0	7,98772066		
2	Mediana ger. dia (MWh)	01/01/2023	01:00:00			4,2	7,607375182	0	21,91830549		
3	Dia mediano	01/01/2023	02:00:00			4,1	7,426247201	0	20,38969243		
4	Melhor ger. dia (MWh)	01/01/2023	03:00:00			4,3	7,788503162	0	23,52147061		
5	Melhor dia	01/01/2023	04:00:00			3,2	5,796095377	0	9,694134466		
6	Pior ger. Dia (MWh)	01/01/2023	05:00:00			1,9	3,44143163	0	2,029176889		
7	Pior dia	01/01/2023	06:00:00	41,1		2,5	4,528199513	0,62462687	4,62252353		
8	Média	01/01/2023	07:00:00		518	1,3	2,354663747	7,87242624	0,649963789		
9		01/01/2023	08:00:00		1370,2	3,8	6,88286326	20,8239352	16,23341511		
10		01/01/2023	09:00:00		2216,9	2,6	4,709327493	33,69185662	5,199710308		
11		01/01/2023	10:00:00		2954,4	4,9	8,875271045	44,90018549	34,80545733		
12		01/01/2023	11:00:00		3505,8	4,2	7,607375182	53,28021605	21,91830549		
13		01/01/2023	12:00:00		3579,8	5,1	9,237527006	54,40484837	39,2436716		
14		01/01/2023	13:00:00		3119,1	4,3	7,788503162	47,40325229	23,52147061		
15		01/01/2023	14:00:00		3021,9	4,3	7,788503162	45,92603254	23,52147061		
16		01/01/2023	15:00:00		2456,4	4,9	8,875271045	37,33171393	34,80545733		
17		01/01/2023	16:00:00		2213,8	2	3,62255961	33,64474365	2,366732047		
18		01/01/2023	17:00:00		2258,5	2,8	5,071583454	34,32408236	6,494312738		
19		01/01/2023	18:00:00		1158,2	3,9	7,063991224	17,60201558	17,54902229		
20		01/01/2023	19:00:00		500,3	4,1	7,426247201	7,603426347	20,38969243		
21		01/01/2023	20:00:00		51,1	2,4	4,347071532	0,77660421	4,089712978		
22		01/01/2023	21:00:00		0,5	2	3,62255961	0,007598867	2,366732047		
23		01/01/2023	22:00:00			1,9	3,44143163	0	2,029176889		
24		01/01/2023	23:00:00			2,5	4,528199513	0	4,62252353		
25	782,78	02/01/2023	00:00:00			2,6	4,709327493	0	5,199710308		
26		02/01/2023	01:00:00			8,6	15,57700632	0	188,1717649		
27		02/01/2023	02:00:00			6,1	11,04880681	0	67,15040086		
28		02/01/2023	03:00:00			1,5	2,716919708	0	0,998465083		
29											

Definição dos dias Melhor dia 4.12 Pior dia 12.5 Dia mediano 10.8 Cálculo Pot Eól Geração Mensal Energia por dia 3 Energia por dia 2 Energia por dia Dad ...

Calculadora baterias 2.xlsx - Excel

Arquivo Página Inicial Inserir Layout da Página Fórmulas Dados Revisão Exibir

Calibri 11 A A

Fonte Alinhamento Número

Formato Formatar como Estilos de Tabela Inserir Excluir Formatar

AutoSoma Preencher Limpar Classificar Localizar e Filtrar e Selecionar Edição

W24

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
	Energ. Eol. Data	Hora UTC	RADIAÇÃO VENTO, VELOCIDADE HORARIA	Energia FV (MW)	Eólica (MW)	Eólica + Sc	Coeficiente de Li	Carga Bateria	Energia drenac	Ener Injet	Bat MW	Eólica + Solar + BESS (MW)	Maior						
1		04/12/2023	00:00:00	0,3	7	12,67896	0,00455932	101,4736	101,4782	-2,04686348	28,14929646	6,817221837	0	94,66097					
2		04/12/2023	01:00:00	0,2	6,7	12,13557	0,003039547	88,97818	88,98122	-1,671629092	25	0	3,149296459	92,13051					
3		04/12/2023	02:00:00	1,1	6,9	12,49783	0,016717507	97,1866	97,20331	-1,91849458	25	0	0	97,20331					
4		04/12/2023	03:00:00	7	12,67896		0	101,4736	101,4736	-2,046709456	25	0	0	101,4736					
5		04/12/2023	04:00:00	8,4	15,21475		0	175,3464	175,3464	-4,264713939	25	0	0	175,3464					
6		04/12/2023	05:00:00	6,3	11,41106		0	73,97428	73,97428	-1,221051193	25	0	0	73,97428					
7		04/12/2023	06:00:00	47,6	4,3	7,788503	0,723412141	23,52147	24,24488	0,272056112	25	0	0	24,24488					
8		04/12/2023	07:00:00	289,2	7,8	14,12798	4,395184688	140,3922	144,7874	-3,347188521	25	0	0	144,7874					
9		04/12/2023	08:00:00	917,7	6,2	11,22993	13,94696068	70,50731	84,45427	-1,535709243	25	0	0	84,45427					
10		04/12/2023	09:00:00	1895	6,7	12,13557	28,79970603	88,97818	117,7779	-2,536238651	25	0	0	117,7779					
11		04/12/2023	10:00:00	2567	6,9	12,49783	39,01258332	97,1866	136,1992	-3,089331432	25	0	0	136,1992					
12		04/12/2023	11:00:00	2941,5	8,9	16,12039	44,70413472	208,5591	253,2632	-6,604137288	25	0	0	253,2632					
13		04/12/2023	12:00:00	2581,2	10,9	19,74295	39,22893114	383,1233	422,3517	-11,68095857	25	0	0	422,3517					
14		04/12/2023	13:00:00	2705,8	10,5	19,01844	41,1220288	342,4735	383,5956	-10,51731854	25	0	0	383,5956					
15		04/12/2023	14:00:00	2556,3	9,3	16,8449	38,84996756	237,9622	276,8122	-7,311185398	25	0	0	276,8122					
16		04/12/2023	15:00:00	2338,1	9,9	17,93167	35,5382199	287,0547	322,5885	-8,685604919	25	0	0	322,5885					
17		04/12/2023	16:00:00	1560,4	9,4	17,02603	23,71454422	245,7212	269,4358	-7,089711995	25	0	0	269,4358					
18		04/12/2023	17:00:00	977,8	10	18,11128	14,86034436	295,8415	310,7019	-8,328711353	25	0	0	310,7019					
19		04/12/2023	18:00:00	677	9	16,30152	10,28886595	215,6685	225,9573	-5,784287411	25	0	0	225,9573					
20		04/12/2023	19:00:00	316,6	8,2	14,85249	4,811602602	163,1175	167,9291	-4,042012117	25	0	0	167,9291					
21		04/12/2023	20:00:00	24,6	8	14,9024	0,373864258	151,4709	151,8447	-3,559082986	25	0	0	151,8447					
22		04/12/2023	21:00:00		8,5	15,39588	0	181,6837	181,6837	-4,454986719	25	0	0	181,6837					
23		04/12/2023	22:00:00		7,2	13,04121	0	110,4223	110,4223	-2,31538837	25	0	0	110,4223					
24		04/12/2023	23:00:00		6,5	11,77332	0	81,24547	81,24547	-1,439936135	25	0	0	81,24547					
25	4300,08	04/12/2023																	
26																			
27																			
28																			
29																			

Definição dos dias Melhor dia 4.12 Pior dia 12.5 Dia mediano 10.8 Cálculo Pot Eól Geração Mensal Energia por dia 3 Energia por dia 2 Energia por dia Dad ...

