

Potencial Eólico Onshore do Estado da Paraíba



**Paulo Roberto Megna Francisco
José Hugo Simplicio de Sousa
George do Nascimento Ribeiro
José Nilton Silva
Raimundo Calixto Martins Rodrigues**



Potencial Eólico
Onshore do
Estado da Paraíba



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P8476 Potencial Eólico Onshore do Estado da Paraíba/Francisco et al.
— Campina Grande: EPTEC, 2024.
51 f.: il. color.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia

ISBN: 978-65-00-97303-7

1. Dados eólicos. 2. Densidade. 3. Velocidade dos ventos. 4. Potencial energético. 5. Geoespacialização. I. Francisco, Paulo Roberto Megna. II. Sousa, José Hugo Simplicio de. III. Ribeiro, George do Nascimento. IV. Silva, José Nilton. V. Rodrigues, Raimundo Calixto Martins. V. Título.

CDU 62

Os capítulos ou materiais publicados são de inteira responsabilidade de seus autores.
As opiniões neles emitidas não exprimem, necessariamente, o ponto de vista do Editor responsável.
Sua reprodução parcial está autorizada desde que cite a fonte.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob a Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-Não Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

2024 by Eptec
Copyright © Eptec
Copyright do texto © 2024 Os autores
Copyright da edição © 2024 Eptec
Direitos para esta edição cedidos à Eptec pelos autores.
Open access publication by Eptec

Créditos das Imagens da capa e dos capítulos

Pixabay/Freepick

Editoração, Revisão e Arte da Capa

Paulo Roberto Megna Francisco

Conselho Editorial

Claudiomir Silva Santos (IFSULMINAS)

Djail Santos (CCA-UFPB)

Dermeval Araújo Furtado (CTRN-UFCG)

Flávio Pereira de Oliveira (CCA-UFPB)

George do Nascimento Ribeiro (CDSA-UFCG)

Gypson Dutra Junqueira Ayres (CTRN-UFCG)

João Miguel de Moraes Neto (CTRN-UFCG)

José Nilton Silva (CTRN-UFCG)

José Wallace Barbosa do Nascimento (CTRN-UFCG)

Lúcia Helena Garófalo Chaves (CTRN-UFCG)

Luciano Marcelo Fallé Saboya (CTRN-UFCG)

Newton Carlos Santos (UFRN)

Paulo da Costa Medeiros (CDSA-UFCG)

Paulo Roberto Megna Francisco (CTRN-UFCG)

Raimundo Calixto Martins Rodrigues (DEAG-UEMA)

Soahd Arruda Rached Farias (CTRN-UFCG)

Virgínia Mirtes de Alcântara Silva (CTRN-UFCG)

Viviane Farias Silva (CSTR-UFCG)

Paulo Roberto Megna Francisco
José Hugo Simplicio de Sousa
George do Nascimento Ribeiro
José Nilton Silva
Raimundo Calixto Martins Rodrigues

Potencial Eólico Onshore do Estado da Paraíba



1.a Edição
Campina Grande-PB
2024

REALIZAÇÃO



APOIO



Universidade Federal
de Campina Grande



Uema
UNIVERSIDADE ESTADUAL
DO MARANHÃO



SUMÁRIO

Introdução	6
Global Wind Atlas®	8
Pesquisas Elaboradas	11
Geoestatística	12
Objetivos da Pesquisa.....	14
Caracterização da área de estudo.....	15
Material e Métodos.....	22
Tratamento Estatístico	23
Resultados e Discussão	24
Densidade Média de Potência	24
Velocidade Média do Vento.....	27
Estatística Descritiva e Zonal	30
Conclusão	38
Referências Bibliográficas.....	39
Anexos	47
Curriculum dos Autores.....	50



INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e o aumento no nível tecnológico nos últimos anos vêm gerando a necessidade de elevar significativamente a oferta de energia elétrica para o atendimento a estas crescentes demandas, tanto em termos de qualidade, como de quantidade. Tornam-se necessárias matrizes elétricas bem planejadas e diversificadas, capazes de manter o suprimento energético confiável (CARNEIRO & CARVALHO, 2015).

A fim de reduzir a emissão global dos gases de efeito estufa, a geração de energia a partir de fontes alternativas está começando a ganhar força em todo o mundo, inclusive na América Latina (ZULUAGA & DINER, 2007). Pela sua posição geográfica e extensão, o Brasil é um dos países com maior potencial para produção de energia renovável (GELLER et al., 2004).

A Região Nordeste, de acordo com Amarante et al. (2001) é a mais promissora, apresentando 53% do potencial eólico do país e um potencial eólico acumulado de 75,05 GW para velocidades do vento de no mínimo 7,0 m/s, a 50 m de altura.

A avaliação do potencial eólico de uma dada região, visando à avaliação técnico econômica da implantação de empreendimentos de geração eólica, inicia-se com o seu

mapeamento temático, cujas técnicas de elaboração passaram por uma enorme evolução tecnológica nas duas últimas décadas. Tal avanço metodológico já começa a fazer pleno uso de modelos digitais de terreno em alta resolução, modelamentos numéricos de mesoescala, e utilização de dados de sensoriamento remoto por satélites (BENELLI et al., 2009). Estudos de potencial eólico utilizando sensoriamento remoto foram elaborados por Amarante e Schultz (1999), por Amarante et al. (2001), Pimenta et al. (2008) e por Amarante et al. (2009).



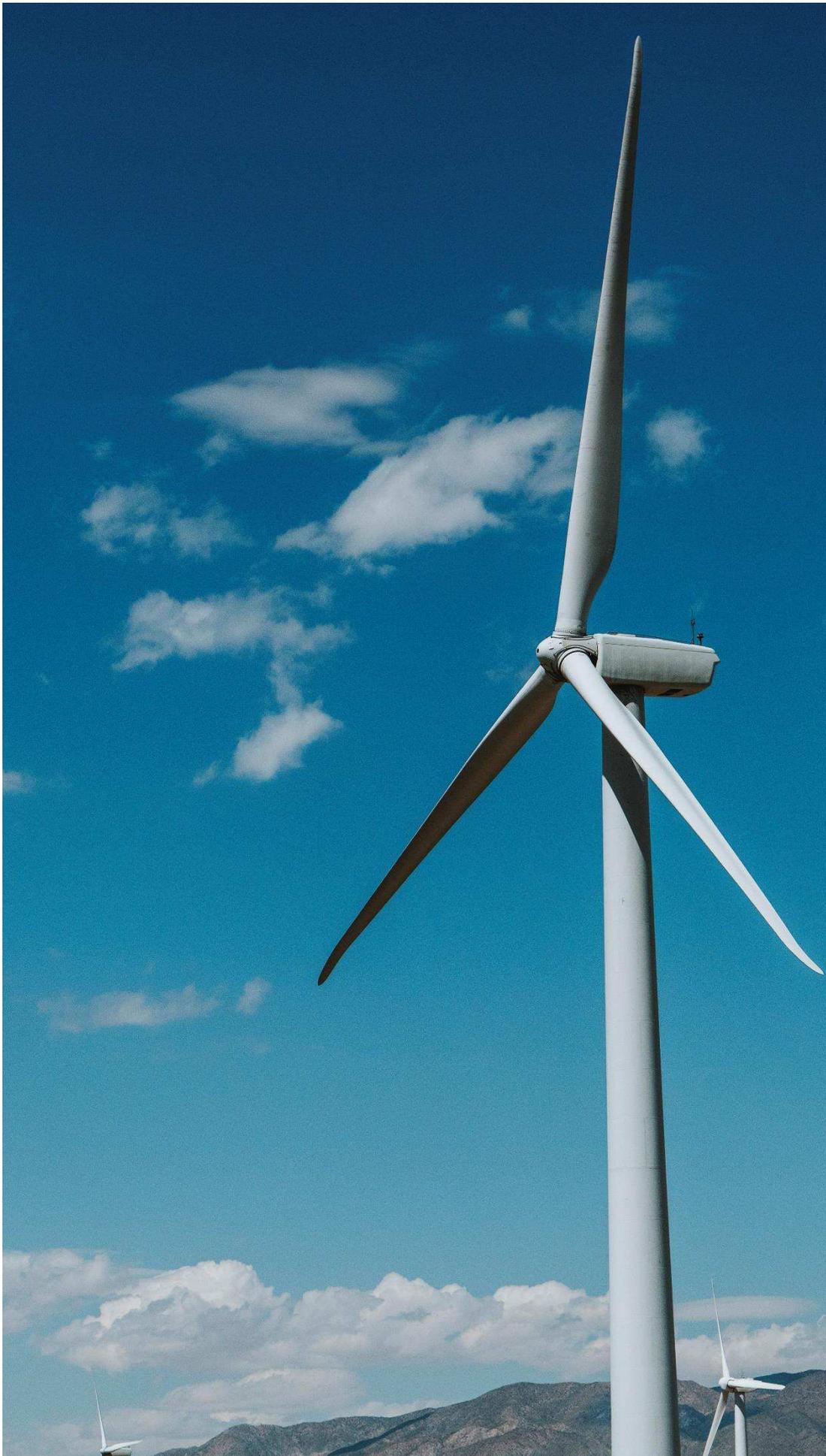
GLOBAL WIND ATLAS®

Pesquisadores como Davis et al. (2023), vêm avaliando o potencial eólico do planeta, onde foi desenvolvida uma plataforma denominada Global Wind Atlas® (GWA 3.3), produto de parceria entre o Departamento de Energia Eólica da Universidade Técnica da Dinamarca (DTU Wind Energy) e o Banco Mundial e International Finance Corporation.

O método para criar o Global Wind Atlas® de alta resolução foi composto por uma cadeia de processos em que, os conjuntos de dados de reanálise globais são as estatísticas eólicas e climáticas de alta resolução, adequadas para análise e mapeamento (BADGER & JØRGENSEN, 2011).

O GWA usa a metodologia estabelecida do atlas numérico de vento para reduzir dados de vento de resolução grosseira para microescala, usando modelagem de fluxo linearizado e dados topográficos de alta resolução (DAVIS et al., 2023).

A modelagem em microescala foi realizada utilizando o modelo WAsP (TROEN & PETERSEN, 1989) com espaçamento de grade de saída de 250 m (BADGER et al., 2015). O modelo WAsP utiliza o modelo de fluxo linear IBZ (TROEN, 1990; BOWEN & MORTENSEN, 2004) para extrapolação horizontal e vertical do vento com base em dados orográficos de alta resolução e mapas de comprimento de rugosidade. O modelo foi executado usando a ferramenta de mapeamento de recursos eólicos WAsP e Frogfoot, uma plataforma de cálculo distribuída, permitindo a execução simultânea de muitas simulações de modelo WAsP em diferentes computadores. Frogfoot foi desenvolvido como parte dos projetos Atlas Eólico Finlandês (TAMMELIN et al., 2012) e Atlas Eólico da África do Sul (MORTENSEN et al., 2014; OTTO, 2015).



PESQUISAS ELABORADAS

A nível mundial diversas pesquisas foram feitas como por Archer e Jacobson (2005), Badger et al. (2012), Mortensen et al. (2017), Gruber et al. (2019) para o Brasil, Niyomtham et al. (2020) para a Tailândia, Gruber et al. (2022), e para a Índia por Ramdas et al. (2022).

No Brasil estudos realizados por Amarante et al. (2001); Pimenta et al. (2008); Amarante et al. (2009; 2010); Ortiz e Kampel (2011); Silva et al. (2013); na região Nordeste pesquisas de Amarante et al. (2002) no Estado da Bahia; Amarante et al. (2003) para o Rio Grande do Norte; PERNAMBUCO (2017) e PARAÍBA (2014) para os respectivos Estados.

No entanto, conhecer as características da velocidade do vento de um determinado local para instalar as turbinas eólicas adequadas para geração de eletricidade é de suma importância (SOUZA et al., 2019).



GEOESTATÍSTICA

A estatística descritiva compreende técnicas que se usam para resumir e descrever dados. A estatística descritiva, de acordo com Silvestre (2007), é constituída pelo conjunto de métodos destinados à organização e descrição dos dados através de indicadores sintéticos ou sumários. Várias pesquisas em diversas áreas e com variadas ferramentas a utilizaram, como Lima et al. (2009) em variabilidade espacial da textura de solo e vegetação.

A estatística zonal de acordo com Barbosa et al. (1998), permite estabelecer relações espaciais entre regiões de mapas distintos. As operações de transformações zonais ou por região operam sobre um mapa de origem e um conjunto de regiões delimitadas por polígonos na forma matricial ou vetorial. Isto permite materializar num SIG os conceitos de unidade de paisagem (BERTRAND, 1981; TRICART, 1977; TRICART & KIEWIETDEJONGE, 1992) e área-unidade (HARTSHORNE, 1978).

Neste sentido, as geotecnologias oferecem um vasto conjunto de ferramentas para subsidiar tomada de decisões sobre os diversos recursos naturais. Através dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) é possível conhecer a comportamento espacial de elementos, além de possibilitar a integração de diferentes informações entre si a partir da localização espacial (BARBOSA, 1997).



OBJETIVOS DA PESQUISA

Portanto, este trabalho objetiva através do uso de geotecnologias espacializar o potencial eólico *onshore* do Estado da Paraíba estimado pelo Global Wind Atlas®.



CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Estado da Paraíba, localizado na região Nordeste do Brasil, apresenta uma área de 56.467,24 km² (IBGE, 2021). Seu posicionamento encontra-se entre os paralelos 6°02'12" e 8°19'18"S, e entre os meridianos de 34°45'54" e 38°45'45"W. Ao Norte, limita-se com o Estado do Rio Grande do Norte; ao Leste, com o Oceano Atlântico; a Oeste, com o Estado do Ceará; e ao Sul, com o Estado de Pernambuco (FRANCISCO, 2010) (Figura 1).

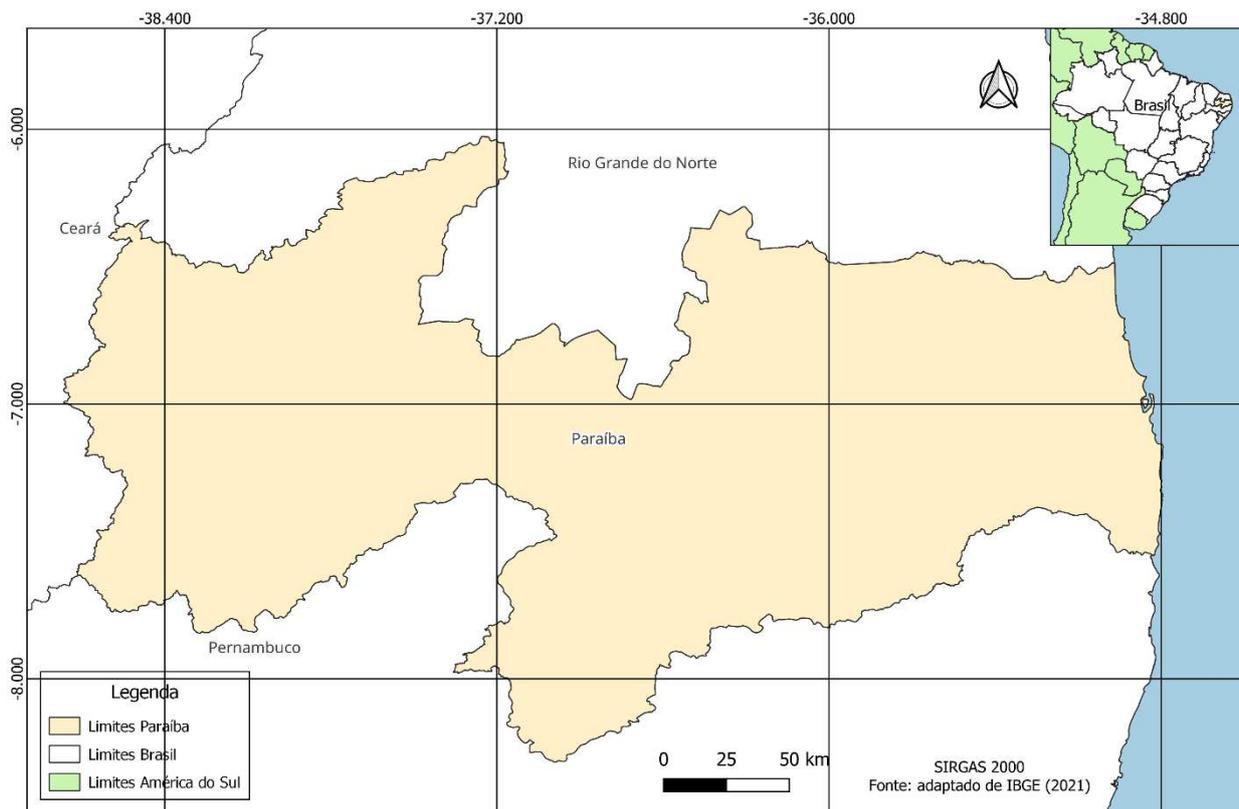


Figura 1. Localização da área de estudo.

Fonte: adaptado de IBGE (2021).

O relevo apresenta-se de forma geral bastante diversificado, atuando sob climas distintos e sobre rochas pouco ou muito diferenciadas (Figura 2). No tocante à geomorfologia, existem dois grupos formados pelos tipos climáticos mais significativos do Estado: úmido, subúmido e semiárido. O uso atual e a cobertura vegetal caracterizam-se por formações florestais definidas, como Caatinga Arbustiva Arbórea Aberta, Caatinga Arbustiva Arbórea Fechada, Caatinga Arbórea Fechada, Tabuleiro Costeiro, Mangues, Mata-úmida, Mata semidecidual, Mata Atlântica e Restinga (PARÁIBA, 2006).

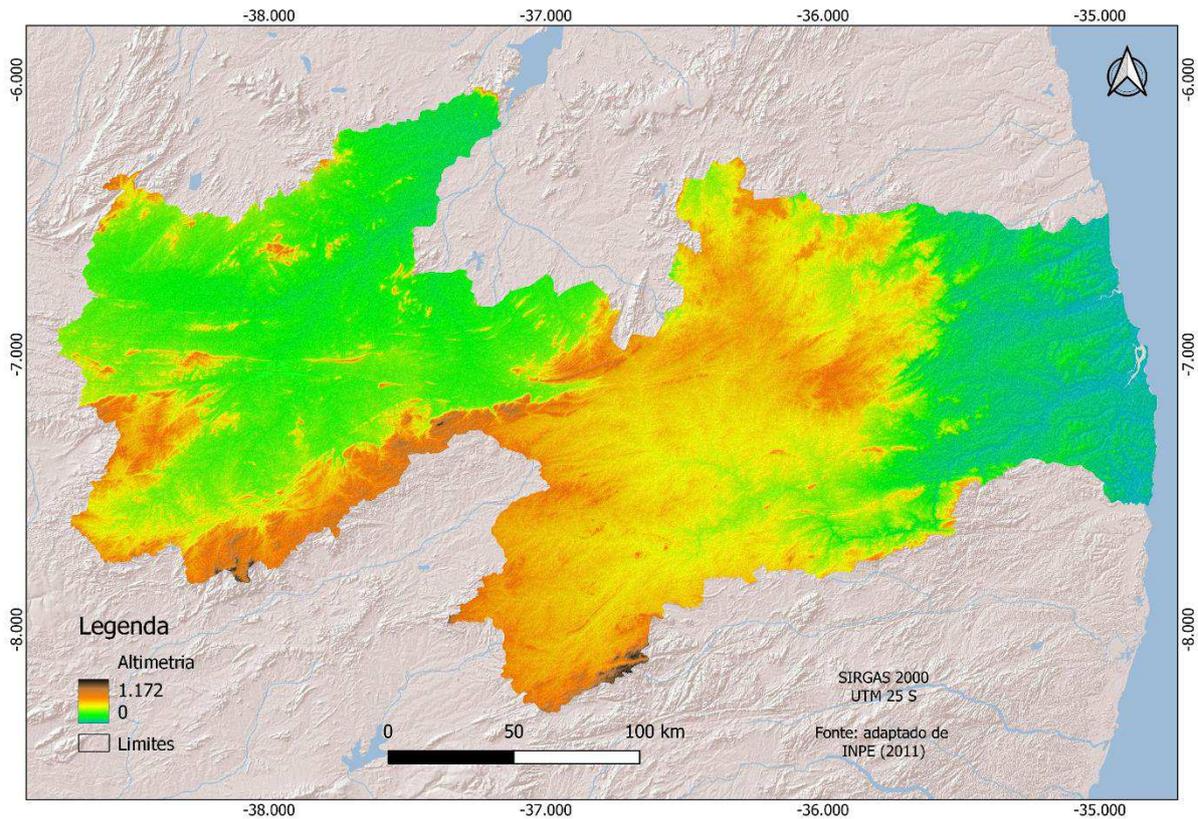


Figura 2. Altimetria do Estado da Paraíba. Fonte: adaptado de Francisco et al. (2013); Francisco e Santos (2017); PARAÍBA (2006); IBGE (2021); ESRI (2022).

O clima caracteriza-se por temperaturas médias elevadas (22 a 30°C) com baixa amplitude térmica anual, em função da baixa latitude e elevações (<700 m) (Figura 3). A precipitação varia de 400 a 800mm anuais, nas regiões interiores semiáridas, e no Litoral, mais úmido, pode ultrapassar os 1.600mm (VAREJÃO-SILVA et al., 1984) (Figura 4).

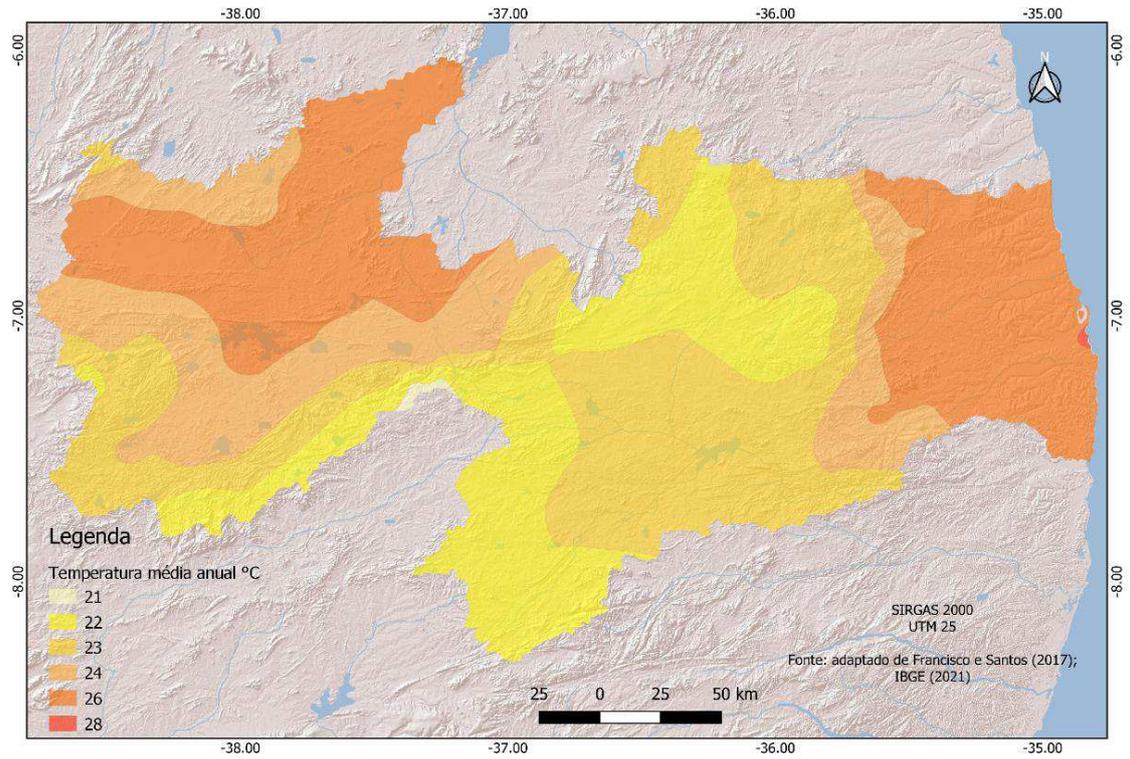


Figura 3. Temperatura anual média. Fonte: adaptado de Francisco e Santos (2017).

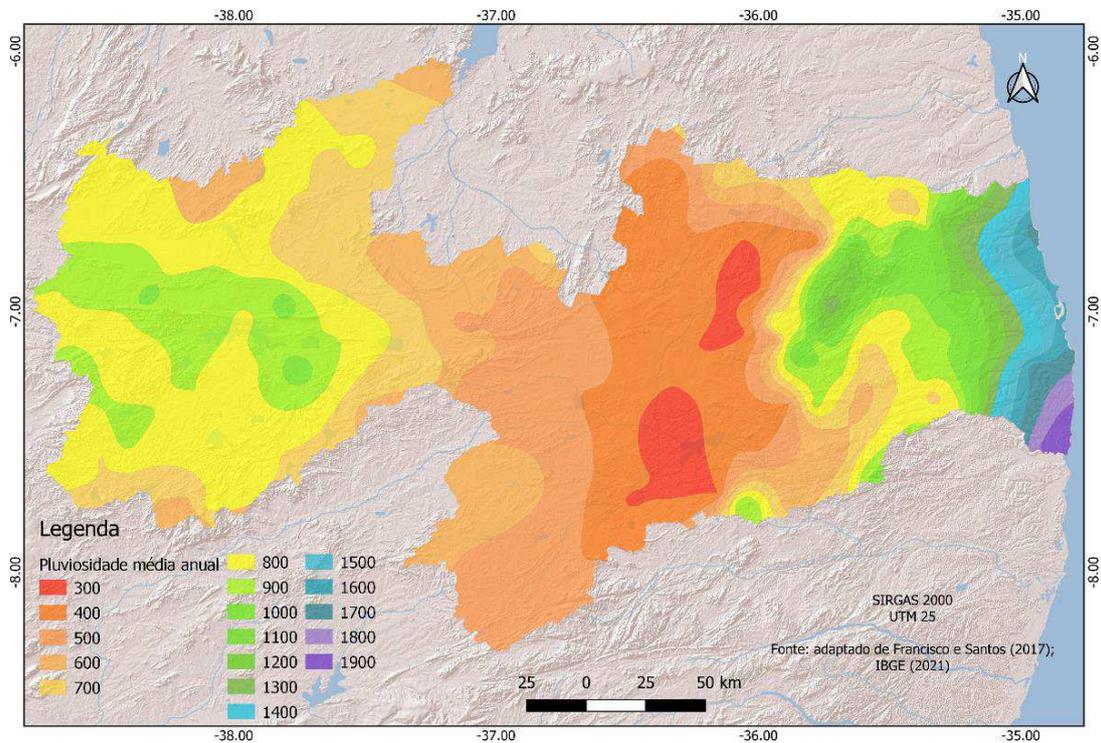


Figura 4. Precipitação média anual. Fonte: adaptado de Francisco et al. (2013); Francisco e Santos (2017); PARAÍBA (2006); IBGE (2021); ESRI (2022).

Conforme Francisco et al. (2015), o Estado da Paraíba apresenta, de acordo com a classificação climática de Köppen, quatro tipos diferentes de clima. O clima Aw, que caracteriza a região do Litoral norte como Tropical com estação seca no inverno, o clima Am no Litoral norte e Sul do Estado, o tipo climático As que dominam em sua maioria nas regiões de parte do Litoral, Brejo, Agreste e em pequena faixa da região do Sertão e em toda área do Alto Sertão. O tipo climático Bsh é predominante na área do Cariri/Curimataú, e boa parte da área do Sertão (Figura 5).

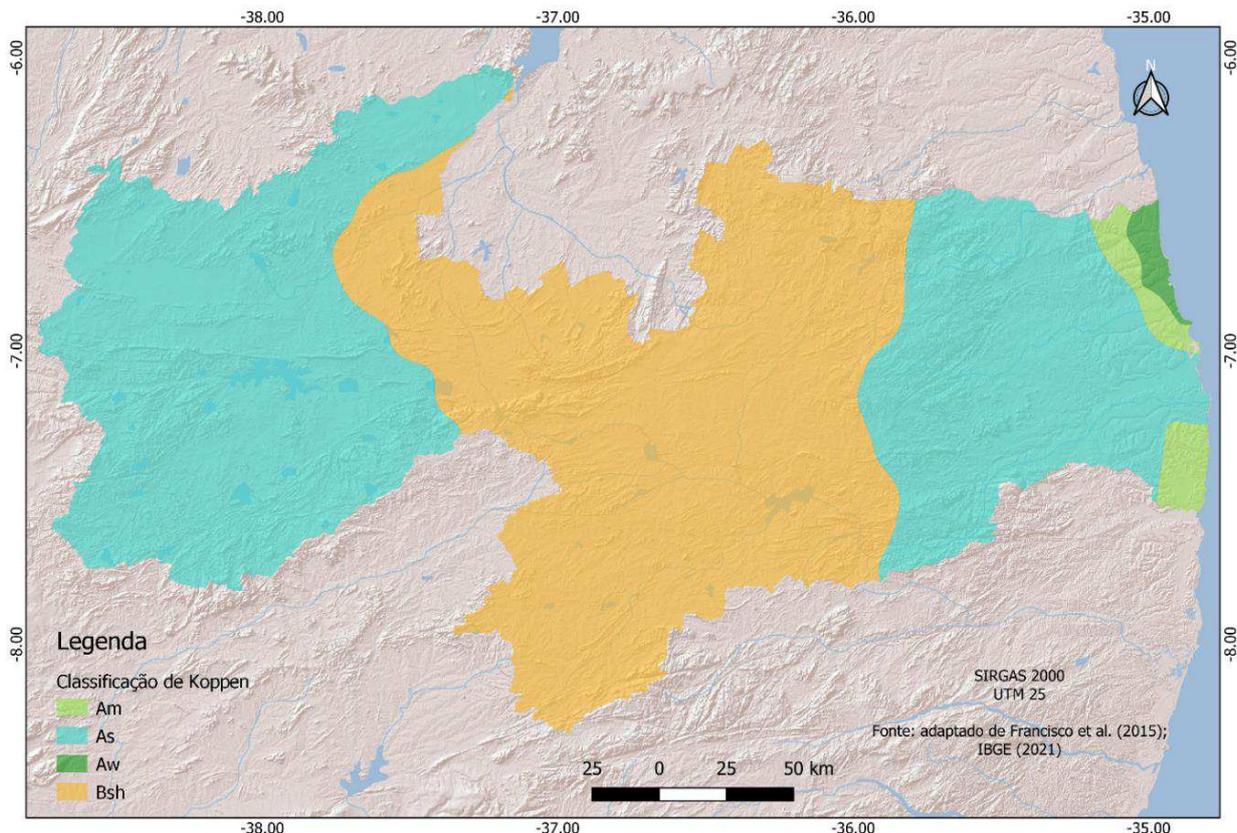


Figura 5. Classificação climática de Köppen.

Fonte: adaptado de Francisco et al. (2015); IBGE (2021); ESRI (2022).

O uso atual e a cobertura vegetal caracterizam-se por formações florestais definidas como caatinga arbustiva arbórea aberta, caatinga arbustiva arbórea fechada, caatinga arbórea fechada, tabuleiro costeiro, mangues, mata-úmida, mata semidecidual, mata atlântica e restinga (PARAÍBA, 2006) (Figura 6).

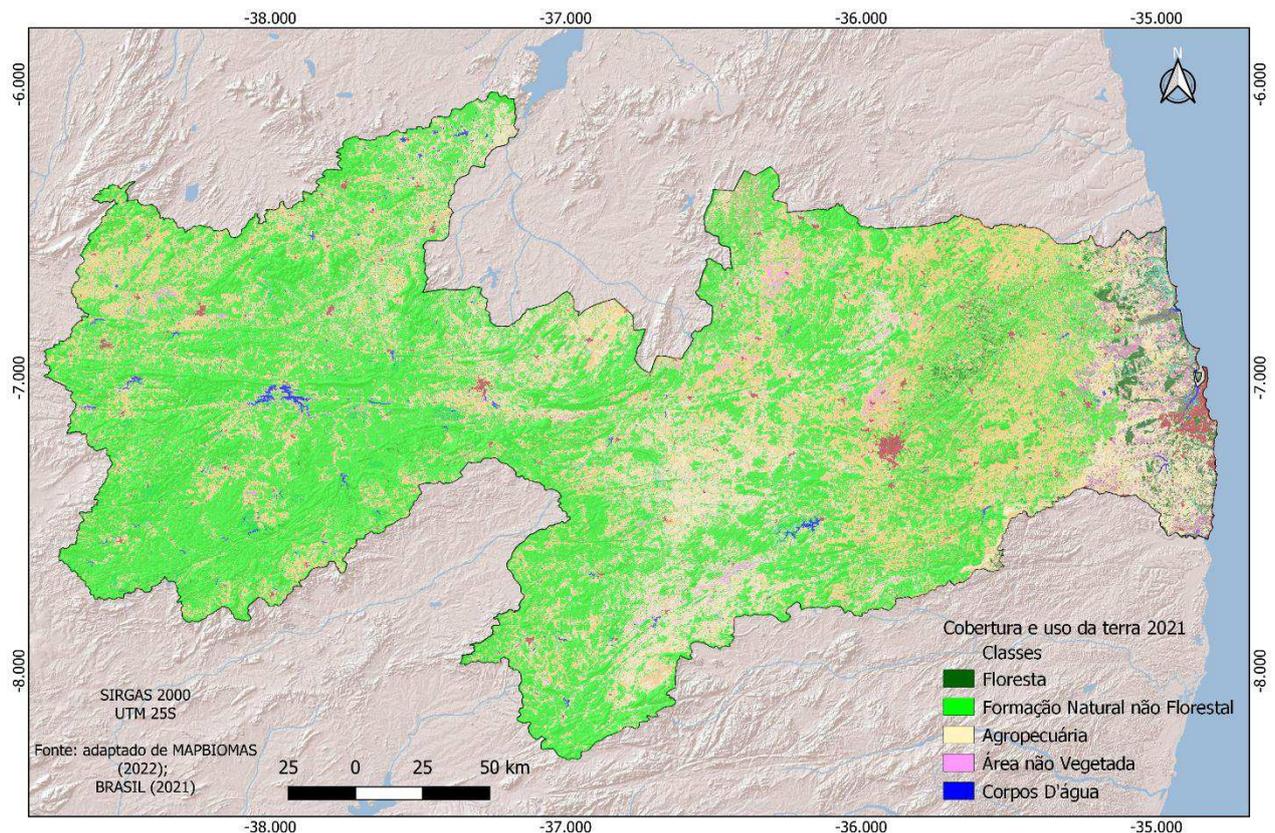


Figura 6. Cobertura e uso da terra do Estado da Paraíba.

Fonte: Francisco et al. (2023).

As microrregiões estipuladas pelo IBGE (2022) apresentam-se definidas em 23 áreas divididas geograficamente com diferentes características de relevo, vegetação e clima (Figura 7).

De acordo com a ANEEL (2021) e a EPE (2021), o sistema de transmissão do Estado da Paraíba (Figura 8) é constituído por linhas de 500kV e 230kV. O sistema de transmissão do Estado, operado pela CHESF, é interligado em 230 kV ao Sistema Interligado Nacional – SIN, por meio de subestações nas cidades de João Pessoa, Campina Grande e Coremas. O sistema é distribuído primariamente em 69 kV para os demais centros de carga (ANEEL, 2015; ENERGISA, 2014), exceto por uma interligação em 138 kV com o Rio Grande do Norte operada pela CHESF (ONS, 2014).

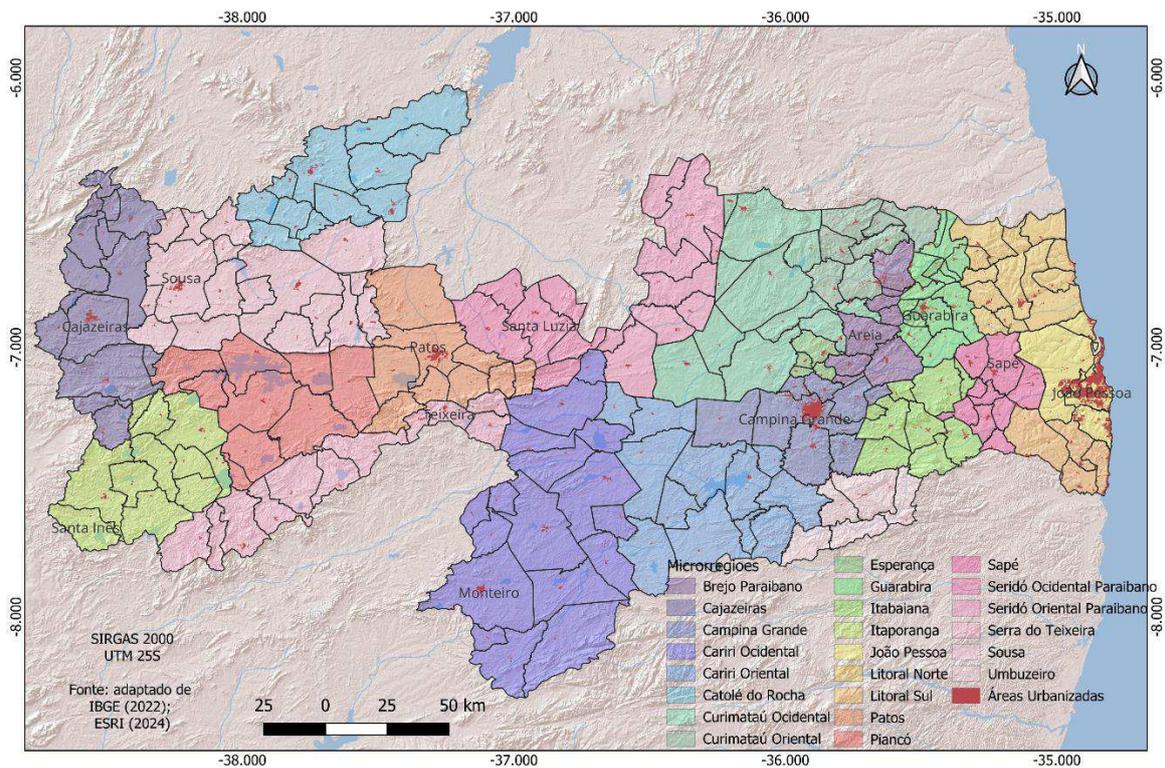


Figura 7. Microrregiões do Estado da Paraíba. Fonte: adaptado de IBGE (2022); ESRI (2024).

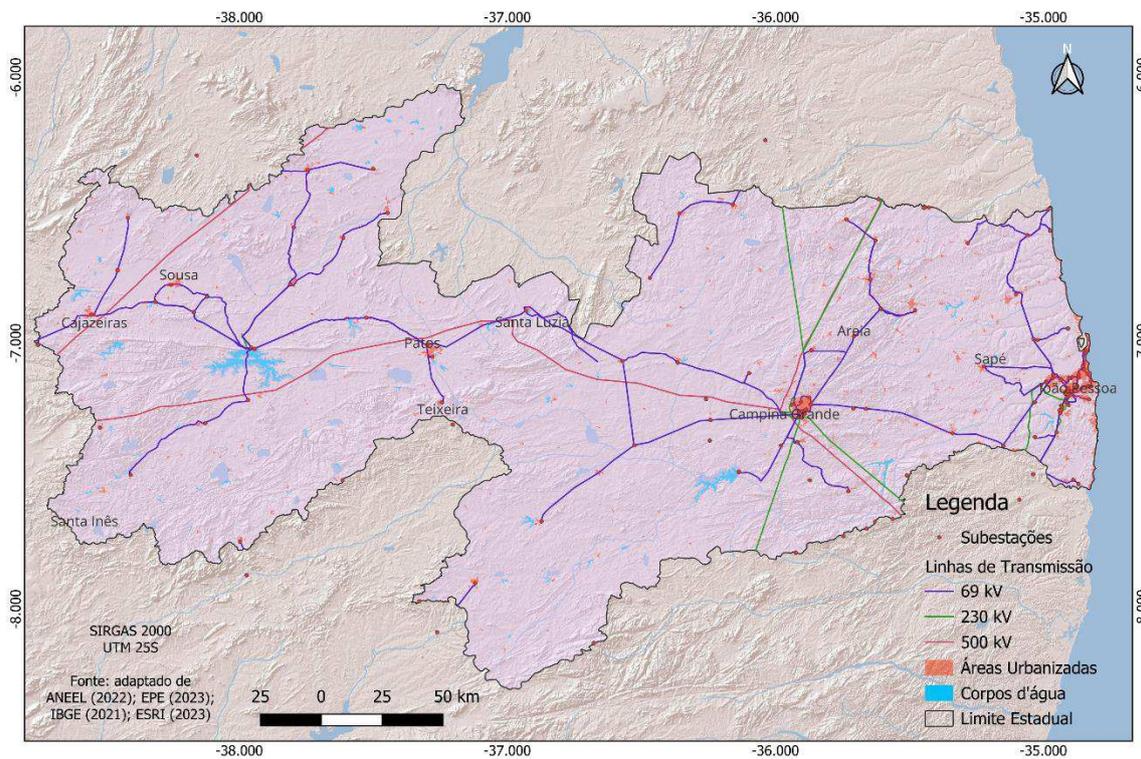


Figura 8. Sistema elétrico de transmissão do Estado da Paraíba.

Fonte: Francisco et al. (2023); ANEEL (2022); EPE (2023); IBGE (2021); ESRI (2024).



MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho foi utilizado a base digital GWA[®] 3.3 de dados entre 2005 a 2023 estimados de velocidade média dos ventos (m/s) (potencial eólico) e da densidade média de energia eólica (W/m²) disponibilizados em formato tif com resolução de 250 m.

No GWA 3.3 os recursos eólicos foram calculados utilizando métodos e dados de entrada com 10 anos de simulações de modelos de séries temporais em mesoescala com uma resolução de 250 m, e dados aprimorados de elevação e cobertura do solo na modelagem em microescala com alturas de 10, 50, 100, 150 e 200 m para reduzir a incerteza ao interpolar os resultados na vertical e validação do conjunto de dados (DAVIS et al., 2023).

Utilizando o QGIS[®] 3.34 e um arquivo digital no formato shape fornecido pelo IBGE (2021) foi recortado o limite estadual. Em seguida foram elaborados os mapas de velocidade

média dos ventos e da densidade média de energia eólica, sendo classificados e gerados os respectivos histogramas.

TRATAMENTO ESTATÍSTICO

No tratamento estatístico foi realizada a análise descritiva dos dados utilizando o QGIS® (HYNDMAN & FAN, 1996) e a estatística zonal através do SAGA® 7.8.2, desenvolvido por Conrad et al. (2015), utilizando o mapa de microrregiões do Estado da Paraíba. A estatística zonal de acordo com Barbosa et al. (1998), permite estabelecer relações espaciais entre regiões de mapas distintos. As operações de transformações zonais ou por região operam sobre um mapa de origem e um conjunto de regiões delimitadas por polígonos na forma matricial ou vetorial. Isto permite materializar num SIG os conceitos de unidade de paisagem (BERTRAND, 1981; TRICART, 1977; TRICART & KIEWIETDEJONGE, 1992) e área-unidade (HARTSHORNE, 1978).



RESULTADOS E DISCUSSÃO

DENSIDADE MÉDIA DE POTÊNCIA

Pelos resultados obtidos, pode-se observar Na Figura 4 a densidade média de potência (W/m^2) de 10; 100; 150 e 200 m de altura da torre de geração de energia eólica. Verifica-se que, quanto maior é a altura, maior é a probabilidade de geração de energia. Isto ocorre devido a configuração do relevo e da altitude das regiões do Estado, juntamente com a rugosidade do solo devido sua cobertura e uso da terra. Na Figura 4a de 10 m, apresenta-se a menor densidade média de potência, e a Figura 4d com estimativa de maior potencial em áreas mais elevadas do Estado.

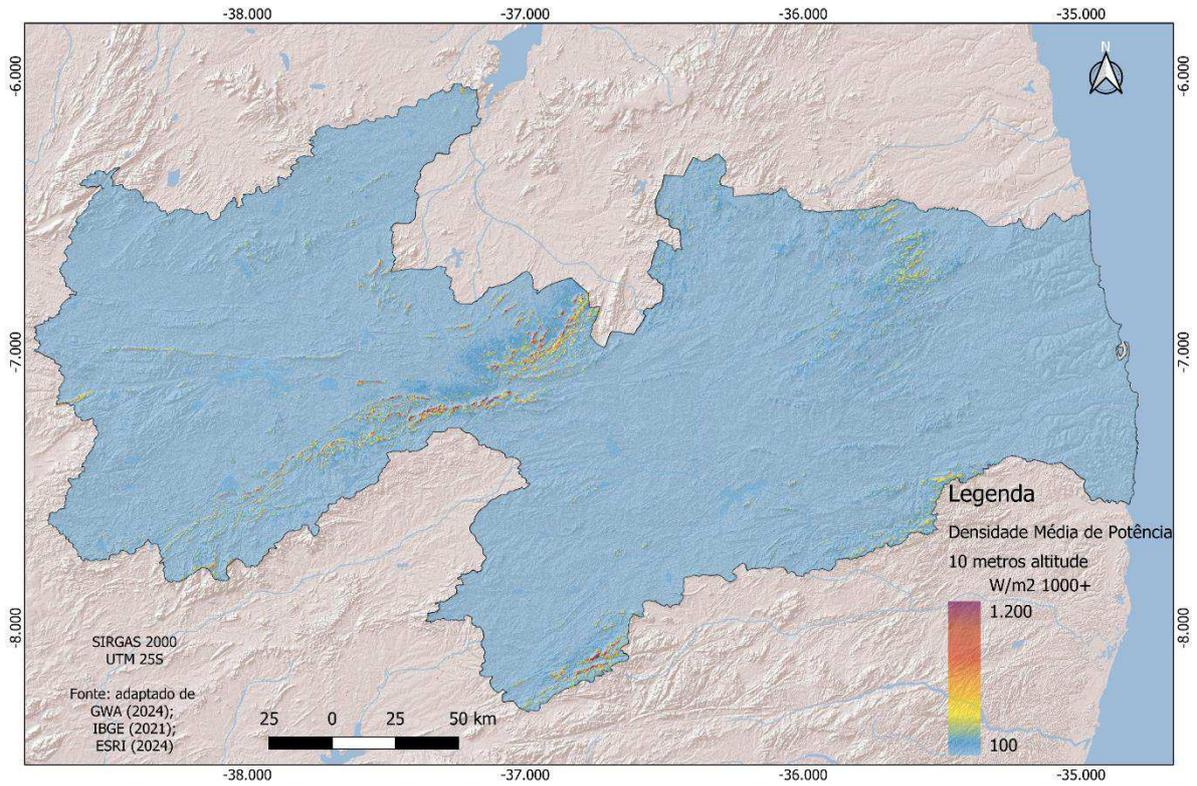


Figura 4. Densidade média de potência (W/m^2) 10 m.
Fonte: adaptado de GWA (2024); IBGE (2021); ESRI (2024).

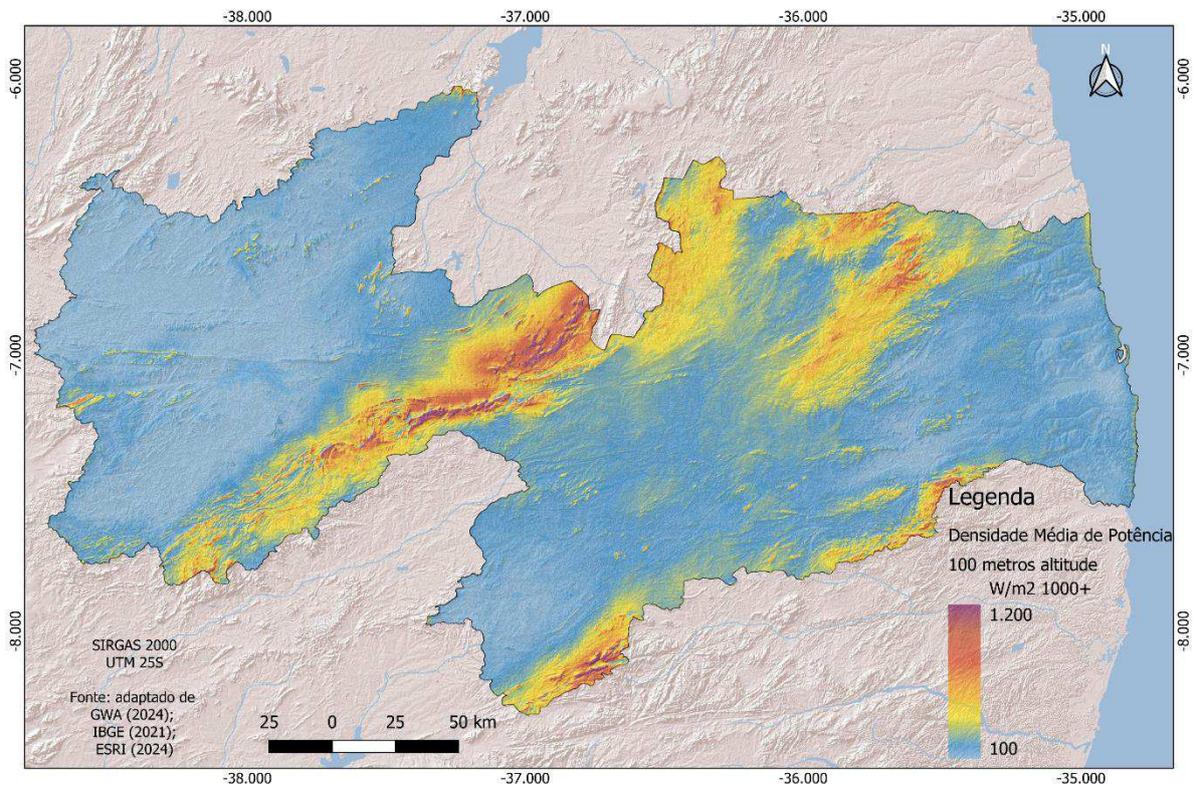


Figura 4. Densidade média de potência (W/m^2) 100 m.
Fonte: adaptado de GWA (2024); IBGE (2021); ESRI (2024).

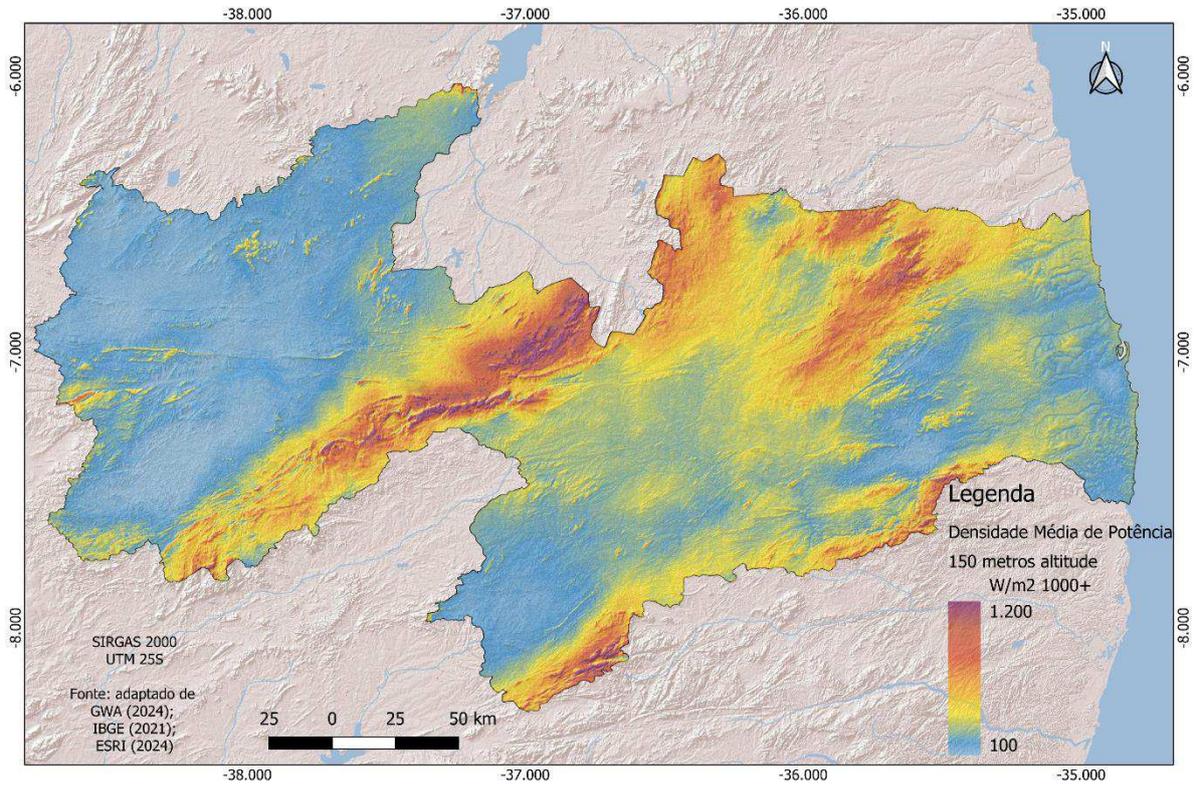


Figura 4. Densidade média de potência (W/m^2) 150 m.
Fonte: adaptado de GWA (2024); IBGE (2021); ESRI (2024).

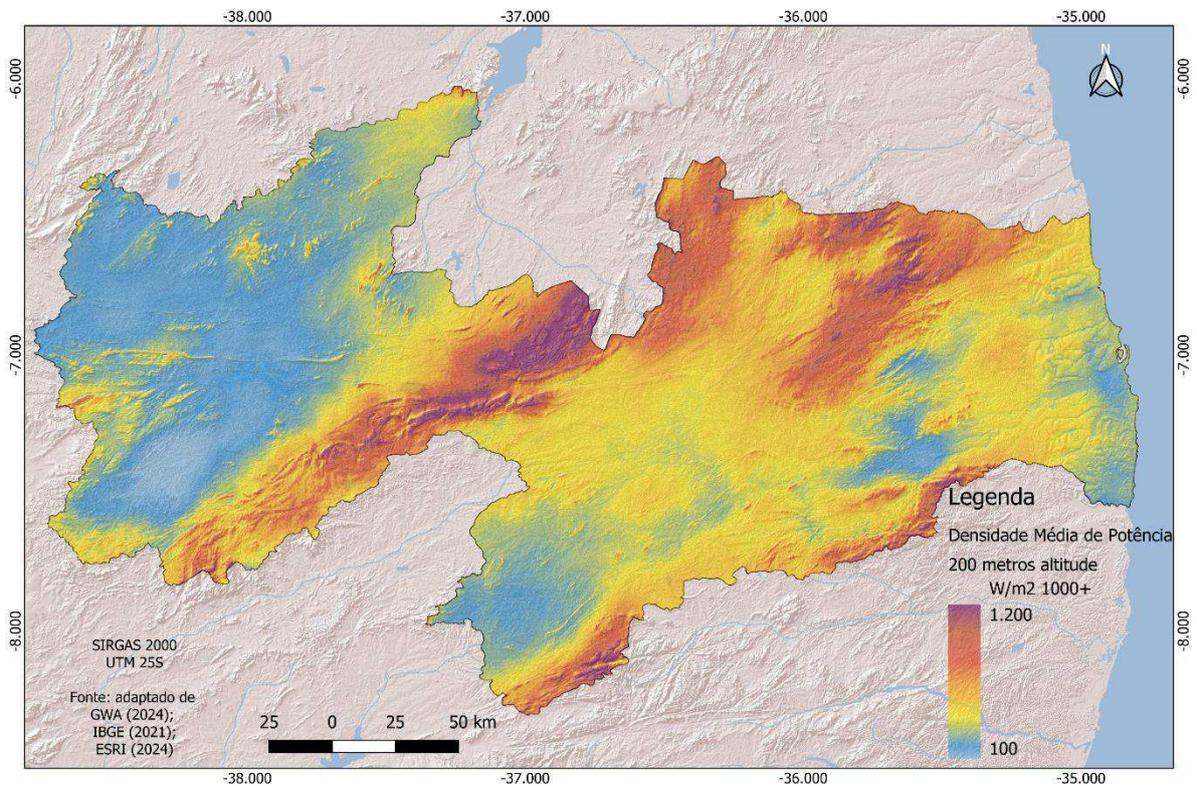


Figura 4. Densidade média de potência (W/m^2) 200 m.
Fonte: adaptado de GWA (2024); IBGE (2021); ESRI (2024).

Na Figura 5a pode-se observar o histograma do mapa da densidade média de potência com alta frequência acima de 2.800 e até em torno de 30 W/m² com mínima variabilidade, concordando com os dados descritivos da Tabela 1, isto devido à altura simulada de uma torre e gerador de 10 m em que o vento geralmente apresenta as menores velocidades. As demais Figuras apresentam frequências mais distribuídas, na Figura 5b com valores entre 200 a 280 em torno de 300 W/m² na altura de 100 m de torre e gerador, na Figura 5c de altura de 150 m de torre e gerador a frequência apresenta valores entre 130 a 200 em torno de 400 W/m². Na Figura 5d a frequência é menor em relação as demais em torno de 100 a 150, mas com valores maiores em torno de 500 W/m².

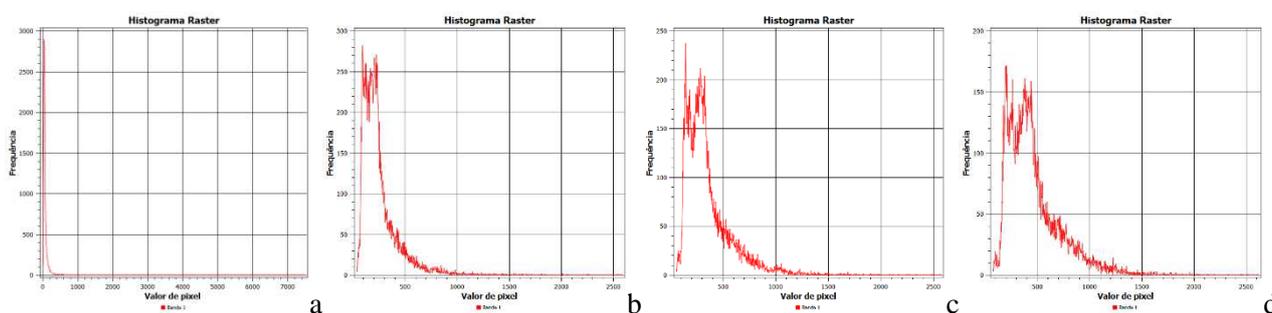


Figura 5. Histogramas da Densidade média de potência (W/m²), a) 10 m, b) 100 m, c) 150 m, d) 200 m.

VELOCIDADE MÉDIA DO VENTO

Na Figura 5 observa-se a velocidade média do vento (m/s) de 10; 100; 150 e 200 m de altura da torre. Verifica-se que, quanto maior é a altura da torre, maior é a probabilidade de geração de energia. Seguindo a mesma probabilidade da densidade média.

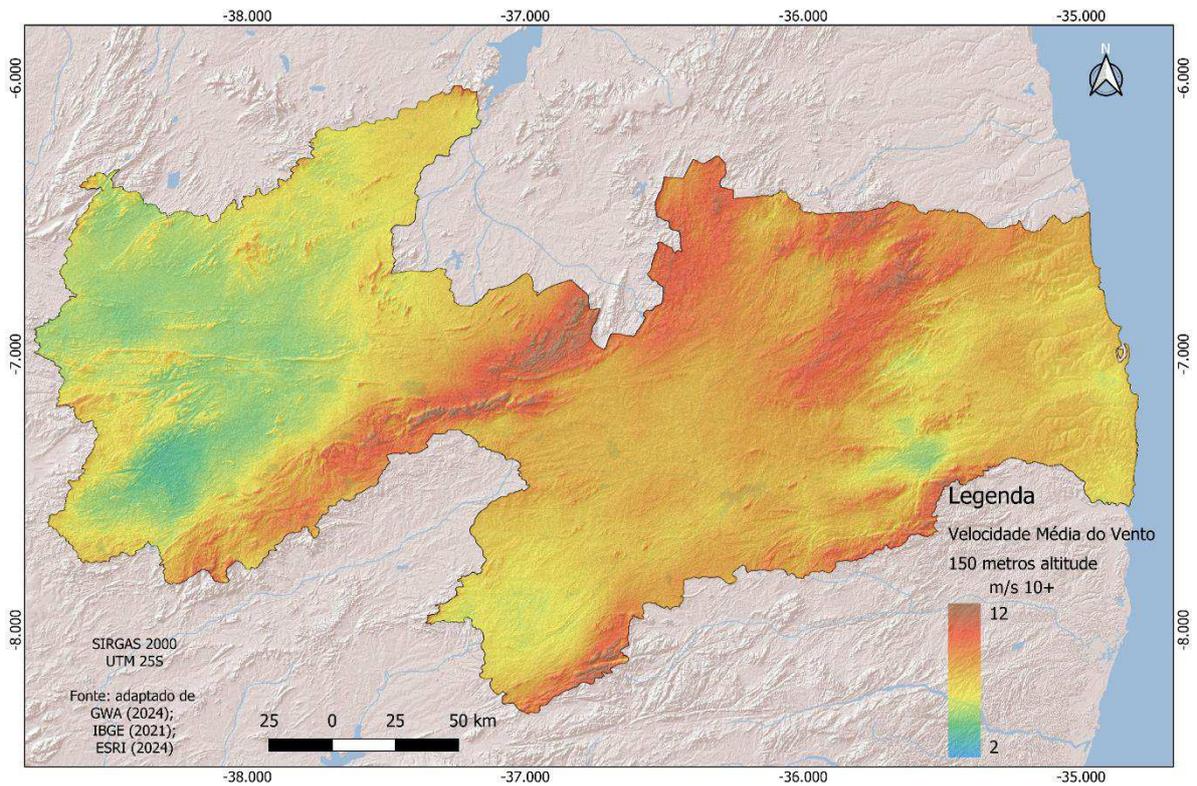


Figura 6. Velocidade média do vento (m/s), a) 10 m, b) 100 m, c) 150 m, d) 200 m. Fonte: adaptado de GWA (2024); IBGE (2021); ESRI (2024).

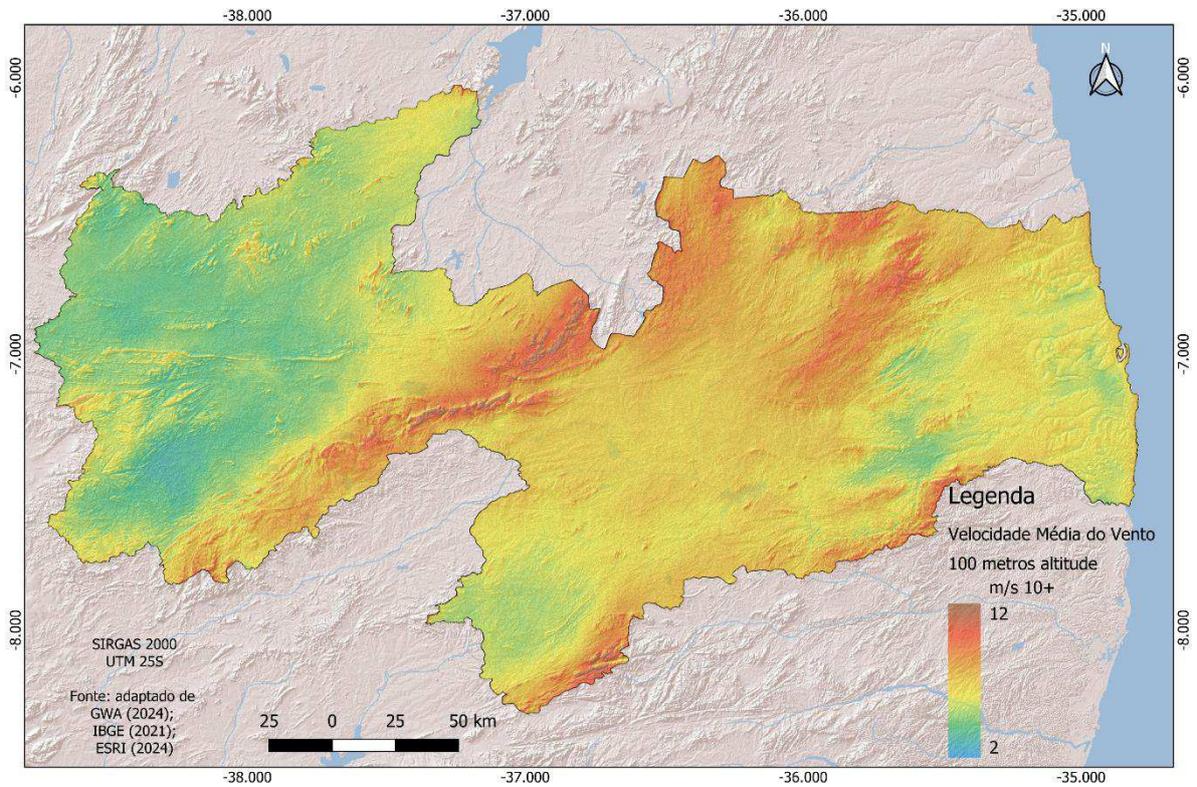


Figura 6. Velocidade média do vento (m/s), a) 10 m, b) 100 m, c) 150 m, d) 200 m. Fonte: adaptado de GWA (2024); IBGE (2021); ESRI (2024).

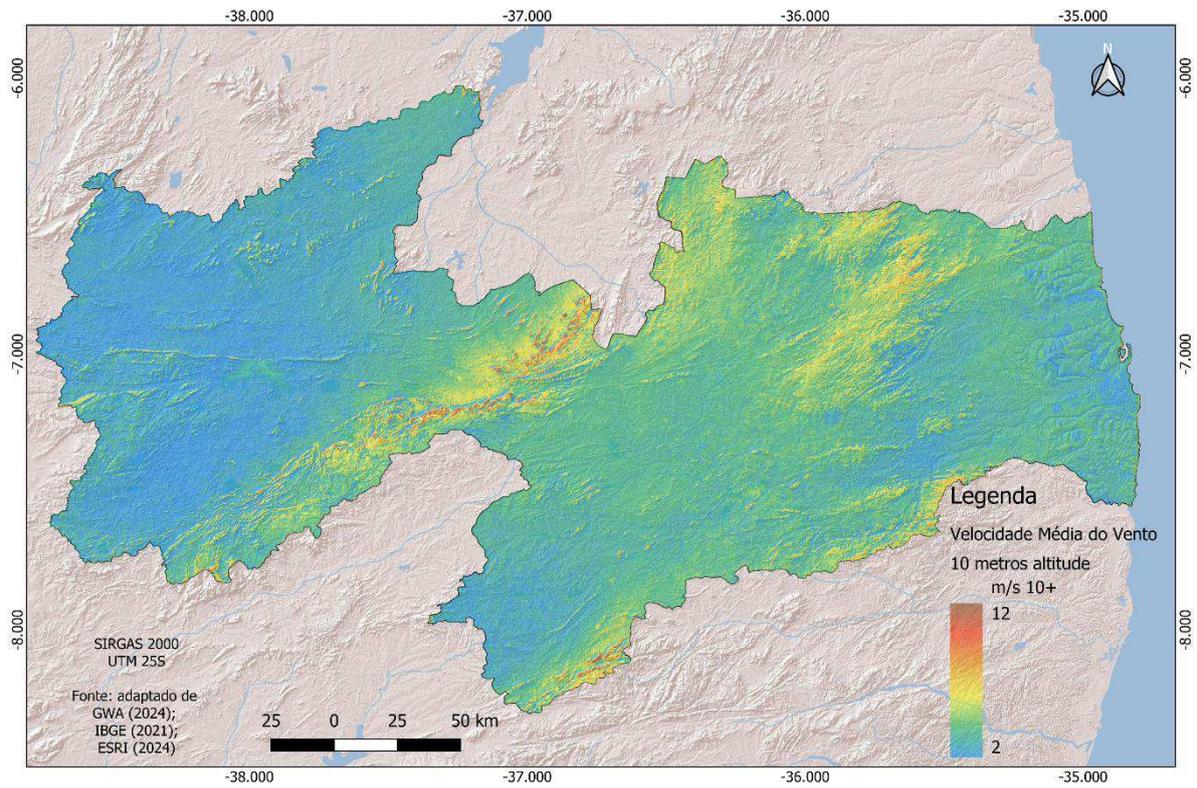


Figura 6. Velocidade média do vento (m/s), a) 10 m, b) 100 m, c) 150 m, d) 200 m. Fonte: adaptado de GWA (2024); IBGE (2021); ESRI (2024).

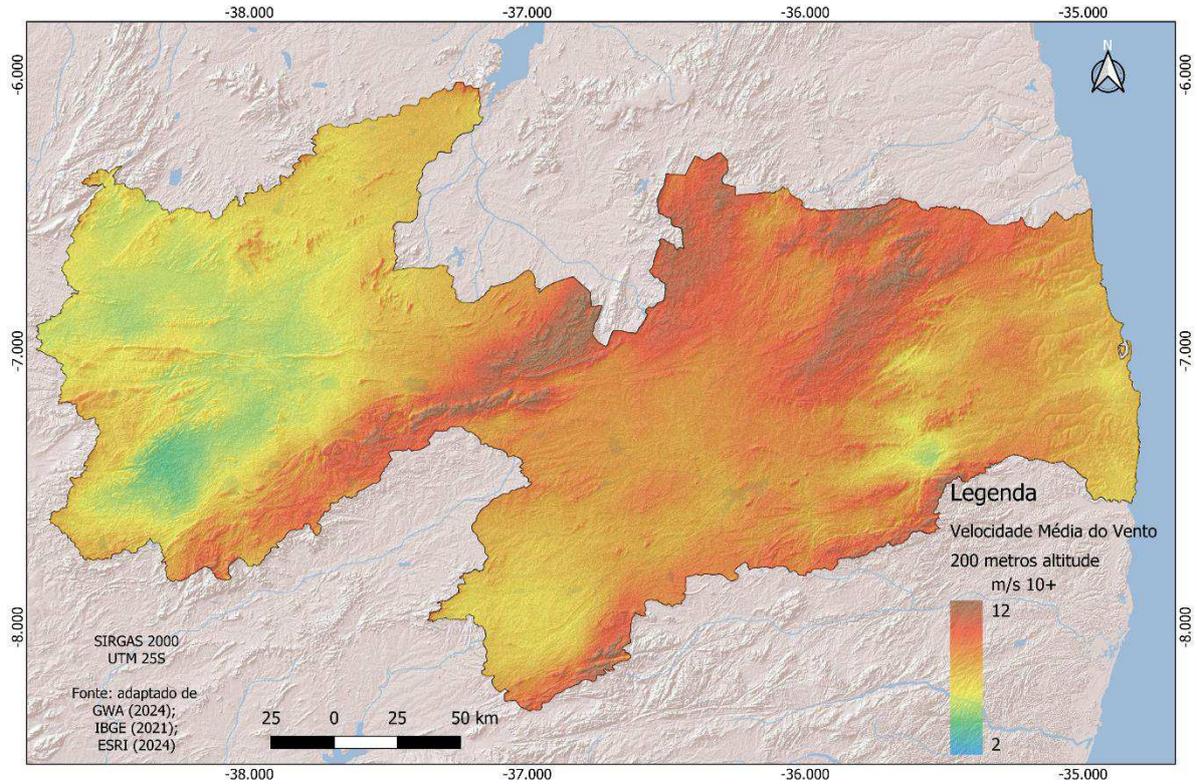


Figura 6. Velocidade média do vento (m/s), a) 10 m, b) 100 m, c) 150 m, d) 200 m. Fonte: adaptado de GWA (2024); IBGE (2021); ESRI (2024).

Na Figura 7a pode-se observar o histograma do mapa da velocidade média do vento com alta frequência acima de 100 entre 2 a 6 m/s com mínima variabilidade, concordando com os dados descritivos da Tabela 2, isto devido à altura simulada de 10 m, em que, o vento geralmente apresenta as menores velocidades. As demais Figuras apresentam frequências mais distribuídas, na Figura 7b com valores entre 40 a 100, em torno de 4 a 8 m/s na altura de 100 m, na Figura 7c de altura de 150 m, a frequência apresenta valores entre 35 a 100 em torno de 5 a 8 m/s. Na Figura 7d a frequência é menor em relação as demais em torno de 40 a 80, mas com valores maiores entre 5 a 10 m/s.

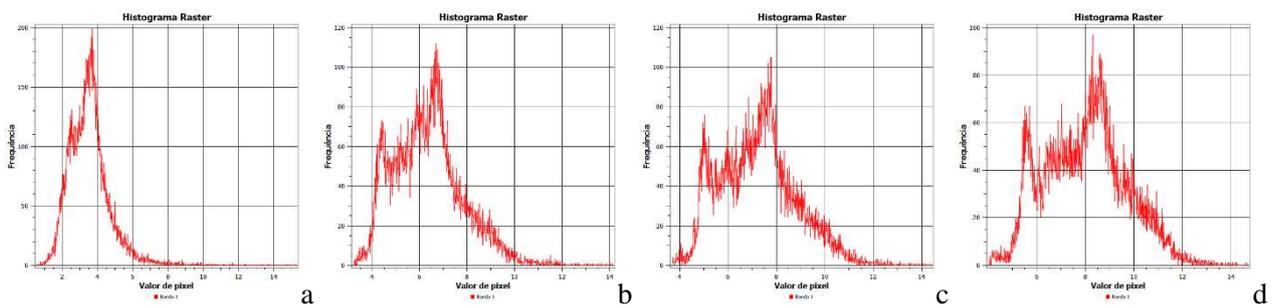


Figura 7. Histograma da Velocidade média do vento - Potencial eólico (m/s), a) 10 m, b) 100 m, c) 150 m, d) 200 m.

ESTATÍSTICA DESCRITIVA E ZONAL

Nos dados estatísticos demonstrados na Tabela 1 verifica-se que, a densidade média de potência de altura de 200 m apresenta os maiores valores com maiores médias máximas (473,16 W/m²) seguido pela mediana, desvio padrão e variabilidade. A mesma ocorrência apresenta-se nos resultados da análise da velocidade média do vento, diferenciando-se na altura de 10 m em que ocorre a maior variabilidade.

Tabela 1. Dados estatísticos descritivos da velocidade média do vento e densidade média de potência das diversas alturas

Atributo/ Variável	Altura (m)	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Variabilidade	Desv. Pad.	Q1	Q3	IQR
Densidade média de potência (W/m ²)	10	65,91	46	0	7.489	1.801	106,16	29	69	40
	100	256,44	211	28	4.029	2.158	181,59	146	302	156
	150	358,08	302	51	3.797	2.302	222,41	213	433	220
	200	473,16	414	71	3.491	2.335	259,77	290	583	293
Velocidade média do vento (m/s)	10	4,18	4	0	19	20	1,83	3	5	2
	100	7,55	7	3	17	15	1,99	6	9	3
	150	8,55	8	4	16	13	2,01	7	10	3
	200	9,20	9	4	16	13	2,09	8	11	3

Carneiro e Carvalho (2015), avaliando a velocidade do vento na região Nordeste na altura de 80 m observaram que, Parnaíba (PI) e Petrolina (PE) apresentaram médias acima de 7 e 6 m/s. Valores similares a este trabalho na altura de 100 m.

Silva et al. (2005) para altura de 10 m, verificaram que ao norte da Bahia apresentaram valores médios de 30 W/m², com máximo de 55 W/m² em torno de Paulistana-PI; também no interior, encontraram um máximo intenso localizado ao entorno de Caetité, no sul da Bahia, com 55 W/m². No sul da Bahia, ao entorno de Itaberaba, foram observados valores médios anuais muito baixos, inferiores a 10 W/m². Valores similares a este trabalho.

Silva et al. (2007), estimando o potencial eólico para a região litorânea do Estado de Alagoas, encontraram valores a 75 m de 100 W.m⁻² e velocidade de ventos na faixa de 4 a 5 m.s⁻¹.

Amarante et al. (2003), elaborando o Atlas Eólico para o Estado do Rio Grande do Norte concluíram que, a região litorânea do Nordeste da área de estudo apresenta extensa e promissora área para aproveitamento eólico, com velocidades médias anuais entre 8,0 e 8,5m/s, a 50 m de altura.

Conforme ELETROBRÁS (2008), que elaboraram o Atlas Eólico do Estado de Alagoas constataram que, a região do litoral sul apresenta o melhor potencial eólico com velocidade média de 7 m/s com altura de 75 m.

Tuchenhagen et al. (2014) observaram para o Brasil que, a média anual da intensidade dos ventos para os níveis de 40 e 70 m, os locais mais favoráveis à instalação de fazendas para geração de energia eólica se encontram nas regiões Nordeste e Sul do país, onde as intensidades médias sobre essas regiões estão entre 8 e 10 ms⁻¹.

Lima et al. (2010), observaram que a distribuição de frequência da velocidade dos ventos com altura de 10 m, em São Gonçalo-PB, localizada na microrregião de Sousa, em que a maior ocorrência de ventos se apresentava na faixa de 1,5 a 3,5 m/s, enquanto que para as demais estações, os ventos foram superiores a 4 m/s em especial para Patos, Campina Grande

e João Pessoa. Os mesmos autores observaram que, o teor médio de energia para a estação de São Gonçalo para ventos 10; 50 e 110 m de 159; 331 e 449 kWh/m²/ano, respectivamente. Campina Grande apresentou os melhores resultados dentre as outras estações com valores de 443 kWh/m²/ano, e para as simulações de 50 e 110 m com valores de teor médio de energia de 922 e 1258 kWh/m²/ano, respectivamente.

De acordo com Grubb e Meyer (1993), para que a energia eólica seja considerada tecnicamente aproveitável, é necessário que sua densidade seja maior ou igual a 500 W/m², a uma altura de 50 m, o que requer uma velocidade mínima do vento de 7 a 8 m/s.

Observa-se, de acordo com a Tabela 1, que a estimativa de densidade média de potência quanto a altura de 200 m é a que melhor se adequa, e a estimativa de velocidade média do vento que as alturas de 100, 150 e 200 m atingem o valor mínimo de 7 m/s, portanto adota-se a avaliação pela microrregião de maior destaque na altura de 200 m.

Tabela 2. Dados estatísticos descritivos por microrregião da velocidade média (m/s) a 10 m

Microrregião	Área (km ²)	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Alcance	Variância
Catolé do Rocha	3.035,98	3,00	3,00	0,56	0,24	9,59	-	0,32
Cajazeiras	3.419,48	2,49	2,38	0,67	0,51	8,49	-	0,45
Sousa	4.801,80	2,56	2,49	0,65	0,32	10,57	-	0,42
Patos	2.539,07	4,16	3,75	1,52	0,66	19,01	-	2,30
Piancó	3.296,78	2,86	2,64	1,05	0,25	11,47	-	1,11
Itaporanga	3.036,59	2,39	2,25	0,78	0,25	10,48	-	0,61
Serra do Teixeira	2.617,29	4,03	3,93	1,28	0,49	15,02	-	1,65
Seridó Ocidental Paraibano	1.738,48	4,90	4,54	1,62	0,70	18,55	-	2,63
Seridó Oriental Paraibano	2.595,14	4,63	4,57	0,72	1,40	10,07	-	0,52
Cariri Ocidental	7.012,18	3,60	3,51	0,93	0,38	17,22	-	0,86
Cariri Oriental	4.224,21	3,74	3,71	0,51	0,92	10,21	-	0,26
Curimataú Ocidental	3.910,31	4,11	3,99	0,70	1,05	9,49	-	0,49
Curimataú Oriental	1.351,77	4,68	4,55	1,06	1,22	10,14	-	1,13
Esperança	271,83	4,78	4,76	0,71	1,91	8,56	-	0,50
Brejo Paraibano	1.168,34	4,18	4,09	1,38	0,46	10,08	-	1,91
Guarabira	1.297,67	3,76	3,67	0,71	0,71	8,03	-	0,51
Campina Grande	2.092,34	3,83	3,81	0,61	0,43	8,34	-	0,37
Itabaiana	1.655,00	3,38	3,24	0,86	0,68	11,07	-	0,75
Umbuzeiro	1.173,87	4,24	4,10	1,18	0,49	10,03	-	1,39
Litoral Norte	1.961,39	3,62	3,67	0,61	0,97	6,52	-	0,37
Sapé	1.138,94	3,53	3,56	0,40	1,10	5,30	-	0,16
João Pessoa	1.251,26	3,16	3,24	0,65	0,79	5,89	-	0,42
Litoral Sul	877,52	3,44	3,47	0,53	1,18	5,91	-	0,28

Tabela 3. Dados estatísticos descritivos por microrregião da velocidade média (m/s) a 100 m

Microrregião	Área (km ²)	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Alcance	Variância
Catolé do Rocha	3.035,98	5,44	5,40	0,51	3,60	10,38	6,78	0,26
Cajazeiras	3.419,48	4,79	4,60	0,66	3,51	9,07	5,56	0,44
Sousa	4.801,80	4,77	4,63	0,60	3,74	10,28	6,54	0,36
Patos	2.539,07	7,27	6,76	1,61	3,99	16,51	12,52	2,58
Piancó	3.296,78	5,24	4,85	1,18	3,48	12,83	9,35	1,38
Itaporanga	3.036,59	4,70	4,60	0,85	3,06	9,59	6,53	0,72
Serra do Teixeira	2.617,29	7,54	7,45	1,07	3,99	14,87	10,88	1,14
Seridó Ocidental Paraibano	1.738,48	8,40	8,18	1,54	4,90	15,87	10,97	2,38
Seridó Oriental Paraibano	2.595,14	8,23	8,24	0,72	6,08	11,42	5,34	0,52
Cariri Ocidental	7.012,18	6,49	6,39	1,08	4,70	16,52	11,82	1,17
Cariri Oriental	4.224,21	6,72	6,69	0,41	4,42	10,27	5,85	0,17
Curimataú Ocidental	3.910,31	7,43	7,29	0,73	5,17	10,70	5,53	0,53
Curimataú Oriental	1.351,77	8,11	8,01	1,05	5,08	11,68	6,60	1,11
Esperança	271,83	8,54	8,49	0,55	6,85	10,60	3,75	0,30
Brejo Paraibano	1.168,34	7,14	7,17	1,47	3,83	11,90	8,07	2,17
Guarabira	1.297,67	6,52	6,34	0,81	4,71	9,61	4,90	0,66
Campina Grande	2.092,34	6,75	6,82	0,70	4,52	9,31	4,79	0,49
Itabaiana	1.655,00	5,88	5,76	1,00	4,24	11,71	7,47	1,01
Umbuzeiro	1.173,87	7,25	7,13	1,14	3,92	11,84	7,92	1,31
Litoral Norte	1.961,39	6,42	6,39	0,56	4,81	8,50	3,68	0,31
Sapé	1.138,94	6,15	6,15	0,34	4,93	7,53	2,61	0,11
João Pessoa	1.251,26	5,90	5,91	0,48	4,57	7,33	2,76	0,23
Litoral Sul	877,52	6,05	6,06	0,41	4,51	7,17	2,66	0,17

Tabela 4. Dados estatísticos descritivos por microrregião da velocidade média (m/s) a 150 m

Microrregião	Área (km ²)	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Alcance	Variância
Catolé do Rocha	3.035,98	6,23	6,17	0,52	4,63	10,84	6,21	0,27
Cajazeiras	3.419,48	5,52	5,33	0,68	4,41	9,51	5,10	0,47
Sousa	4.801,80	5,46	5,30	0,62	4,48	10,69	6,21	0,38
Patos	2.539,07	8,12	7,57	1,63	5,09	16,46	11,37	2,67
Piancó	3.296,78	5,87	5,41	1,24	4,31	13,06	8,75	1,53
Itaporanga	3.036,59	5,34	5,27	0,93	3,61	9,46	5,85	0,87
Serra do Teixeira	2.617,29	8,50	8,41	1,06	5,51	15,19	9,68	1,12
Seridó Ocidental Paraibano	1.738,48	9,35	9,16	1,55	6,14	15,83	9,69	2,39
Seridó Oriental Paraibano	2.595,14	9,29	9,33	0,73	7,33	12,25	4,92	0,54
Cariri Ocidental	7.012,18	7,30	7,24	1,12	5,43	16,29	10,87	1,25
Cariri Oriental	4.224,21	7,63	7,60	0,42	5,67	10,68	5,01	0,18
Curimataú Ocidental	3.910,31	8,49	8,35	0,77	6,31	11,66	5,35	0,59
Curimataú Oriental	1.351,77	9,34	9,23	1,00	6,50	12,30	5,80	1,01
Esperança	271,83	9,68	9,64	0,47	8,22	11,25	3,04	0,22
Brejo Paraibano	1.168,34	8,24	8,39	1,57	4,99	12,84	7,85	2,46
Guarabira	1.297,67	7,63	7,46	0,95	5,96	10,73	4,78	0,90
Campina Grande	2.092,34	7,78	7,84	0,73	5,36	10,03	4,67	0,53
Itabaiana	1.655,00	6,78	6,76	1,15	4,61	12,28	7,66	1,33
Umbuzeiro	1.173,87	8,36	8,28	1,14	5,33	12,69	7,36	1,29
Litoral Norte	1.961,39	7,50	7,49	0,59	5,86	9,68	3,82	0,35
Sapé	1.138,94	7,29	7,28	0,38	6,03	8,67	2,64	0,14
João Pessoa	1.251,26	6,82	6,86	0,45	5,56	8,25	2,69	0,21
Litoral Sul	877,52	6,98	6,97	0,51	5,48	8,20	2,72	0,26

Pode-se observar na Tabela 5 que, a média da velocidade do vento encontra-se entre 5,88 a 10,61 m/s com os menores valores, que não atingem o recomendado de 7 m/s, que ocorrem nas microrregiões de Itaporanga, Sousa, Cajazeiras, Piancó e Catolé do Rocha, em que a mediana também segue o mesmo padrão. Os maiores desvio padrão de 1,5 a 1,6 ocorrem na

microrregião do Seridó, Ocidental Paraibano, Brejo Paraibano e Patos. Os maiores valores acima de 7 m/s ocorrem nas microrregiões de Sapé, Seridó Ocidental Paraibano, Curimataú Ocidental, Curimataú Oriental, Seridó Oriental Paraibano e Esperança, respectivamente. Os maiores valores de variância ocorrem nas microrregiões do Seridó Ocidental Paraibano, Brejo Paraibano e Patos, respectivamente.

Tabela 5. Dados estatísticos descritivos por microrregião da velocidade média (m/s) a 200 m

Microrregião	Área (km ²)	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Alcance	Variância
Catolé do Rocha	3.035,98	6,90	6,87	0,52	5,43	11,19	5,76	0,27
Cajazeiras	3.419,47	6,13	5,94	0,69	5,03	9,76	4,73	0,48
Sousa	4.801,80	6,04	5,87	0,65	5,02	11,11	6,09	0,42
Patos	2.539,07	8,76	8,22	1,60	6,00	16,22	10,22	2,57
Piancó	3.296,78	6,37	5,87	1,26	4,87	13,15	8,28	1,58
Itaporanga	3.036,59	5,88	5,83	1,02	3,94	9,56	5,62	1,05
Serra do Teixeira	2.617,28	9,24	9,15	1,01	6,50	15,21	8,71	1,03
Seridó Ocidental Paraibano	1.738,47	10,13	9,99	1,51	7,22	15,71	8,49	2,28
Seridó Oriental Paraibano	2.595,14	10,21	10,27	0,71	8,21	12,78	4,57	0,50
Cariri Ocidental	7.012,18	8,04	8,04	1,10	6,03	15,99	9,97	1,22
Cariri Oriental	4.224,21	8,47	8,44	0,45	6,75	11,29	4,54	0,20
Curimataú Ocidental	3.910,31	9,43	9,29	0,77	7,38	12,45	5,07	0,59
Curimataú Oriental	1.351,76	10,36	10,27	0,91	7,80	13,09	5,29	0,83
Esperança	271,82	10,61	10,56	0,45	9,28	12,06	2,78	0,20
Brejo Paraibano	1.168,33	9,18	9,41	1,55	6,03	13,33	7,30	2,40
Guarabira	1.297,67	8,77	8,59	1,00	6,74	11,83	5,09	1,00
Campina Grande	2.092,33	8,69	8,74	0,72	6,29	10,71	4,42	0,52
Itabaiana	1.655,00	7,66	7,71	1,24	5,03	12,80	7,77	1,54
Umbuzeiro	1.173,86	9,30	9,23	1,08	6,11	13,12	7,01	1,17
Litoral Norte	1.961,38	8,41	8,34	0,71	6,68	10,68	4,00	0,50
Sapé	1.138,93	8,30	8,26	0,43	7,06	9,67	2,62	0,18
João Pessoa	1.251,26	7,46	7,44	0,50	6,15	8,89	2,75	0,25
Litoral Sul	877,52	7,62	7,59	0,66	6,13	9,06	2,93	0,44

Quanto a densidade média de potência, ocorrem os valores médios acima de 500 W/m² nas microrregiões de Guarabira, Curimataú Ocidental, Brejo Paraibano, Umbuzeiro, Serra do Teixeira, Patos, Seridó Oriental Paraibano, Curimataú Oriental, Esperança e Seridó Ocidental Paraibano, respectivamente (Tabela 9).

A mediana segue os valores médios. Os maiores valores de desvio padrão ocorrem em Piancó, Brejo Paraibano e Seridó Ocidental Paraibano, 224,27; 283,24 e 378,06, respectivamente. Dos valores mínimos, somente a microrregião de Esperança atinge os 500 W/m² de potência favorável a instalação de geradores eólicos. Quanto aos valores máximos, todas as regiões superam os 500 W/m² e os valores de alcance segue a mesma flutuação. Os maiores valores de variância ocorrem na microrregião do Brejo Paraibano seguida do Seridó Ocidental Paraibano entre 80.223,82 e 142.930,16, respectivamente.

Tabela 6. Dados estatísticos descritivos por microrregião da densidade média de potência (W/m²) a 10 m

Microrregião	Área (km ²)	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Alcance	Variância
Catolé do Rocha	3.035,98	40,33	36,68	35,53	0,04	1.048,09	-	1.262,57
Cajazeiras	3.419,48	29,72	20,63	46,29	0,31	1.297,29	-	2.143,12
Sousa	4.801,80	33,49	26,11	48,33	0,11	1.758,67	-	2.335,94
Patos	2.539,07	127,14	69,54	253,43	0,28	7.488,64	-	6.422,88
Piancó	3.296,78	60,12	34,53	114,88	0,03	4.092,39	-	13.196,83
Itaporanga	3.036,59	29,96	18,06	52,48	0,03	2.278,25	-	2.754,01
Serra do Teixeira	2.617,29	91,81	61,68	126,87	0,26	3.294,14	-	16.094,97
Seridó Ocidental Paraibano	1.738,48	173,86	112,31	258,00	0,49	6.552,87	-	66.562,30
Seridó Oriental Paraibano	2.595,14	89,93	79,29	47,04	3,60	853,53	-	2.212,97
Cariri Ocidental	7.012,18	59,82	43,10	104,55	0,11	5.210,68	-	10.930,84
Cariri Oriental	4.224,21	50,48	46,49	26,64	1,44	973,88	-	709,87
Curimataú Ocidental	3.910,31	64,44	53,88	38,85	1,44	742,39	-	1.509,25
Curimataú Oriental	1.351,77	107,71	85,55	80,90	3,34	915,09	-	6.545,24
Esperança	271,83	99,06	91,42	46,29	8,23	540,78	-	2.142,91
Brejo Paraibano	1.168,34	94,65	67,94	89,61	0,18	1.018,40	-	8.030,62
Guarabira	1.297,67	62,08	51,70	41,90	0,62	571,15	-	1.755,67
Campina Grande	2.092,34	55,25	50,53	26,14	0,10	575,23	-	683,13
Itabaiana	1.655,00	52,44	37,91	59,86	0,49	1.430,94	-	3.583,09
Umbuzeiro	1.173,87	94,90	68,59	84,37	0,26	1.028,63	-	7.118,91
Litoral Norte	1.961,39	47,67	45,73	22,33	0,99	268,25	-	498,84
Sapé	1.138,94	45,24	44,37	14,31	1,27	155,22	-	204,84
João Pessoa	1.251,26	32,98	31,44	19,49	0,79	182,42	-	379,93
Litoral Sul	877,52	41,55	39,73	18,23	1,40	187,91	-	332,42

Tabela 7. Dados estatísticos descritivos por microrregião da densidade média de potência (W/m²) a 100 m

Microrregião	Área (km ²)	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Alcance	Variância
Catolé do Rocha	3.035,98	155,17	147	50,60	49,39	1.167,44	1.118,05	2.561
Cajazeiras	3.419,48	123,59	100	67,26	47,81	1.045,58	997,77	4.525
Sousa	4.801,80	122,02	107	50,97	53,36	1.036,22	982,86	2.598
Patos	2.539,07	420,79	321	305,24	60,42	3.838,98	3.778,56	93.170
Piancó	3.296,78	207,87	139	171,15	43,55	1.875,02	1.831,47	29.292
Itaporanga	3.036,59	129,64	109	79,53	28,29	1.314,83	1.286,54	6.325
Serra do Teixeira	2.617,29	386,98	351	185,62	52,88	2.751,50	2.698,63	34.456
Seridó Ocidental Paraibano	1.738,48	585,25	519	323,33	90,41	3.606,15	3.515,74	104.542
Seridó Oriental Paraibano	2.595,14	403,56	397	102,68	167,05	1.075,41	908,36	10.543
Cariri Ocidental	7.012,18	240,33	204	169,68	84,46	4.057,34	3.972,88	28.790
Cariri Oriental	4.224,21	223,71	218	40,24	65,51	777,47	711,96	1.619
Curimataú Ocidental	3.910,31	299,40	272	94,54	101,74	871,89	770,16	8.939
Curimataú Oriental	1.351,77	413,55	381	155,54	99,78	1.155,13	1.055,35	24.194
Esperança	271,83	443,49	430	87,08	234,25	840,35	606,10	7.582
Brejo Paraibano	1.168,34	313,69	283	180,00	47,02	1.305,24	1.258,22	32.399
Guarabira	1.297,67	233,08	205	91,26	80,90	724,58	643,68	8.328
Campina Grande	2.092,34	228,91	228	59,75	74,37	598,35	523,98	3.570
Itabaiana	1.655,00	186,59	158	116,86	70,36	1.348,32	1.277,96	13.657
Umbuzeiro	1.173,87	319,61	281	152,32	49,61	1.322,38	1.272,77	23.201
Litoral Norte	1.961,39	205,20	199	53,84	84,30	454,22	369,92	2.898
Sapé	1.138,94	183,42	182	29,71	95,52	334,24	238,71	883
João Pessoa	1.251,26	160,86	157	41,15	72,42	308,51	236,10	1.693
Litoral Sul	877,52	173,04	172	35,45	67,60	298,95	231,36	1.256

Tabela 8. Dados estatísticos descritivos por microrregião da densidade média de potência (W/m^2) a 150 m

Microrregião	Área (km ²)	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Alcance	Variância
Catolé do Rocha	3.035,98	222,93	213,11	60,84	90,25	1.256,93	1.166,68	3.701,47
Cajazeiras	3.419,48	181,83	153,08	80,31	90,68	1.122,05	1.031,37	6.449,41
Sousa	4.801,80	176,60	157,44	60,12	95,79	1.099,87	1.004,09	3.614,34
Patos	2.539,07	551,96	446,55	338,98	114,75	3.641,79	3.527,04	11.490,79
Piancó	3.296,78	276,23	186,71	204,35	81,08	1.982,57	1.901,49	4.176,05
Itaporanga	3.036,59	182,54	160,13	98,46	50,94	1.152,37	1.101,42	9.694,01
Serra do Teixeira	2.617,29	525,99	493,09	208,63	125,10	2.773,72	2.648,62	4.352,50
Seridó Ocidental Paraibano	1.738,48	764,96	700,92	360,96	165,91	3.489,63	3.323,72	130.292,14
Seridó Oriental Paraibano	2.595,14	562,37	559,87	130,11	276,93	1.286,39	1.009,45	16.927,31
Cariri Ocidental	7.012,18	322,99	283,86	193,56	130,45	3.796,66	3.666,21	37.467,22
Cariri Oriental	4.224,21	313,41	305,23	52,79	136,59	830,97	694,38	2.786,35
Curimataú Ocidental	3.910,31	429,36	394,09	126,12	173,36	1.089,73	916,37	15.905,11
Curimataú Oriental	1.351,77	602,36	567,92	187,66	197,62	1.388,78	1.191,16	35.217,98
Esperança	271,83	626,59	612,00	96,73	384,69	996,34	611,65	9.356,80
Brejo Paraibano	1.168,34	454,17	432,50	236,71	95,01	1.550,71	1.455,71	56.033,26
Guarabira	1.297,67	358,30	318,54	139,05	159,07	960,24	801,18	19.335,48
Campina Grande	2.092,34	329,24	326,96	81,56	129,05	681,87	552,82	6.652,14
Itabaiana	1.655,00	271,53	242,23	153,88	107,28	1.493,40	1.386,12	23.679,39
Umbuzeiro	1.173,87	461,78	420,91	188,73	111,06	1.552,05	1.440,99	35.619,89
Litoral Norte	1.961,39	315,82	306,73	78,54	146,70	669,68	522,98	6.168,07
Sapé	1.138,94	293,39	289,80	44,30	165,58	493,61	328,03	1.962,60
João Pessoa	1.251,26	237,64	239,41	45,92	122,39	410,91	288,52	2.108,79
Litoral Sul	877,52	256,30	252,14	53,03	127,26	410,67	283,40	2.812,50

Tabela 9. Dados estatísticos descritivos por microrregião da densidade média de potência (W/m^2) a 200 m

Microrregião	Área (km ²)	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Alcance	Variância
Catolé do Rocha	3.035,98	302,53	290,73	72,41	143,40	1.312,58	1.169,18	5.242,65
Cajazeiras	3.419,47	249,93	216,95	92,27	144,01	1.167,26	1.023,26	8.513,91
Sousa	4.801,80	240,47	216,97	73,03	143,76	1.251,38	1.107,62	5.333,53
Patos	2.539,07	675,48	571,18	35,24	187,75	3.420,80	3.233,05	12.416,38
Piancó	3.296,78	344,55	249,76	224,27	126,58	1.971,76	1.845,19	50.296,15
Itaporanga	3.036,59	243,22	219,96	120,41	71,02	1.153,06	1.082,04	14.499,74
Serra do Teixeira	2.617,28	666,03	638,45	215,54	232,53	2.748,16	2.515,64	46.455,93
Seridó Ocidental Paraibano	1.738,47	944,44	895,59	378,06	260,82	3.369,08	3.108,26	142.930,16
Seridó Oriental Paraibano	2.595,14	746,63	750,13	156,30	374,23	1.493,12	1.118,88	24.430,48
Cariri Ocidental	7.012,18	416,24	380,52	203,48	184,66	3.491,30	3.306,64	41.403,39
Cariri Oriental	4.224,21	421,54	410,10	69,68	218,54	976,04	757,51	4.854,74
Curimataú Ocidental	3.910,31	584,25	543,88	155,26	276,04	1.335,59	1.059,55	24.106,97
Curimataú Oriental	1.351,76	816,31	785,71	209,69	338,46	1.663,01	1.324,55	43.969,51
Esperança	271,82	823,95	807,00	107,86	553,36	1.220,33	666,96	11.633,51
Brejo Paraibano	1.168,33	615,62	604,94	283,24	164,15	1.723,90	1.559,75	80.223,82
Guarabira	1.297,67	536,74	485,13	188,92	250,32	1.263,58	1.013,26	35.691,53
Campina Grande	2.092,33	450,38	445,65	102,85	191,38	808,57	617,19	10.577,49
Itabaiana	1.655,00	382,95	358,32	190,81	141,63	1.642,59	1.500,96	36.408,26
Umbuzeiro	1.173,86	623,72	584,15	214,96	204,91	1.743,53	1.538,61	46.208,40
Litoral Norte	1.961,38	455,95	437,33	117,39	220,82	894,00	673,19	13.779,69
Sapé	1.138,93	438,01	431,30	63,87	257,95	694,55	436,60	4.079,63
João Pessoa	1.251,26	319,56	314,90	61,92	172,31	549,63	377,32	3.834,66
Litoral Sul	877,52	347,51	336,37	84,09	179,47	557,93	378,46	7.071,82

No mapeamento eólico do Estado da Paraíba (PARAÍBA, 2014) evidenciou-se sete áreas de relevante potencial, Mataraca, Crimataú, Serra da Borborema, Seridó Oriental, Seridó Ocidental, Serra do Teixeira, São João do Tigre e Camalaú, sendo que aproximadamente 89% do potencial estimado encontram-se nas regiões da Serra do Teixeira e Planalto da Borborema. Resultados similares a este trabalho, no entanto, com valores maiores de potencial devido este trabalho ter adotado a altura de 200 m, maior que o adotado por PARAÍBA (2014) de 120 m de altura.

No Brasil, a tendência das maiores velocidades do vento, ocorrerem no litoral brasileiro e também em áreas do interior favorecidas por relevo e baixa rugosidade (ELETROBRÁS, 2008).

De acordo com Sauer et al. (2006), a Paraíba é um Estado privilegiado tanto pela localização geográfica, pois está em uma área banhada pelos ventos Alísios, que são praticamente constantes em direção e velocidade, quanto pela topografia que favorece sua distribuição no Estado.

Conforme Oliveira e Sousa (2017), a proximidade/afastamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) atua como um dos fatores de intensificação/desintensificação dos ventos. Juntamente com a migração da ZCIT ocorre o deslocamento da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), cuja configuração faz com que o vento de grande escala sopra paralelo à costa leste do Nordeste (HASTENRATH & HELLER, 1977; KOUSKY & CHU, 1978; FERREIRA & MELLO, 2005).

Além disso, os mecanismos de brisas marítimas no litoral e de vale-montanha no continente, formados pelo gradiente de temperatura originado a partir das diferenças de aquecimento, contribuem fortemente para o aumento na intensidade e na variação da direção dos ventos alísios (SILVA, 2003; VALENÇA, 2010).



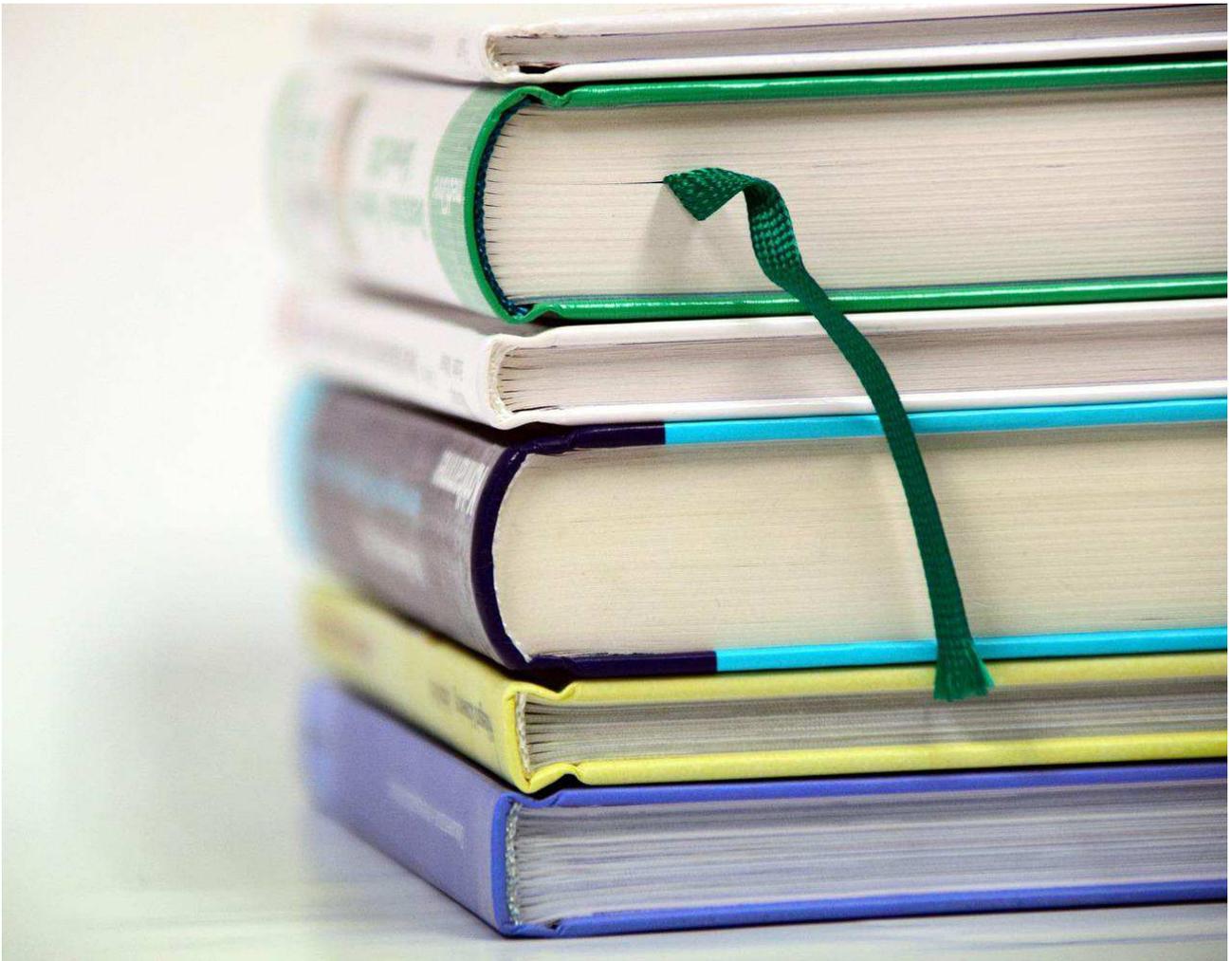
CONCLUSÃO

Pôde-se concluir que, o uso de geotecnologias pôde mapear o potencial eólico com rapidez e precisão.

Os resultados da geoestatística demonstraram a variabilidade do potencial eólico.

Os maiores valores de velocidade do vento (16,22 m/s) e de densidade média de potência (3.491,29 W/m²) ocorreram na simulação para 200 metros de altura.

As microrregiões de Esperança, Curimataú Oriental e Seridó Ocidental Paraibano apresentaram os maiores potenciais com probabilidade de instalação de aerogeradores.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARANTE, O. A. C. DO; BROWER, M.; ZACK, J.; SÁ, A. L. Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, Ministério de Minas e Energia. Eletrobrás, CEPEL. Brasília. 2001. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/index.php?link=/atlas_eolico_brasil/atlas.htm. Acesso em: 22 de janeiro de 2024.

AMARANTE, O. A. C. DO; SCHULTZ, D. J. Wind energy resource map of the state of Paraná, Brazil. Dewi Magazin, v.15, p.70-75, 1999.

AMARANTE, O. A. C. DO; SILVA, F. DE J. L. DA; ANDRADE, P. E. P. DE. Atlas eólico: Espírito Santo. Vitória: ASPE. 2009. 100p. Disponível em: <https://arsp.es.gov.br/Media/arsi/Energia/Estudos%20Energ%C3%A9ticos/2009/AtlasEolicoES.pdf>. Acesso em: 22 de janeiro de 2024.

AMARANTE, O. A. C. DO; SILVA, F. DE J. L. DA; ANDRADE, P. E. P. DE. Atlas eólico: Minas Gerais. Belo Horizonte: CEMIG. 2010. 84p. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/atlas_eolico_MG.pdf. Acesso em: 22 de janeiro de 2024.

AMARANTE, O. A. C. DO; SILVA, F. DE J. L. DA; RIOS FILHO, L. G. Potencial Eólico do Estado do Rio Grande do Norte. Companhia Energética do Rio Grande do Norte. 2003. 47p. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/atlas_eolico_RN.pdf. Acesso em: 22 de janeiro de 2024.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico. 2015. Disponível em: www.sigel.aneel.gov.br. Acesso em: 19 jul. 2015.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. BDGD - Base de Dados Geográfica da Distribuidora conforme PRODIST. Módulo 10 – Sistema de Informação Geográfica Regulatório. 2021. Disponível em: ftp://ftp.aneel.gov.br/srd/LAI/BDGD_LAI. Acesso em: 12 de dezembro de 2023.

ANEEL. Resolução Normativa n. 482, de 17 de abril de 2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Disponível em: <http://aneel.gov.br/cedo/ren2012482.pdf>. Acesso em: 15 novembro 2023.

ARCHER, C. L.; JACOBSON, M. Z. Evaluation of global wind power. *Journal of Geophysical Research*, v.110, e12110, 2005.

BADGER, J.; DAVIS, N.; HAHMANN, A. N.; OLSEN, B.; LARSÉN, X. G.; KELLY, M. C.; VOLKER, P.; BADGER, M.; AHSBAHS, T. T.; MORTENSEN, N. G.; EJSING JØRGENSEN, H.; LUNDTANG PETERSEN, E.; LANGE, J.; FICHAUX, N. The new worldwide microscale wind resource assessment data on IRENA's Global Atlas. The EUDP Global Wind Atlas. European Wind Energy Association. 2015. 42p. Disponível em: <https://research.cbs.dk/en/publications/the-new-worldwide-microscale-wind-resource-assessment-data-on-ire>. Acesso em: 23 de janeiro de 2024.

BADGER, J.; EJSING JØRGENSEN, H.; KELLY, M. C.; BINGÖL, F.; MORTENSEN, N.G.; HAHMANN, A. N.; BADGER, M.; MALLAFRE, I. M.; ARENT, D. Discovering the true wind resource: Including hi-res terrain effects for a new and Global Wind Atlas. In: European Wind Energy Conference

& Exhibition European Wind Energy Association, 2012, Copenhagen. Anais...Copenhagen, 2012.

BARBOSA, C. C. F. Álgebra de mapas e suas aplicações em sensoriamento remoto e geoprocessamento. 152f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 1997.

BARBOSA, C. C.; CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. DE; CREPANI, E.; NOVO, E.; CORDEIRO, J. P. C. Operadores zonais em álgebra de mapas e sua aplicação no Zoneamento Ecológico Econômico. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 9, 1998, Santos. Anais...Santos, 1998.

BENELLI, S. L.; DORWEILER, R. P.; PROCOPIAK, L. A. J. Evolução tecnológica do mapeamento do potencial eólico. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14, 2009, Natal. Anais...Natal, 2009.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global: Esboço Metodológico. Caderno de Ciências da Terra, 13. Inst. de Geografia-USP. São Paulo. 1981.

BOWEN, A.; MORTENSEN, N. G. WAsP prediction errors due to site orography. Forskningscenter Risoe Rep. 2004. 65p. Disponível em: https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/7711496/ris_r_995.pdf. Acesso em: 23 de janeiro de 2024.

CARNEIRO, T. C.; CARVALHO, P. C. M. DE. Caracterização de potencial eólico: estudo de caso para Maracanaú (CE), Petrolina (PE) e Parnaíba (PI). Revista Brasileira de Energia Solar, v.6, n.1, p.1-10, 2015.

COELBA. Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia. Atlas do Potencial Eólico do Estado da Bahia. (Org). AMARANTE, O. A. C. DO; SILVA, F. DE J. L. DA. Salvador. 2002. 61p. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/atlas_eolico_BA.pdf>. Acesso em: 22 de janeiro de 2024.

CONRAD, O.; BECHTEL, B.; BOCK, M.; DIETRICH, H.; FISCHER, E.; GERLITZ, L.; WEHBERG, J.; WICHMANN, V.; BÖHNER, J. System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) v. 2.1.4, Geosci. Model Dev., v.8, p.1991-2007, 2015.

DAVIS, N. N.; BADGER, J.; HAHMANN, A. N.; HANSEN, B. O.; MORTENSEN, N. G.; KELLY, M.; LARSÉN, X. G.; OLSEN, B. T.; FLOORS, R.; LIZCANO, G.; CASSO, P.; LACAVE, O.; BOSCH, A.; BAUWENS, I.; KNIGHT, O. J.; LOON, A. P. VAN; FOX, R.; PARVANYAN, T.; HANSEN, S. BO K.; HEATHFIELD, D.; ONNINEN, M.; DRUMMOND, R. The Global Wind Atlas: A high-resolution dataset of climatologies and associated web-based application. Bulletin of the American Meteorological Society, v.104, n.8, e1507-1525, 2023.

ELETROBRÁS. Centrais Elétricas Brasileiras S.A. Atlas Eólico do Estado de Alagoas. 2008. 67p. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/atlas_eolico_AL.pdf. Acesso em: 23 de janeiro de 2024.

ENERGISA PARAÍBA. 2021. Disponível em: www.energisa.com.br. Acesso em: 1 jul. 2014.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2021 ano base 2020. 2021. Ministério de Minas e Energia. Brasília, 255p. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anu%C3%A1rio_2021.pdf. Acesso em: 14 de dezembro de 2023.

ESRI. Mapa Topográfico Mundial. 2024. Disponível em: <http://www.arcgis.com/home/item.html?id=30e5fe3149c34df1ba922e6f5bbf808f>. Acesso em: janeiro de 2024.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região nordeste do Brasil e a influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. *Revista Brasileira de Climatologia*, v.1, n.1, p.15-28, 2005.

FRANCISCO, P. R. M. Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2010.

FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; LIMA, E. R. V. DE. Classificação de terras para mecanização agrícola e sua aplicação para o Estado da Paraíba. *Revista Educação Agrícola Superior*, v.28, n.1, p.30-35, 2013.

FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M. DE; SANTOS, D.; MATOS, R. M. DE. Classificação climática de Köppen e Thornthwaite para o Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.8, n.4, p.1006-1016. 2015.

FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D. *Climatologia do Estado da Paraíba*. 1ª ed. Campina Grande: EDUFCG. 2017. 75p.

FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D.; RIBEIRO, G. DO N.; SILVA, V. F.; AYRES, G. D. J.; RODRIGUES, R. C. M. Dinâmica temporal da cobertura e uso das terras do Estado da Paraíba utilizando Mapbiomas®. *Scientific Journal of Environmental Sciences and Biotechnology*, v.9, n.3, p.56-65, 2023.

FRANCISCO, P. R. M.; SOUSA, J. H. S. DE; RIBEIRO, G. DO N.; RODRIGUES, R. C. M. Potencial fotovoltaico de áreas urbanizadas do Estado da Paraíba utilizando geotecnologias. *Journal of Hyperspectral Remote Sensing*, v.13, n.4, p.484-496, 2023.

- GELLER, H.; SCHAEFFER, R.; SZKLO, A.; TOLMASQUIM, M. Policies for advancing energy efficiency and renewable energy use in Brazil. *Energy Policy*, v.32, n.12, p.1437-1450, 2004.
- GRUBB, M. J.; MEYER, N. I. Wind energy: resources, systems and regional strategies. In: JOHANSSON, T. B. et al. *Renewable energy: sources for fuels and electricity*. Washington, D.C.: Island Press. 1993.
- GRUBER, K.; KLÖCKL, C.; REGNER, P.; BAUMGARTNER, J.; SCHMIDT, J. Assessing the Global Wind Atlas and local measurements for bias correction of wind power generation simulated from MERRA-2 in Brazil. *Energy*, v.189, e116212, 2019.
- GRUBER, K.; REGNER, P.; WEHRLE, S.; ZEYRINGER, M.; SCHMIDT, J. Towards a global dynamic wind atlas: A multi-country validation of wind power simulation from MERRA-2 and ERA-5 reanalyses bias-corrected with the Global Wind Atlas. *Energy*, v.238, Part A, e121520, 2022.
- GWA. Global Wind Atlas. 2024. Disponível em: <https://globalwindatlas.info/en>. Acesso em: 22 de janeiro de 2024.
- HARTSHORNE, R. *Propósitos e Natureza da Geografia*. São Paulo, HUCITEC/EDUSP, 1978.
- HASTENRATH, S.; HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in Northeast Brazil. *Quarterly Journal Royal Meteorological Society*, v.103, p.77-92, 1977.
- HYNDMAN, R. J.; FAN, Y. Sample Quantiles in Statistical Packages. *The American Statistician*, v.50, n.4, p.361-365, 1996.
- IBGE. Diretoria de Geociências. Coordenação de Meio Ambiente. *Áreas Urbanizadas do Brasil 2019*. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/redes-geograficas/15789-areas-urbanizadas.html?=&t=downloads>. Acesso em: 12 de dezembro de 2023.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2022. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 de dezembro de 2023.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Malhas territoriais*. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>. Acesso em: 10 de dezembro de 2023.
- KOUSKY, V. E.; CHU, P. S. Fluctuations in annual rainfall for Northeast Brazil. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, v.57, p.457-465, 1978.
- LIMA, F. J. L. DE; CAVALCANTI, E. P.; SOUZA, E. P. DE. Avaliação do potencial eólico em cinco regiões do Estado da Paraíba. *Revista de Geografia (Recife)*, v.27, n.1, p.138-153, 2010.
- LIMA, J. S. DE S.; SATTTLER, M. A.; XAVIER, A. C.; OLIVEIRA, R. B. DE; PASSOS, R. R.; OLIVEIRA, P. C. Variabilidade espacial da textura de um Argissolo Vermelho Amarelo sob cultivo de pastagem e vegetação nativa. *Ciência Rural*, v.39, n.9, p.2634-2637, 2009.

- MORTENSEN, N. G.; BADGER, J.; HANSEN, J. C.; MABILLE, E.; SPAMER, Y. Large-scale, high-resolution wind resource mapping for wind farm planning and development in South Africa. In: European Wind Energy Conf. and Exhibition, 2014, Barcelona, Spain. Anais...Barcelona: European Wind Energy Association, 2014.
- MORTENSEN, N. G.; DAVIS, N.; BADGER, J.; HAHMANN, A. N. Global Wind Atlas – validation and uncertainty. 2017. In: Wind Europe Resource Assessment Workshop, 2017, Edinburgh, United Kingdom. Anais...Edinburgh, 2017.
- NIYOMTHAM, L.; WAEWSAK, J.; CHUNCHAM, C. Avaliação do potencial da energia eólica através do método de mapeamento eólico. *Journal of Universidad Thaksin*, v.23, n.1, p.39-48, 2020.
- OLIVEIRA, S. S. DE; SOUZA, E. P. DE. Análise de modelos de mesoescala para caracterização do potencial eólico do Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.32, n.2, p.277-291, 2017.
- ONS. Operador Nacional do Sistema. Sistema de Informações Geográficas Cadastrais do Sistema Interligado Nacional - SINDAT. Disponível em: www.aplicsindat.ons.org.br/sindat. Acesso em: 14 de dezembro de 2014.
- ORTIZ, G. P.; KAMPEL, M. Potencial de energia eólica offshore na margem do Brasil. In: Simpósio Brasileiro de Oceanografia, 5, 2011, Santos. Anais...Santos, 2011.
- OTTO, A. Wind Atlas for South Africa: Phase 1. South African National Energy Development Institute Doc. 2015. 50p. Disponível em: <https://wasaproject.info/docs/WASABooklet.pdf>. Acesso em: 23 de janeiro de 2024.
- PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo e Atlas. Brasília, DF. 2006. 112p.
- PARAÍBA. Secretaria de Infraestrutura, Recursos Hídricos, do Meio Ambiente e da Ciência e Tecnologia. Camargo Schubert Engenheiros Associados. Associação Técnico Científica Ernesto Luiz de Oliveira Júnior, ATECEL. Atlas eólico: Paraíba. Campina Grande: ATECEL/UFPG. 2014. 104p. Disponível em: <https://paraiba.pb.gov.br/diretas/secretaria-de-infraestrutura-e-dos-recursos-hidricos/arquivos/atlas-pb-2017.pdf/view>. Acesso em: 22 de janeiro de 2024.
- PERNAMBUCO. Governo do Estado de Pernambuco. Secretaria de Desenvolvimento Econômico. Atlas Eólico e Solar de Pernambuco. Disponível em: <http://www.atlaseolicosolar.pe.gov.br>. Acesso em: 22 de janeiro de 2024.

- PIMENTA, F.; KEMPTON, W.; GARVINE, R. W. Combining meteorological stations and satellite data to evaluate the offshore wind power resource of Southeastern Brazil. *Renewable Energy*, v.33, n.11, p.2375-2387, 2008.
- RAMDAS, B.; BASTIN, J.; KRISHNAN, B.; KUMAR, T. S.; SOLOMON, J. C. D.; BALARAMAN, K. Validation of Global Wind Atlas for India. In: *International Power and Renewable Energy Conference, 2022, Kollam, India. Anais...Kollam, 2022.*
- SAGA. System for Automated Geoscientific Analyses. 2024. Disponível em: <https://saga-gis.sourceforge.io/en/index.html>. Acesso em: 24 de janeiro de 2024.
- SAUER, I. L.; QUEIROZ, M. S.; MIRAGAYA, J. C. G.; MASCARENHAS, R. C.; QUINTINO JÚNIOR, A. R. Energias Renováveis: Ações e Perspectivas na Petrobras. *Análise e Dados*, v.16, n.1, p.9-22, 2006.
- SILVA, B. B. DA; ALVES, J. J. A.; CAVALCANTI, E. P. Caracterização do potencial eólico da direção predominante do vento no Estado da Bahia. In: *Congresso Brasileiro de Meteorologia, 12, 2002, Foz de Iguaçu. Anais...Foz de Iguaçu, 2002.*
- SILVA, D. G.; LOPES, R. P.; CARVALHO, D. F. Caracterização do potencial eólico em Seropédica (RJ). *Revista Energia na Agricultura*, v.28, n.3, p.185-192, 2013.
- SILVA, G. R. Características de Vento da Região Nordeste. 141f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2003.
- SILVA, J. K. A. DA. Caracterização do vento e estimativa do potencial eólico para a região de tabuleiros costeiros (Pilar, Alagoas). 64f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Instituto de Ciências Atmosféricas. Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2007.
- SILVESTRE, A. L. *Análise de dados e estatística descritiva*. Escolar Editora, 2007.
- SOUZA, A.; OLIVEIRA, S. S.; OZONUR, D. Análise da estimativa dos parâmetros da distribuição de Weibull para velocidade do vento em Campo Grande-MS. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, n.4, n.3, p.168-179, 2019.
- TAMMELIN, B.; VIHMA, T.; ATLASKIN, E.; BADGER, J.; FORTELIUS, C.; GREGOW, H.; HORTTANAINEN, M. T.; HYVÖNEN, R.; KILPINEN, J.; LATIKKA, J.; HÄMÄLÄINEN, K.; MORTENSEN, N. G.; NIEMELÄ, S.; RUOSTEENOJA, K.; SALONEN, K.; SUOMI, I.; VENÄLÄINEN, A. Production of the Finnish Wind Atlas. *Wind Energy*, v.16, p.19-35, 2012.
- TRICART, J. *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro. IBGE-SUPREN. 1977.
- TRICART, J.; KIEWIETDEJONGE, C. *Ecogeography and Rural Management: A Contribution to the International Geosphere-Biosphere Programme*. Essex. Longman Scientific & Technical, 1992.

TROEN, I. A high resolution spectral model for flow in complex terrain. In: Symposium on Turbulence and Diffusion, 9, 1990, Roskilde, Denmark. Anais... Roskilde: American Meteorological Society, 1990.

TROEN, I.; PETERSEN, E. L. European Wind Atlas. Riso National Laboratory Rep. 1989. 657p. Disponível em:

https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/112135732/European_Wind_Atlas.pdf.

Acesso em: 23 de janeiro de 2024.

TUCHTENHAGEN, P.; BASSO, J.; YAMASAKI, Y. Avaliação do potencial eólico no Brasil em 2011. *Ciência e Natura*, v.36, n.2, p.390-401, 2014.

VALENÇA, D. A. A. Proposição de uma metodologia para a avaliação do aproveitamento da energia eólica em ambiente urbano. 130f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Pernambuco. 2010.

VAREJÃO-SILVA M. A.; BRAGA, C. C.; AGUIAR M. J. N.; NIETZCHE M. H.; SILVA, B. B. Atlas Climatológico do Estado da Paraíba. UFPB, Campina Grande. 1984.

ZULUAGA, M. M.; DYNER, I. Incentives for renewable energy in reformed Latin-American electricity markets: the Colombian case. *Journal of Cleaner Production*, v.15, n.2, p.153-162, 2007.

ANEXOS



Anexo 1. Serra do Teixeira (748 m) com vistas ao município de Patos.

Fonte: Paulo Roberto Megna Francisco (2009).



Anexo 2. Região de serra do município de Salgadinho.

Fonte: Paulo Roberto Megna Francisco (2010).



Anexo 3. Região do Brejo - Areia.

Fonte: Djail Santos (2023).



CURRICULUM DOS AUTORES

Paulo Roberto Megna Francisco: Atuou como Pesquisador de Desenvolvimento Científico Regional de Interiorização na Universidade Federal da Paraíba-UFPB-CCA/Areia. Graduado como Engenharia Agrícola pela UFCG. Doutorado em Recursos Naturais (Concentração em Engenharia de Recursos Naturais). Possui Doutorado em Engenharia Agrícola (Concentração em Irrigação e Drenagem) pela Universidade Federal de Campina Grande - UFCG (2013), Mestrado em Agronomia - Manejo de Solo e Água (Concentração - Agricultura Sustentável e Planejamento Ambiental) pela Universidade Federal da Paraíba - UFPB - Areia (2010) e Graduado como Tecnólogo Agrícola (Mecanização) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP - Bauru (1990). Tem experiência na Docência na área de Agronomia, com ênfase em Mecanização Agrícola, Máquinas e Implementos Agrícolas e Máquinas Agrozootécnicas. Atua como pesquisador, colaborador e orientador em projetos junto à UFPB Campus de Areia, UFCG - Campus de Campina Grande, Campus de Sumé e Campus Patos. Tem experiência em classificação técnica e mapeamento de solos, aptidão agrícola e pedoclimática, capacidade de uso do solo, geoprocessamento, cartografia, sensoriamento remoto, geoestatística, geração de balanço hídrico e índices climáticos. Prestou consultoria para o INCRA/PB na realização de PDAs. Foi Consultor Ad hoc do CONFEA como organizador do CONTECC. Editor Chefe da Editora Portal Tecnológico-EPTEC. Atualmente colabora como organizador e na comissão científica do CNMA-Poços de Caldas.

paulomegna@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-5062-5434>

José Hugo Simplicio de Sousa: Engenheiro de Biosistemas pela Universidade Federal de Campina Grande, CDSA/Campus Sumé com ênfase em Sensoriamento Remoto e geoprocessamento. Atuou como bolsista do Programa Institucional de Iniciação Científica-PIBIC, em projetos na área de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento, entre 2021 a 2023 e atuou em projeto na área de secagem de alimentos entre 2020 e 2021. Ex-Membro Associado Consultor Júnior da SistemBIO Jr, Empresa Júnior do curso de Engenharia de Biosistemas da UFCG/CDSA.

hugosimplicio123@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-5068-0663>

George do Nascimento Ribeiro: Possui graduação em Agronomia (2003) e mestrado em Manejo e Conservação de Solo e Água (2006) pela Universidade Federal da Paraíba, doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (2014) e Pós-doutorado em Fontes Alternativas de Energias pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Química da UFCG (LABFREN/UFCG). Atualmente é professor da Universidade Federal de Campina Grande/CDSA/Campus Sumé. Tem experiência nas áreas de Geociências, com ênfase em Sensoriamento Remoto (recursos naturais, geotecnologias e mapeamento temático) e em Energias Renováveis (produção de hidrogênio como fonte de combustível para fuel cell e energia solar - placas fotovoltaicas).

george.nascimento@professor.ufcg.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0003-4225-0967>

José Nilton Silva: Bacharel em Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande (2009), Mestre e Doutor em Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande (2013), Licenciado em Química pela Universidade Estadual da Paraíba (2006). É Professor Adjunto na Universidade Federal de Campina Grande, lotado no Departamento de Engenharia Química, do Centro de Ciências e Tecnologias. Tem experiência na área de Engenharia Química, Sistemas Computacionais, com ênfase em processos e processamento de dados, atuando principalmente nos temas: modelagem, simulação de processos, projeto de processos industriais e energias renováveis. Na área de Gestão em Ciência, Tecnologia e Inovação é ativo em Sistemas de Inovação, Empreendedorismo Inovador, Proteção do Conhecimento, Transferência de Tecnologia, Interação Universidade-Empresa e Incubadoras de Empresas/Parques Tecnológicos. É orientador do quadro dos PPGs em Engenharia Química-UFCG e do PROFNIT- ponto focal Paraíba. Coordenou o Núcleo de Inovação e Transferência de Tecnologia NITT/UFCG (2017-2018), e atual assessor de PI do NITT-UFCG, e em 2018, Diretor Geral da Fundação Parque Tecnológico da Paraíba – PaqTcPB.

nilton@eq.ufcg.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0001-7128-8396>

Raimundo Calixto Martins Rodrigues: Possui graduação em Agronomia pela Universidade Estadual do Maranhão (2003), Mestrado em Agroecologia pela Universidade Estadual do Maranhão (2008), Doutorado Engenharia Agrícola, área de concentração em Construções Rurais e Ambiente, na Universidade Federal de Campina Grande UFCG (2022). Professor vinculado ao Departamento de Engenharia Agrícola, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Maranhão UEMA, Campus Paulo VI em São Luís - MA.

calixto@cca.uema.br

 <https://orcid.org/0000-0001-8437-7857>



978-65-00-97303-7