



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
FACULDADE DE ARQUITETURA, ENGENHARIA E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

GIOVANNA BRAGANÇA FOCKINK

**ESTUDO DE VIABILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO DE MINITURBINAS EÓLICAS NA
GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NO AMBIENTE URBANO DA GRANDE CUIABÁ**

CUIABÁ – MT
DEZEMBRO, 2022

GIOVANNA BRAGANÇA FOCKINK

**ESTUDO DE VIABILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO DE MINITURBINAS EÓLICAS NA
GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NO AMBIENTE URBANO DA GRANDE CUIABÁ**

Trabalho Final de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Mato Grosso, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador:
Prof. Dr. José Mateus Rondina

CUIABÁ – MT
DEZEMBRO, 2022

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

F652e Fockink, Giovanna Bragança.

Estudo de viabilidade de implementação de miniturbinas eólicas na geração distribuída no ambiente urbano da grande Cuiabá [recurso eletrônico] / Giovanna Bragança Fockink. -- Dados eletrônicos (1 arquivo : 41 f., il. color., pdf). -- 2022.

Orientador: José Mateus Rondina.

TCC (graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Cuiabá, 2022.

Modo de acesso: World Wide Web: <https://bdm.ufmt.br>.

Inclui bibliografia.

1. Geração distribuída, Miniturbina eólica, Energia Renovável, Cuiabá. I. Rondina, José Mateus, *orientador*. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

DESPACHO

Processo nº 23108.103491/2022-61

Interessado: JOSE MATEUS RONDINA

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA MONOGRAFIA: ESTUDO DE VIABILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO DE MINITURBINAS EÓLICAS NA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NO AMBIENTE URBANO DA GRANDE CUIABÁ

ALUNA: GIOVANNA BRAGANÇA FOCKINK

Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia da Universidade Federal de Mato Grosso, como requisito para a obtenção de grau de bacharel em Engenharia Elétrica.

Aprovada em 15 de dezembro de 2022.

Nota: 8,60

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Mateus Rondina



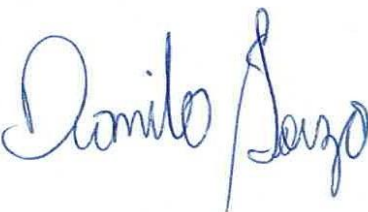
Orientador

Prof. Alcides Teixeira da Silva



Examinador

Prof. Danilo Ferreira de Souza



Examinador

GIOVANNA BRAGANÇA FOCKINK



RESUMO

FOCKINK, G.B. Estudo de viabilidade de implementação de miniturbinas eólicas na geração distribuída no ambiente urbano da grande Cuiabá.

2022. 42f. Trabalho Final de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, 2022.

A energia eólica está muito mais associada a parques eólicos com aerogeradores enormes, no litoral e regiões de morro, onde a média de ventos é sabidamente mais alta que em outras partes do país. Porém com o avanço nas pesquisas e nos investimentos para geração distribuída e a descentralização da produção de energia, existe um mercado para mini e microgeração de energia eólica a ser explorado em regiões onde não há espaço para esses grandes parques eólicos. Esse estudo apresentou a viabilidade de implementação de miniturbinas eólicas nos espaços urbanos da cidade de Cuiabá introduzido na geração distribuída. Esse estudo levou em conta as velocidades médias de ventos dos bairros, as estações do ano e a influência nas médias dos ventos, a potência produzida pelas miniturbinas escolhidas e o seu valor.

Palavras-chave: Geração distribuída, Miniturbina eólica, Energia Renovável, Cuiabá.

ABSTRACT

Wind energy is much more associated with wind farms with huge wind turbines, on the coast and in hilly regions, where the average wind is known to be higher than in other parts of the country. However, with advances in research and investments in distributed generation and the decentralization of energy production, there is a market for mini and micro generation of wind energy to be explored in regions where there is no space for these large wind farms. This study will study the feasibility of implementing of mini wind turbines in the urban spaces of the city of Cuiabá introduced in distributed generation. This study took into consideration the average wind speeds of the neighborhoods, the seasons and the influence on the average winds, the power produced by the chosen small wind turbines and their cost.

Keywords: Distributed generation, Small wind turbine, Renewable Energy, Cuiabá.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1 - Matriz não renovável brasileira.	16
Figura 2 - Matriz renovável brasileira.	17
Figura 3 - Ilustração da geração distribuída.	22
Figura 4 - Mapa de vento do Brasil.	23
Figura 5 - Isopletas da velocidade básica V_o (m/s).	24
Figura 6 - Matriz elétrica do Mato Grosso.	25
Figura 7 - Foco nos dados da figura 4.	25
Figura 8 - Zoom na região de Cuiabá.	26
Figura 9 - Matriz por origem de combustível.	27
Figura 10 - Matriz elétrica brasileira por origem de combustível.	27
Figura 11 - Turbina Avatar I	28
Figura 12 - Turbina Marsrock	29
Figura 13 - Turbina Enersud.	30
Figura 14 - Gráfico das médias trimestrais de vento dos bairros de Cuiabá (m/s).	32
Figura 15 - Gráfico da turbina Avatar (kW).	33
Figura 16 - Gráfico da turbina Marsrock (kW)	34
Figura 17 - Gráfico da energia gerada pela turbina Enersud (kW)	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Especificações das turbinas	31
Tabela 2. Média de ventos de Cuiabá e região metropolitana.....	31
Tabela 3. Média de ventos dos bairros de Cuiabá de acordo com a CRESESB, ventos medidos a 50 m de altura.	31
Tabela 4. Energia gerada trimestral da turbina Avatar (kWh).....	33
Tabela 5. Energia gerada trimestral da turbina Marsrock (kWh)	34
Tabela 6. Potência média trimestral da turbina Enersud (kWh).....	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CGH	Centrais Geradoras Hidrelétrica
CRESESB	Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito
EOL	Centrais Geradoras Eólicas
GD	Geração Distribuída
kW	Quilo Watt
kWh	Quilo Watt hora
m/s	Metros por segundo
NBR	Norma Brasileira
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
RN	Resolução Normativa
Rpm	Rotação por minuto
UFV	Usina Fotovoltaica
UHE	Usina Hidrelétrica
UTE	Usina Termoelétrica
UTN	Usina Termonuclear

SUMÁRIO

1	Introdução.....	13
1.1	Problemática	13
1.2	Justificativa	13
1.3	Objetivos.....	13
1.3.1	Objetivo Geral	13
1.3.2	Objetivos Específicos	13
2	Referencial Teórico	14
2.1	Matriz Elétrica	14
2.1.1	Matriz Elétrica Brasileira 2020.....	14
2.2	Formas de Energia	14
2.2.1	Energia Elétrica	14
2.2.2	Energia Cinética	14
2.2.3	Energia primária e Energia útil.....	15
2.3	Fontes de energia não renováveis	15
2.4	Fontes de energia renováveis	17
2.5	Energia eólica.....	18
2.5.1	Benefícios	18
2.6	Tipos de Aerogeradores	19
2.6.1	Principais Componentes de um Aerogerador de Eixo Horizontal.....	19
2.6.1.1	Pás.....	19
2.6.1.2	Rotor	19
2.6.1.3	Torre	19
2.6.1.4	Nacelle	19
2.6.1.5	Gearbox (caixa multiplicadora).....	20
2.6.1.6	Gerador	20
2.6.1.7	Anemómetro	20

2.7	Geração distribuída	20
2.7.1	Como funciona a geração distribuída no Brasil.....	22
3	Materiais e Métodos	22
3.1	Métodos.....	22
3.1.1	Mapas de vento.....	23
3.1.2	Mapa da matriz elétrica	25
3.1.3	Matriz elétrica por origem de combustível.....	26
3.2	Materiais	28
3.2.1	Primeiro Fabricante	28
3.2.2	Segundo Fabricante	29
3.2.3	Terceiro Fabricante.....	29
4	Simulação	30
4.1	Base de dados das especificações de cada marca	30
4.2	Turbina Avatar.....	32
4.3	Turbina Marsrock.....	34
4.4	Turbina Enersud.....	35
5	Resultados e Análises	36
5.1	Resultado.....	36
5.2	Análise	37
6	Considerações Finais	37
6.1	Conclusão.....	37
6.2	Sugestões para trabalhos futuros.....	37
	REFERÊNCIAS	38

1 Introdução

Esse estudo foi feito focado em trazer ao leitor uma fonte alternativa que já está disponível no mercado a algum tempo, e ele pode nem saber disso, a geração de energia eólica através de miniturbinas adaptadas para o funcionamento em ambiente urbano e com injeção de energia direto na rede de distribuição.

1.1 Problemática

Com o intuito de reduzir os gastos com energia elétrica na região, se faz necessária a busca por fontes complementares de energia. Uma vez que a geração para o autoconsumo não é taxada com os impostos.

1.2 Justificativa

Já existem várias empresas de energia solar, mas a energia eólica não está sendo tão explorada. E o vento não para de soprar. Mesmo que o potencial eólico da região não seja tão bom quanto de uma cidade no litoral, não significa que ela não possa ajudar como uma outra fonte de energia suplementar.

1.3 Objetivos

Energias alternativas já existem a muito tempo, mas o uso de petróleo sempre foi muito conveniente, porém agora existem uma onda de desvinculação de geração de energia das fontes não renováveis e uma busca/reciclagem de novas fontes de energia que sejam renováveis e que também sejam menos danosas para o meio ambiente. Outra proposta que também está ganhando força é a descentralização da geração e uma rede de distribuição com novas fontes de energia. Como as usinas individuais de casas e comércios, que além de suprir o próprio consumo também injeta energia na rede elétrica.

1.3.1 Objetivo Geral

Estudar a viabilidade da implementação de miniusinas eólicas na grande Cuiabá na geração distribuída.

1.3.2 Objetivos Específicos

- a) Avaliar a distribuição de ventos na capital e nos municípios adjacentes;

- b) Estimar custos de equipamentos para microgeração eólica para avaliar viabilidade de implantação;
- c) Calcular a potência gerada de cada marca e modelo escolhidos em alguns bairros da capital;

2 Referencial Teórico

2.1 Matriz Elétrica

A matriz elétrica é formada pelo conjunto de fontes disponíveis apenas para a geração de energia elétrica em um país. A geração de energia elétrica no mundo é baseada, principalmente, em combustíveis fósseis como carvão, óleo e gás natural, em termelétricas [7].

2.1.1 Matriz Elétrica Brasileira 2020

A matriz elétrica brasileira é baseada em fontes renováveis de energia, ao contrário da mundial. Grande parte da energia elétrica gerada no Brasil vem de usinas hidrelétricas [7]. A energia eólica também vem crescendo bastante, contribuindo para que a nossa matriz elétrica continue sendo, em sua maior parte, renovável [7]. Isso é ótimo para o Brasil, pois além de possuírem menores custos de operação, as usinas que geram energia a partir de fontes renováveis em geral emitem bem menos gases de estufa [7].

2.2 Formas de Energia

Energia é a capacidade de executar um trabalho, e "trabalho" significa deslocar, rodar, transformar [8].

2.2.1 Energia Elétrica

Em materiais metálicos, os elétrons podem caminhar, levando energia de um local para outro, por exemplo, da tomada pelo fio até a televisão. Esse movimento é chamado de energia elétrica ou eletricidade [10].

2.2.2 Energia Cinética

Está presente quando algo está em movimento. Por exemplo, a energia da água do rio, do vento ou das marés. Essa energia pode ser transformada em energia elétrica [10].

Na Usina Eólica, o vento empurra as pás do aerogerador (que parece um cata-vento). As pás giram e o gerador transforma a energia cinética em eletricidade [10].

2.2.3 Energia primária e Energia útil

A iluminação é "energia útil" ou "serviço de energia", já que a luz está sendo utilizada diretamente por nós, para que possamos andar pela casa, encontrar objetos e realizar outras atividades [8].

A energia elétrica que está disponível nos fios das nossas casas pode ser chamada de "energia final". Recebe esse nome, pois já pode ser usada pelo usuário final, você. Os fios que chegam à nossa casa estão ligados aos postes e a cabos suspensos. Em alguns bairros ou cidades, esses cabos são subterrâneos, ou seja, passam por baixo da terra [8].

Esses cabos estão ligados à subestação de energia elétrica, que contém aparelhos chamados transformadores. Esses transformadores transformam a eletricidade que chega até ela em uma forma adequada para ser distribuída pela cidade. Essas transformações na eletricidade são necessárias para facilitar todo o transporte dessa energia até a nossa casa e poder ser utilizada em nossos interruptores e eletrodomésticos [8].

Essas linhas vêm das usinas de geração de energia elétrica. As usinas de geração fazem a transformação de formas diferentes de energia disponíveis na natureza em eletricidade.[8]

Essas formas disponíveis na natureza podem ser o vento, a água do rio, o carvão, o gás natural, entre outras opções. Essa forma natural é conhecida como "energia primária", pois está na sua primeira forma, ou forma bruta. Como não há eletricidade disponível na natureza, pelo menos não de forma fácil (você não vai ficar esperando um raio cair, vai?), temos que transformar as fontes primárias em eletricidade, ou seja, na nossa energia final [8].

2.3 Fontes de energia não renováveis

As fontes de energia que pertencem a este grupo são finitas ou esgotáveis. Para a maioria delas, a reposição na natureza é muito lenta, pois resulta de um processo de milhões de anos sob condições específicas de temperatura e pressão. Quanto mais usamos as fontes de energia não renováveis, menos teremos no estoque total. São exemplos de fontes não renováveis de energia: petróleo, carvão mineral, gás natural, nuclear e outros [9]. Essas fontes ainda são usadas na matriz elétrica brasileira. Na Figura 1 podemos ver a quantidade de empreendimentos em operação e porcentagem de potência fiscalizada que cada uma delas representa no total de geração de energia elétrica.

Figura 1 - Matriz não renovável brasileira.



Fonte: ANEEL/2022

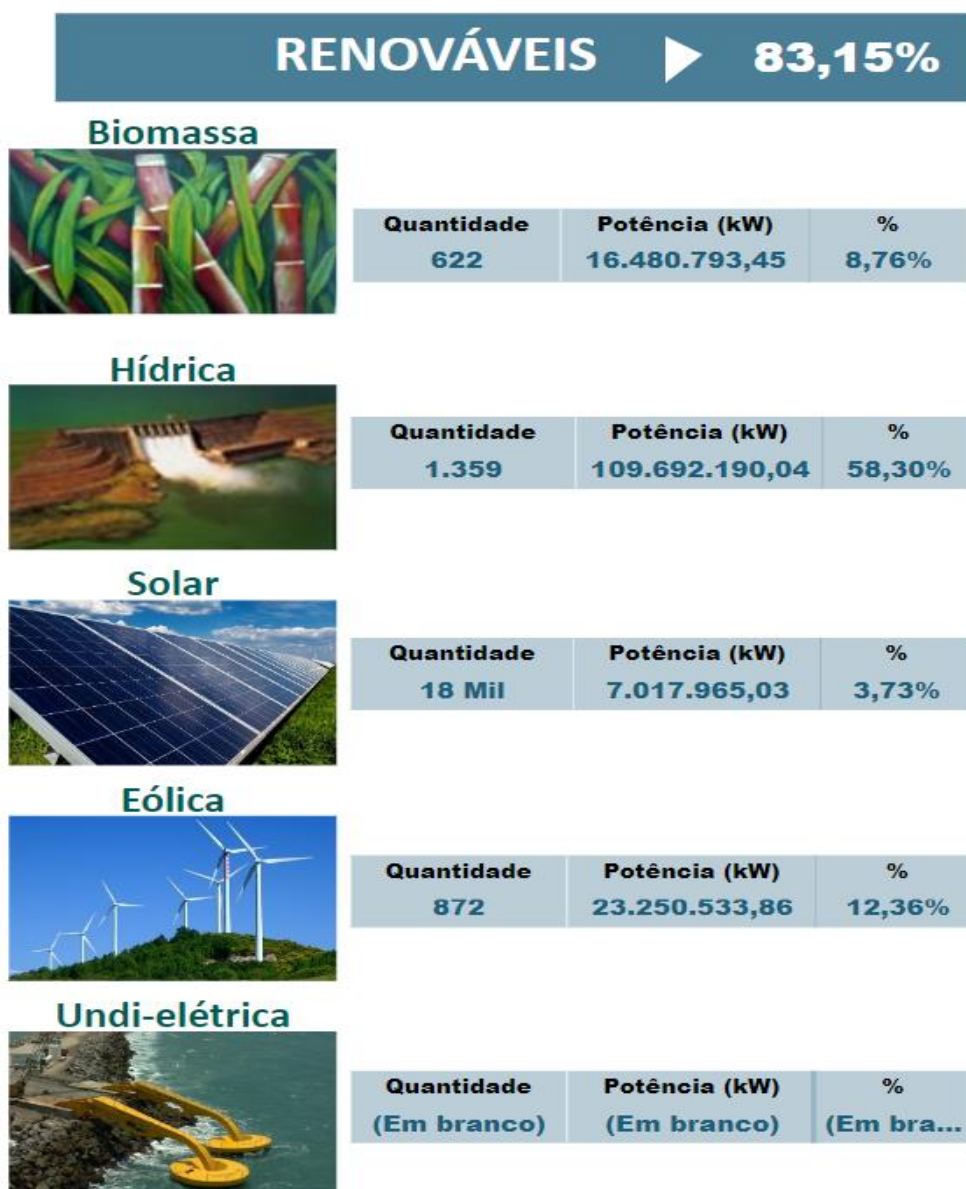
Atualmente, grande parte de energia consumida no mundo é proveniente de fontes não renováveis, porque as características dessas fontes são bem conhecidas, possuem um rendimento energético elevado (poucas perdas de energia no processo de transformação), preços atrativos, geram muitos empregos e possuem infraestrutura construída para geração e distribuição (usinas, dutos, ferrovias e rodovias) [9].

Algumas fontes não renováveis de energia, como o petróleo e o carvão mineral, são responsáveis por grande parte da emissão (liberação) de gases de efeito estufa na atmosfera, visto que estas fontes são combustíveis (precisam ser queimadas para gerar energia) e liberam gases poluentes, que impactam a saúde e o meio ambiente [9].

2.4 Fontes de energia renováveis

As fontes de energia que pertencem a este grupo são consideradas inesgotáveis, pois suas quantidades se renovam constantemente ao serem usadas. São exemplos de fontes renováveis: hídrica (energia da água dos rios), solar (energia do sol), eólica (energia do vento), biomassa (energia de matéria orgânica), geotérmica (energia do interior da Terra) e oceânica (energia das marés e das ondas) [9]. Na Figura 2 é possível observar a quantidade de empreendimentos em operação e porcentagem de potência fiscalizada dessas fontes na matriz elétrica brasileira.

Figura 2 - Matriz renovável brasileira.



Fonte: ANEEL/2022

As fontes renováveis de energia são consideradas limpas, pois emitem menos gases de efeito estufa que as fontes fósseis e, por isso, estão conseguindo uma boa inserção no mercado brasileiro e mundial [9].

2.5 Energia eólica

A energia eólica é obtida através do aproveitamento do vento, que é o movimento das massas de ar. Para transformar a energia dos ventos em energia elétrica são usados aerogeradores, que possuem imensas hélices que se movimentam de acordo com a quantidade de vento no local. Mas deve-se tomar cuidado ao instalar parques eólicos em locais que ofereçam muito risco às aves, que podem bater nas hélices dos aerogeradores. Também se deve cuidar para não prejudicar os ambientes naturais com as obras para implantação do parque [9].

O aerogerador é composto de pás que se movimentam com a velocidade dos ventos, fazendo o rotor girar. Este, por sua vez, transmite a rotação multiplicada ao gerador, que transforma essa energia mecânica em energia elétrica. Um aerogerador (turbina eólica ou sistema de geração eólica) é um equipamento que utiliza a energia cinética do vento, convertendo-a em energia elétrica. O gerador, em conjunto com um conversor de potência, converte a energia mecânica recebida, em energia elétrica. A energia elétrica produzida pelos aerogeradores é injetada na rede de média tensão do parque eólico. Por essa rede, a energia chega à uma subestação coletora. Por meio de um transformador de potência, os níveis de tensão são elevados a patamares que possibilitam escoar a energia produzida através de extensas linhas de transmissão, direcionadas até as cidades. Os aerogeradores são equipados ainda com freio, que permite interromper a rotação das pás quando não é necessário gerar energia elétrica, e a unidade de controle, para monitorar as características do vento e fazer com que as pás sejam posicionadas de uma forma que possam aproveitá-lo com mais eficiência [15].

2.5.1 Benefícios

Diferente de outras fontes de energia como o petróleo e até mesmo a água, o vento é uma fonte inesgotável e não existe restrição para o seu uso. A energia produzida é sustentável que não há emissão de quaisquer elementos que poluem o ar ou o meio ambiente. Além das vantagens ao meio ambiente, a energia eólica está cada dia mais barata, já que a tecnologia usada na produção vem diminuindo ao longo dos anos e as empresas estão investindo neste tipo de produção. A montagem de uma usina de energia eólica também auxilia na geração de empregos nas localidades onde são instaladas. Para as empresas, a energia eólica é uma excelente forma de investimento, em termos financeiros, de diversificação da matriz e contribuição social por impactar positivamente regiões remotas e de baixa renda [15].

2.6 Tipos de Aerogeradores

Existem dois tipos básicos de rotores eólicos: os de eixo vertical e os de eixo horizontal. Os rotores diferem em relação ao seu custo relativo de produção, eficiência, e na velocidade do vento em que têm sua maior eficiência. Os aerogeradores com rotor de eixo horizontal são os mais conhecidos e os mais utilizados pela sua maior eficiência, compensando o seu custo mais elevado. Nesta categoria encontram-se os rotores multipás e os de 2 ou 3 pás. Os rotores constituídos por 3 pás são os mais utilizados para geração de energia elétrica em larga escala. Eles são utilizados como fonte de energia renovável e são impulsionados apenas pela força de sustentação. Estes também apresentam maior eficácia pela sua maior resistência ao ar. A gama de potências dos aerogeradores estende-se desde os 100 Watts (comprimento das pás da ordem de 1 metro) até cerca de 8 Mega Watts (longitude das pás que supera os 80 metros) [15].

2.6.1 Principais Componentes de um Aerogerador de Eixo Horizontal

2.6.1.1 Pás

Captam o vento, convertendo sua potência ao centro do rotor. São construídas em processo praticamente artesanal a partir de materiais como o plástico (poliéster e resina epóxi), fibra de vidro. O desenho das pás emprega as mesmas soluções técnicas usadas na Aeronáutica nos cálculos de engenharia das asas dos aviões [15].

2.6.1.2 Rotor

Elemento de fixação das pás que transmite o movimento de rotação para o eixo de movimento lento. Um de seus principais componentes é o sistema hidráulico que permite o movimento das pás em distintas posições para otimizar a força do vento ou parar a turbina por completo [15].

2.6.1.3 Torre

Elemento que sustenta o rotor e a nacelle na altura apropriada ao seu funcionamento. Embora a maioria das torres sejam de aço, como foram originalmente construídas, hoje já existem outros modelos com diferentes tipos de material como o concreto [15].

2.6.1.4 Nacelle

Compartimento instalado no alto da torre composto por caixa multiplicadora, gerador, chassi, sistema de yaw, sistema de controle eletrônico e sistema hidráulico. É o componente com maior peso do sistema. Dependendo do fabricante do aerogerador, pode ultrapassar as 72 toneladas de peso [15].

2.6.1.5 Gearbox (caixa multiplicadora)

Tem a função de transformar as rotações que as pás transmitem ao eixo de baixa velocidade (19 a 30 rpm), de modo que entregue ao eixo de alta velocidade as rotações que o gerador precisa para funcionar (~1.500 rpm) [15].

2.6.1.6 Gerador

Converte a energia mecânica do eixo em energia elétrica [15].

2.6.1.7 Anemômetro

Mede a intensidade, a velocidade e a direção do vento. Esses dados são lidos pelo sistema de controle, que garante o posicionamento mais adequado para a turbina [15].

2.7 Geração distribuída

A geração distribuída (GD) é quando a geração elétrica é realizada junto ou próxima dos consumidores, independente da potência, tecnologia ou fonte de energia. Significa descentralizar a produção de energia, empregando vários geradores de pequeno porte. Esta é uma estratégia que se diverge do modelo atual de geração centralizada [1,2].

Exemplos de GD:

- Co-geradores
- Geradores a diesel
- Geradores de emergência
- Geradores para utilização durante horário de ponta
- Outras fontes utilizadas na GD (Fontes renováveis)
 - Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH's)
 - Painéis fotovoltaicos
 - Miniturbinas eólicas
 - Biomassa

O modelo tradicional corresponde ao uso de grandes usinas (como grandes hidrelétricas e termoeletricas) distantes dos centros de consumo, o que requer transporte da energia por linhas de transmissão de longa distância [3,4,5].

Na GD existem pequenos geradores instalados próximos aos centros de consumo ou no mesmo local onde a energia é consumida. O conceito de GD também envolve equipamentos de medida, controle e comando que articulam a operação dos geradores e o eventual controle das cargas (ligar/desligar) para que estas se adaptem à oferta de energia [2].

As vantagens da GD estão na economia de investimentos em transmissão, na redução das perdas do sistema, no melhoramento da estabilidade do serviço de energia elétrica [3].

A GD chegou a ser a regra antes dos anos 40, quando a geração de energia em grandes centrais ficou mais barata. Desencorajando a GD e o desenvolvimento da tecnologia envolvida nesse meio de geração elétrica [1].

Com a crise do petróleo, houve uma mudança no panorama elétrico, revelando a importância de ampla gama de meios de geração de energia, que não seja tão dependente de apenas um meio de produção. A partir dos anos 90 a reforma do setor elétrico brasileiro, permitiu a competição no serviço de energia, estimulou a pesquisa e utilização de todos os potenciais elétricos [1].

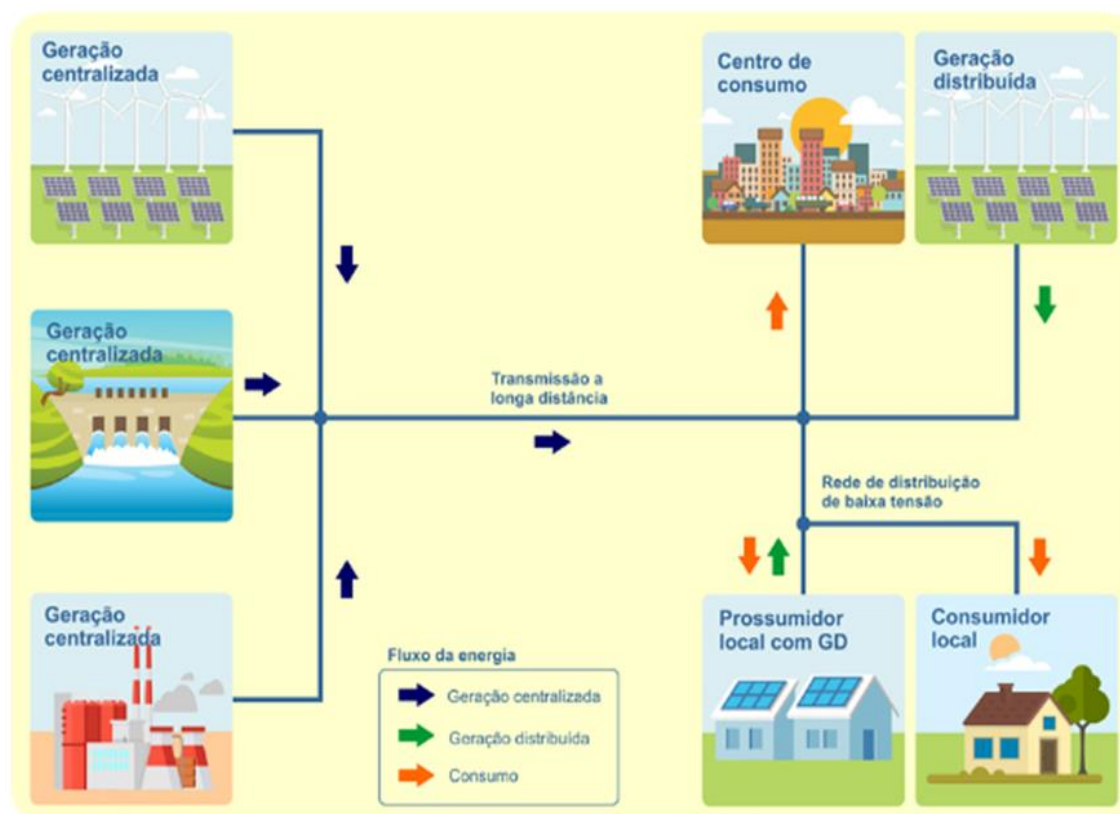
A ideia de GD foi reintroduzida no Brasil com o decreto Lei nº 5163, mas ela só se tornou acessível para os consumidores comuns que utilizam a rede de distribuição de baixa tensão através da Resolução Normativa nº482/2012, onde se teria um foco na geração de energia para autoconsumo [3].

As vantagens da GD são:

- Maior eficiência energética
- Redução de perdas
- Ampliação de investimentos
- Expansão da Matriz Energética
- Energia Limpa
- Geração de empregos

As fontes na GD operam em paralelo com a rede elétrica tradicional. Isso significa que o consumidor é alimentado simultaneamente pela rede da concessionária local e pelo seu próprio gerador [3]. Na Figura 3 é possível ver o fluxo de energia da geração centralizada e da geração distribuída focado no autoconsumo.

Figura 3 - Ilustração da geração distribuída.



Fonte: Canal Solar

2.7.1 Como funciona a geração distribuída no Brasil

A RN 482/2012 criou no país a modalidade de geração distribuída conectada à rede elétrica de baixa tensão, permitindo que as pessoas físicas e jurídicas possam gerar sua própria energia elétrica e se conectar ao sistema elétrico de forma fácil e sem muita burocracia [5].

As únicas exigências para os geradores em GD na baixa tensão é que os projetos devem ter a responsabilidade técnica de um profissional qualificado e devem ser homologados nas concessionárias de distribuição de energia [5].

3 Materiais e Métodos

3.1 Métodos

A metodologia deste trabalho focou no estudo de mapas de ventos, nos parâmetros dos fornecedores e fabricantes de miniturbinas eólicas para um bom funcionamento e seu melhor aproveitamento. Será feito um levantamento das diferentes fontes utilizadas na geração no Brasil e a sua contribuição para a produção de energia elétrica do país.

Foram também considerados levantamentos de preços de equipamentos para noção de viabilidade de implantação de microgeração distribuída eólica.

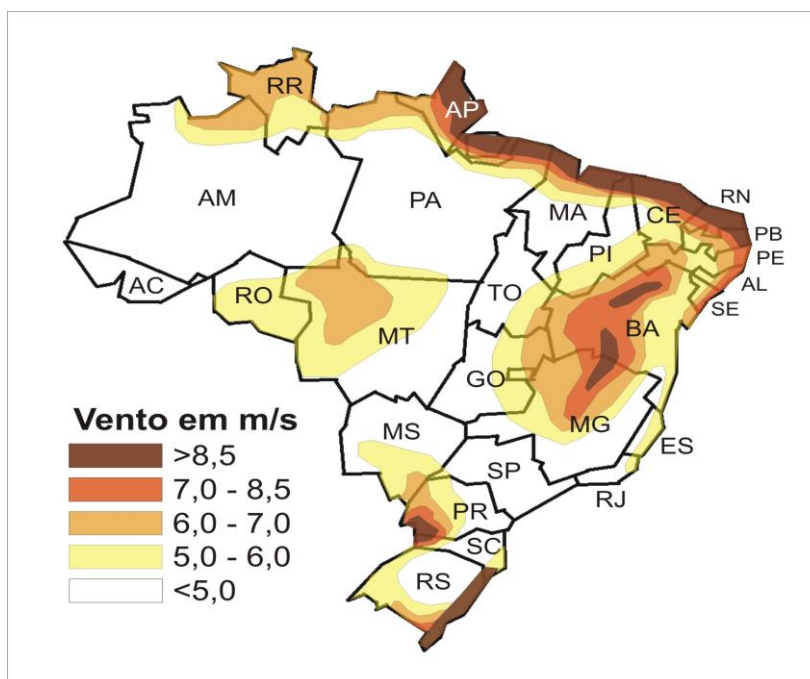
3.1.1 Mapas de vento

A nova edição do Atlas do Potencial Eólico Brasileiro- Simulações 2013 cobre todo o território nacional e apresenta dados de velocidade média anual e direção do vento para diversas alturas (30, 50, 80, 100, 120, 150 e 200 metros), tendo como base as simulações realizadas com o modelo de mesoescala Brams e o ajuste dos resultados com dados medidos referentes ao ano de 2013. No mundo, a geração eólico-elétrica expandiu-se de forma acelerada ao longo da última década, atingindo a escala de gigawatts. Um dos fatores limitantes para empreendimentos eólicos tem sido a falta de dados consistentes e confiáveis. Uma parte significativa dos registros anemométricos disponíveis pode ser mascarada por influências aerodinâmicas de obstáculos, relevo e rugosidade. A disponibilidade de dados representativos é importante no caso brasileiro, que ainda não explorou esse recurso abundante e renovável de forma expressiva [25].

Os parâmetros disponibilizados na consulta são: velocidade média sazonal do vento em m/s, fatores C e K da distribuição de Weibull sazonal do vento consolidados a 50m de altura com resolução de 1km x 1km [25].

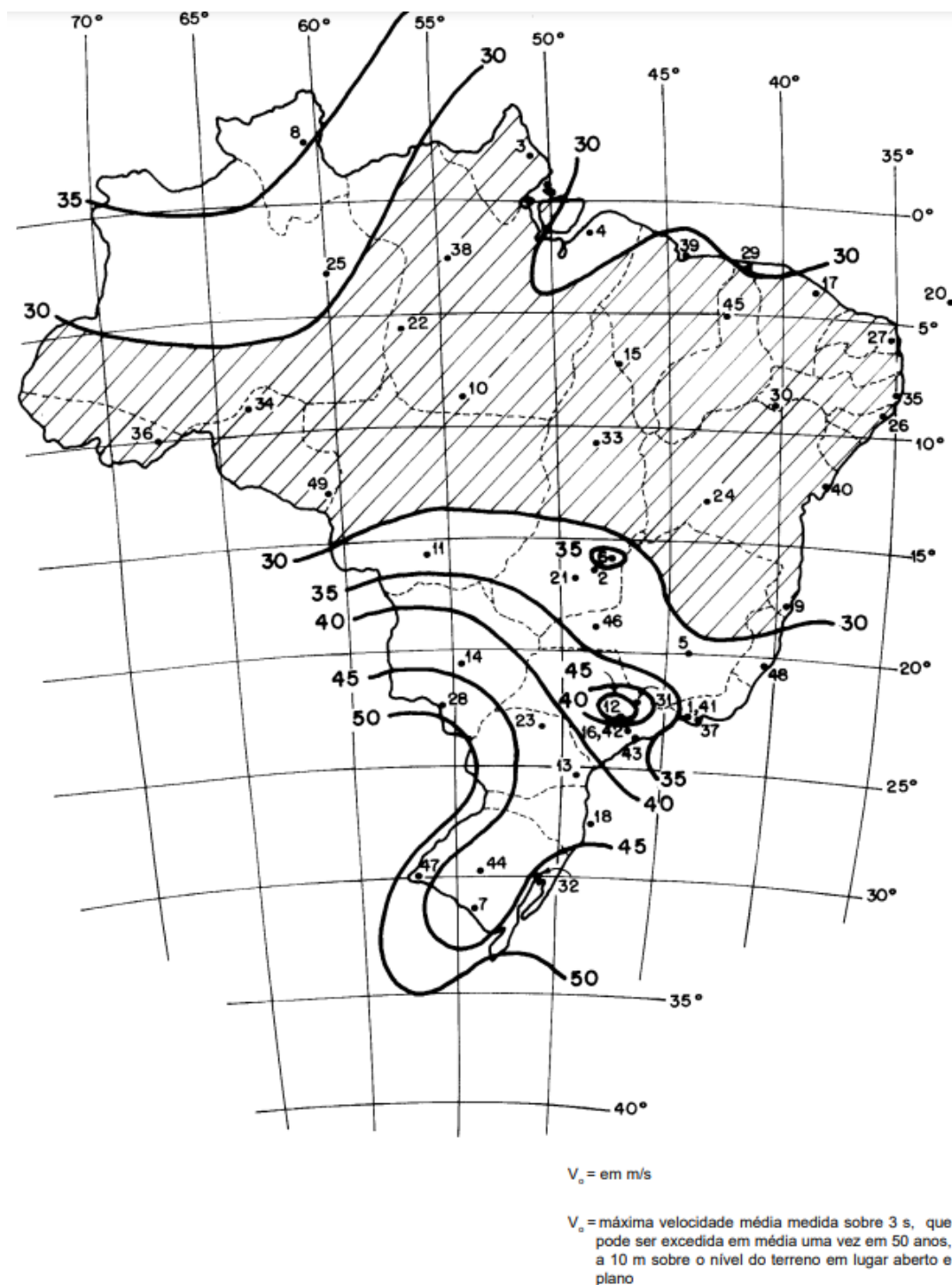
Começando com a análise dos mapas de vento e de rajadas, que estão abaixo (Figura 4 e Figura 5). É possível notar que a região de Cuiabá tem uma média de ventos menor que 5 m/s (Figura 4). Porém no mapa de isopletas, da Figura 5, a média está em 11 m/s podendo chegar até no máximo 30 m/s durante 3 segundos.

Figura 4 - Mapa de vento do Brasil.



Fonte: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Figura 5 - Isopletas da velocidade básica V_o (m/s).



Fonte: ABNT NBR 6123

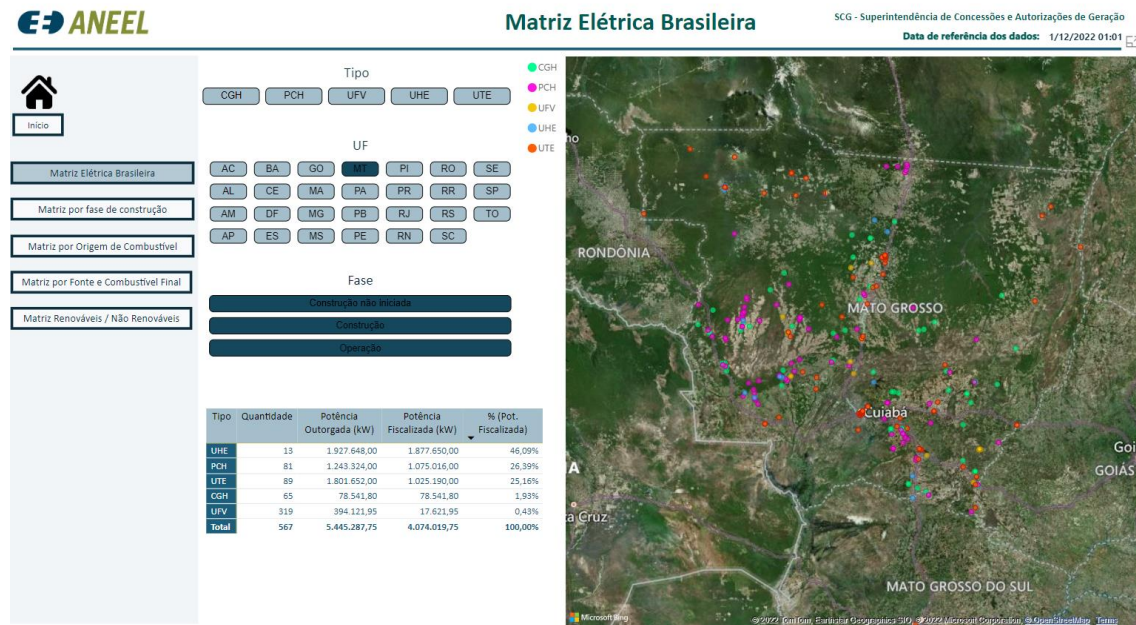
Com essas observações, foi necessário buscar aparelhos que consigam trabalhar com essas condições para o desenvolvimento deste estudo.

Como o mercado para mini aerogeradores ainda não é popular no Brasil, a pesquisa de fabricantes foi focada na internet e em marcas internacionais.

3.1.2 Mapa da matriz elétrica

Utilizando os mapas e as informações disponíveis no site da ANEEL sobre a matriz elétrica do Mato Grosso (Figura 6), é possível perceber que a região possui vários pontos de geração de energia. Mais de 74% das fontes presentes no estado são de energia hídrica (Figura 7).

Figura 6 - Matriz elétrica do Mato Grosso.



Fonte: ANEEL/2022

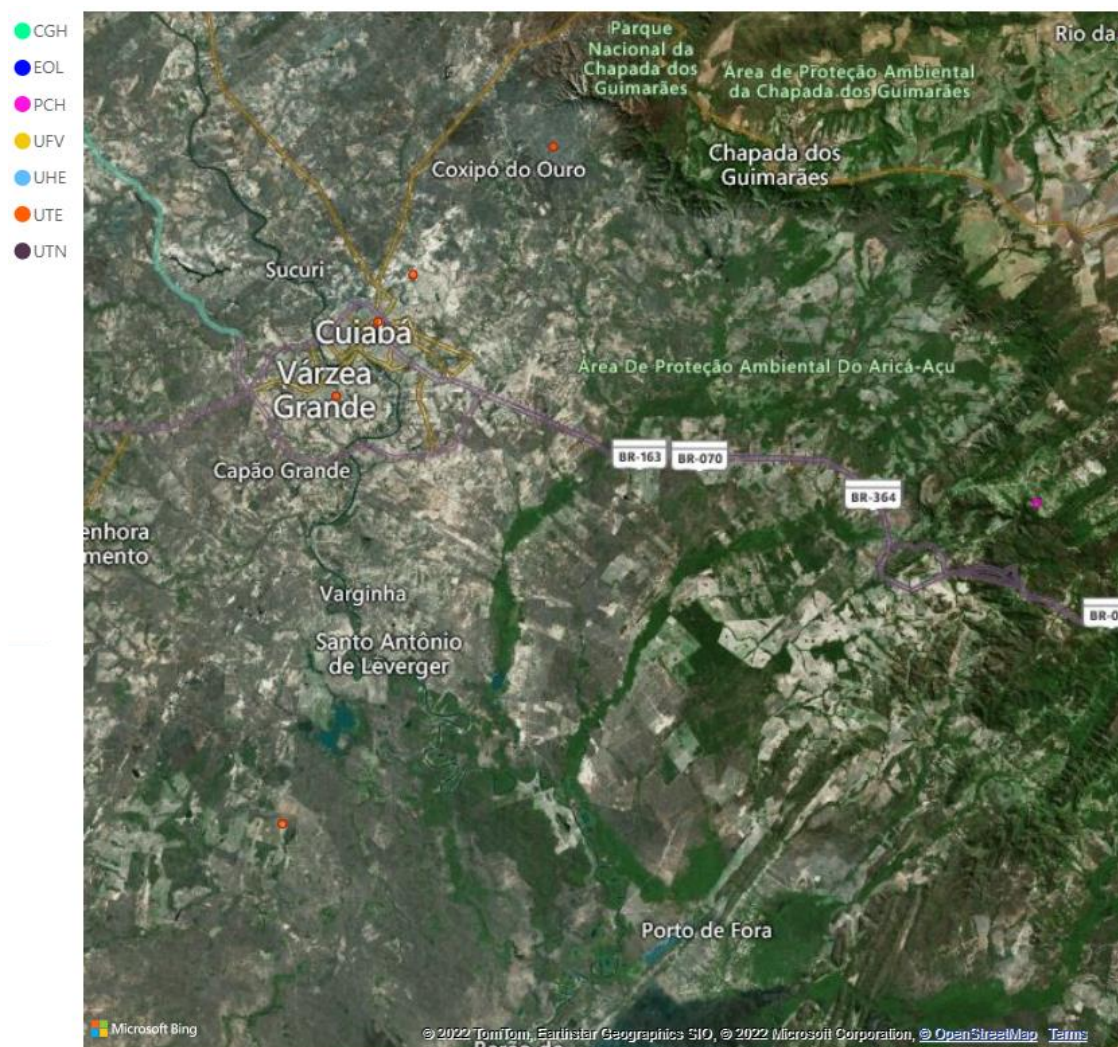
Figura 7 - Foco nos dados da figura 4.

Tipo	Quantidade	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada (kW)	% (Pot. Fiscalizada)
UHE	13	1.927.648,00	1.877.650,00	46,09%
PCH	81	1.243.324,00	1.075.016,00	26,39%
UTE	89	1.801.652,00	1.025.190,00	25,16%
CGH	65	78.541,80	78.541,80	1,93%
UFV	319	394.121,95	17.621,95	0,43%
Total	567	5.445.287,75	4.074.019,75	100,00%

Fonte: ANEEL/2022

Mas quando se considera apenas a região de Cuiabá, retratado na Figura 8, a quantidade de fontes geradoras diminui significativamente.

Figura 8 - Zoom na região de Cuiabá.



Fonte: ANEEL/2022

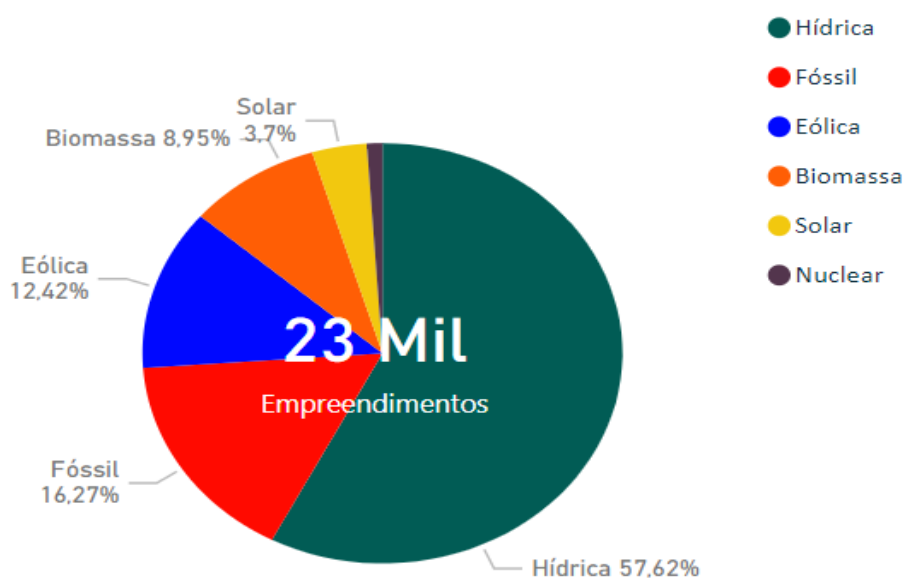
3.1.3 Matriz elétrica por origem de combustível

Apesar da matriz elétrica brasileira ser majoritariamente composta por fontes renováveis, ao analisarmos as informações contidas nas Figuras 9 e 10, que mostra a matriz elétrica por origem de combustível, é possível notar que a segunda maior fonte ainda é de energia fóssil. A análise também mostra que a terceira fonte é a eólica. E como já foi abordado nesse trabalho é uma fonte limpa, renovável e os estudos voltados para essa área, estão fazendo dela uma fonte cada vez mais acessível. Por isso, se torna prudente ampliar o investimento na fonte de energia eólica, para ela ultrapassar em potência as fontes não renováveis, e assim no futuro, o Brasil terá uma matriz elétrica menos dependente de energia fóssil.

Figura 9 - Matriz por origem de combustível.

Origem	Tipo	Combustível	Quantidade	Potência Outorgada (kW)	% Potência Outorgada
Hídrica	Potencial hidráulico	Potencial hidráulico	1359	109.690.913,04	57,62%
Eólica	Cinética do vento	Cinética do vento	872	23.647.423,86	12,42%
Fóssil	Gás natural	Gás Natural	178	17.817.141,39	9,36%
Biomassa	Agroindustriais	Bagaço de Cana de Açúcar	419	12.238.814,20	6,43%
Solar	Radiação solar	Radiação solar	17611	7.035.121,34	3,70%
Fóssil	Petróleo	Óleo Diesel	2236	4.383.121,09	2,30%
Fóssil	Petróleo	Óleo Combustível	47	3.307.439,28	1,74%
Biomassa	Floresta	Licor Negro	21	3.299.414,00	1,73%
Fóssil	Carvão mineral	Carvão Mineral	13	3.085.740,00	1,62%
Nuclear	Urânio	Urânio	2	1.990.000,00	1,05%
Fóssil	Petróleo	Outros Energéticos de Petróleo	16	985.108,00	0,52%
Biomassa	Floresta	Resíduos Florestais	73	717.690,00	0,38%
Fóssil	Gás natural	Calor de Processo - GN	2	425.747,00	0,22%
Fóssil	Petróleo	Gás de Refinaria	7	419.530,00	0,22%
Fóssil	Carvão mineral	Gás de Alto Forno - CM	7	351.690,00	0,18%
Biomassa	Floresta	Lenha	10	229.450,00	0,12%
Biomassa	Resíduos sólidos urbanos	Biogás - RU	26	201.887,60	0,11%
Fóssil	Outros Fósseis	Calor de Processo - OF	4	165.970,00	0,09%
Biomassa	Floresta	Gás de Alto Forno - Biomassa	12	127.705,05	0,07%
Biomassa	Agroindustriais	Casca de Arroz	13	53.333,00	0,03%
Biomassa	Floresta	Carvão Vegetal	7	38.197,00	0,02%
Biomassa	Agroindustriais	Biogás-AGR	4	31.867,00	0,02%
Biomassa	Agroindustriais	Capim Elefante	2	31.700,00	0,02%
Fóssil	Carvão mineral	Calor de Processo - CM	2	28.400,00	0,01%
Biomassa	Resíduos sólidos urbanos	Resíduos Sólidos Urbanos - RU	8	24.413,00	0,01%
Biomassa	Biocombustíveis líquidos	Óleos vegetais	5	17.180,40	0,01%
Biomassa	Resíduos sólidos urbanos	Carvão - RU	3	8.250,00	0,00%
Biomassa	Resíduos animais	Biogás - RA	17	6.023,20	0,00%
Biomassa	Floresta	Biogás - Floresta	1	5.000,00	0,00%
Fóssil	Petróleo	Gás de Alto Forno - PE	1	1.200,00	0,00%
Biomassa	Biocombustíveis líquidos	Etanol	1	320,00	0,00%
Total			22979	190.365.789,45	100,00%

Fonte: ANEEL/2022

Figura 10 - Matriz elétrica brasileira por origem de combustível.

Fonte: ANEEL/2022

3.2 Materiais

3.2.1 Primeiro Fabricante

A primeira miniturbina estudada será da marca indiana Avant (Figura 11).

Figura 11- Turbina Avatar I



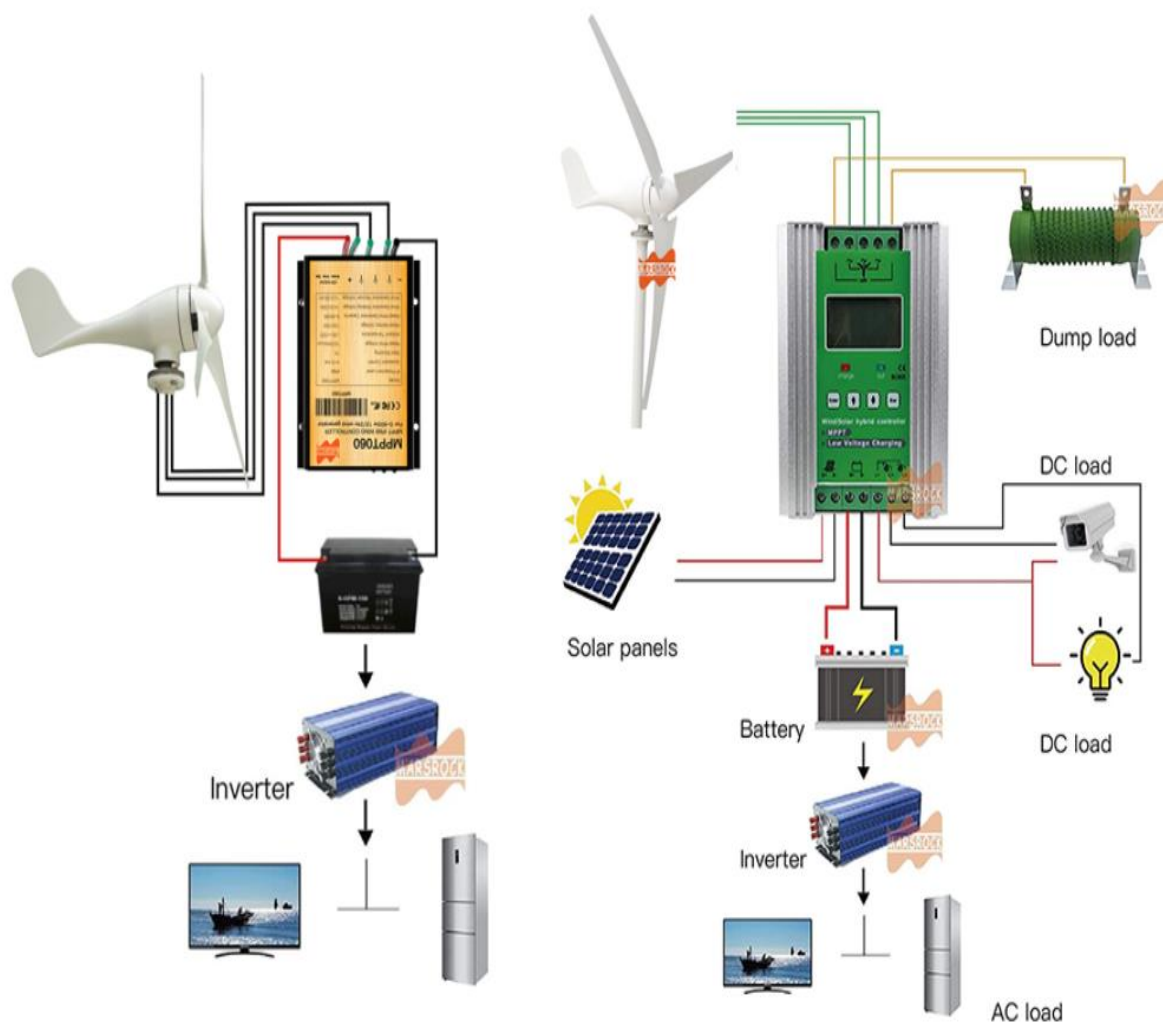
Fonte: Site do fabricante

Uma matéria escrita para um site de energias renováveis aborda esse fabricante e seus diferentes modelos. Que varia de 3 a 4,87m de diâmetro e podem produzir de 5 a 25 kWh, com ventos de 5,5m/s. E o custo das turbinas variam de US\$899 até US\$4045 [18]. O valor parece se referir somente às turbinas. Ao acessar o site, não foi possível achar os valores dado pela matéria que não constam no site do fabricante, então não foi possível conferir os preços nem os adicionais para outros complementos para a usina.

3.2.2 Segundo Fabricante

O segundo fabricante é da marca Marsrock (**Figura 12**).

Figura 12 - Turbina Marsrock



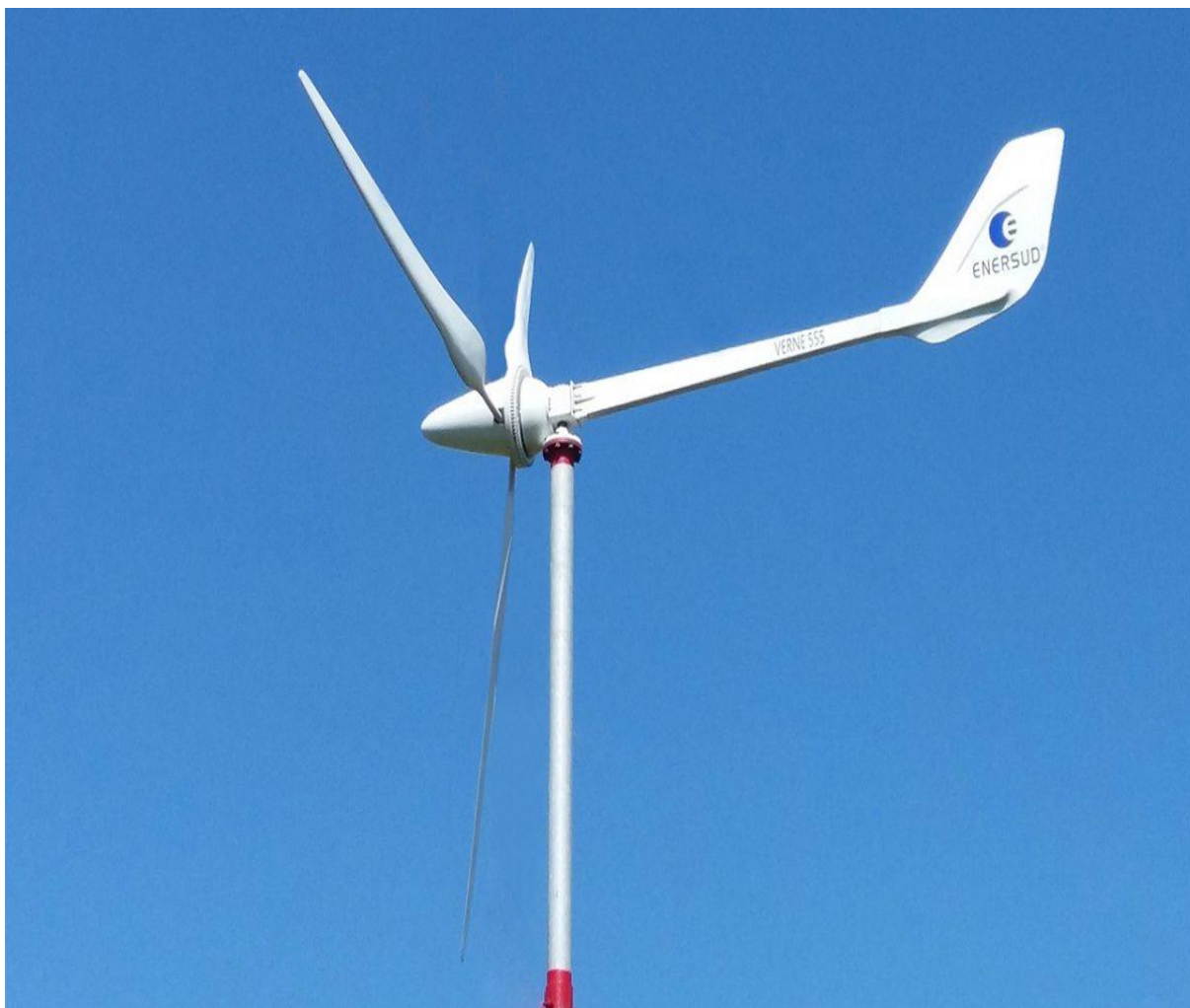
Fonte: Site de compras Amazon

Essa miniturbina encontra-se no site de vendas internacional (Amazon). O equipamento vendido por essa marca, parece ser mais simples. Sua potência gerada é de 400w a uma velocidade de 13 m/s. O preço é de US\$300,00 pela turbina [35]. O fabricante também sugere o uso de um controlador MPPT de US\$199,99 e o inversor de US\$234,99 [36].

3.2.3 Terceiro Fabricante

Por último temos um fabricante brasileiro. A Enersud tem modelos de turbina que podem ser usados em veleiros e embarcações em geral (**Figura 13**).

Figura 13 - Turbina Enersud



Fonte: Site do fabricante

Com uma potência nominal de 200 Watts. Até modelos mais robustos de 6 kW. Os custos para a instalação de um sistema eólico variam conforme a potência desejada, que podem ser de 500 Watts até 6 kW, com preços de R\$ 2,7 mil até R\$ 50 mil [34].

4 Simulação

4.1 Base de dados das especificações de cada marca

Na Grande Cuiabá e em Chapada dos Guimarães, existem pontos com maior potencial eólico, ou seja, com maiores médias anuais de vento, porém, fazendo a comparação dessas cidades (Cuiabá, Várzea Grande, Nossa Senhora do Livramento, Santo Antônio do Leverger e Chapada dos Guimarães) nota-se que as variações das médias entre as cidades não são tão significativas, por isso, para os fins de estudo desse trabalho foi escolhido as médias de ventos da própria cidade de Cuiabá. Que acabaram sendo semelhantes as médias das outras cidades.

Abaixo na tabela 1, estão as velocidades e potências de cada fabricante escolhido.

Tabela 1. Especificações das turbinas

	Vel. Min(m/s)	Vel. Méd. (m/s)	Pot. Min (kWh)	Pot. Méd. (kWh)
Avant Garde	2	5,5	1	5
Marsrock	2	13	-	0,4
Enersud	2,2	13	-	1,2

Fonte: O autor

A seguir na tabela 2, vemos as velocidades médias dos ventos, a 50 metros de altura, das cidades citadas acima.

Tabela 2. Média de ventos de Cuiabá e região metropolitana

Vel. Méd (m/s)	Cuiabá méd.	Várzea Grande	N.S. do Livramento	S.A do Leverger	C. dos Guimarães
Dez-Fev	3,86	3,84	4,02	4,05	4,36
Mar-Mai	3,88	3,89	4,09	4,03	4,52
Jun-Ago	5,24	5,22	5,5	5,49	6,12
Set-Nov	4,41	4,4	4,64	4,7	4,98
Anual	4,35	4,34	4,56	4,57	5

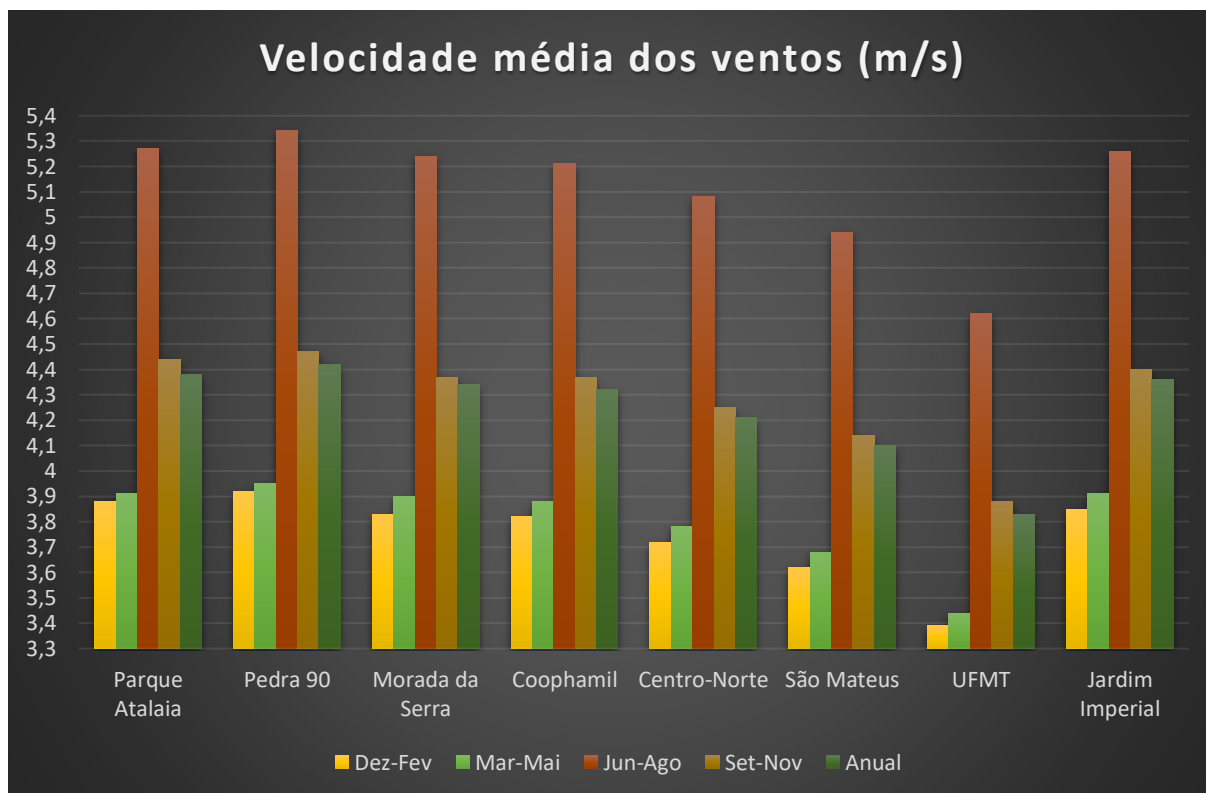
Fonte: CRESESB

Também se levou em conta, ao escolher os bairros de Cuiabá, como a sua localização e proximidade com o centro ou o tamanho dos prédios em sua volta afetaria a velocidade dos ventos, como podemos ver na tabela 3 e no gráfico da Figura 14, a seguir.

Tabela 3. Média de ventos dos bairros de Cuiabá de acordo com a CRESESB, ventos medidos a 50 m de altura.

velocidade média dos ventos (m/s)					
	Dez-Fev	Mar-Mai	Jun-Ago	Set-Nov	Anual
Parque Atalaia	3,88	3,91	5,27	4,44	4,38
Pedra 90	3,92	3,95	5,34	4,47	4,42
Morada da Serra	3,83	3,9	5,24	4,37	4,34
Coophamil	3,82	3,88	5,21	4,37	4,32
Centro-Norte	3,72	3,78	5,08	4,25	4,21
São Mateus	3,62	3,68	4,94	4,14	4,1
UFMT	3,39	3,44	4,62	3,88	3,83
Jardim Imperial	3,85	3,91	5,26	4,4	4,36

Fonte: CRESESB

Figura 14 - Gráfico das médias trimestrais de vento dos bairros de Cuiabá (m/s)

Fonte: O autor

Com os dados organizados em gráficos, percebe-se que as maiores médias de vento da região de Cuiabá se concentram na época das secas. O que se mostra propício para o uso da energia eólica para complementar a produção hídrica. Diminuindo a dependência de termoeletricas.

A partir das informações, que foram retiradas do site da CRESESB [25], foi possível calcular a energia que cada turbina geraria em Cuiabá (considerou-se um fator de capacidade de 30%, e os valores utilizados para esse cálculo foram extrapolados a partir das informações fornecidas pelos fabricantes.). Como consta nas tabelas e gráficos a seguir.

4.2 Turbina Avatar

Esse fabricante tem um produto que apresenta uma potência elevada, e a velocidade nominal de funcionamento é compatível com os ventos da região. A sua potência mínima é de 1kW e ele produz 5kWh quando os ventos estão a 5,5 m/s.

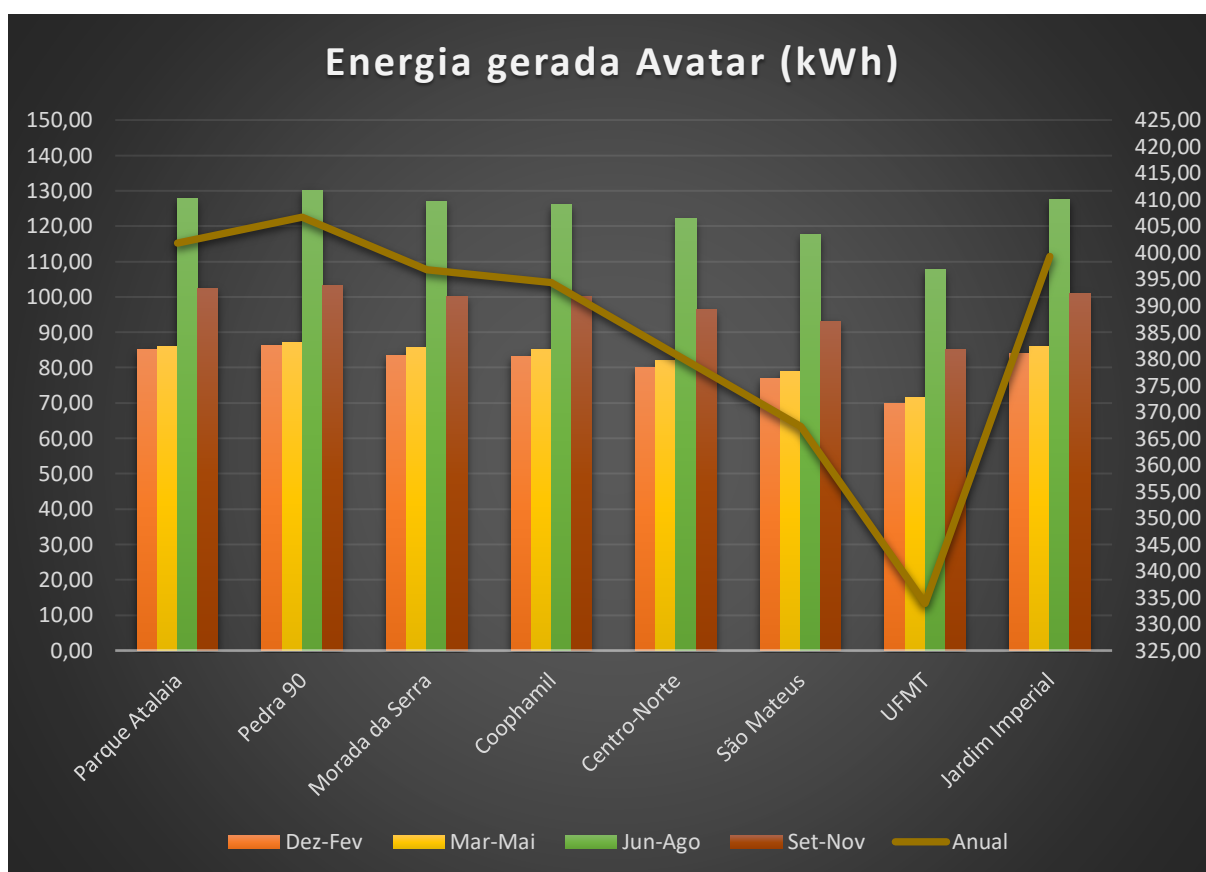
Observados esses dados, e supondo que a capacidade de produção será de 30%, que é a porcentagem recomendada para cálculo de produção de turbinas eólicas, obteve-se os valores apresentados na tabela 4.

Tabela 4. Energia gerada trimestral da turbina Avatar (kWh)

Energia gerada Avatar	Dez-Fev	Mar-Mai	Jun-Ago	Set-Nov	Anual
Parque Atalaia	85,01	85,94	127,90	102,29	401,76
Pedra 90	86,25	87,17	130,06	103,22	406,70
Morada da Serra	83,47	85,63	126,98	100,13	396,82
Coophamil	83,16	85,01	126,05	100,13	394,35
Centro-Norte	80,07	81,93	122,04	96,43	380,78
São Mateus	76,99	78,84	117,72	93,03	367,20
UFMT	69,89	71,43	107,85	85,01	333,87
Jardim Imperial	84,09	85,94	127,59	101,06	399,29

Fonte: O autor

Para uma melhor visualização esses valores foram transformados em gráfico. Como mostra na Figura 15.

Figura 15 - Gráfico da turbina Avatar (kWh)

Fonte: O autor

Nota-se que a potência média nos diferentes bairros de Cuiabá, são bem próximos, com exceção da UFMT, (que apesar de não ser um bairro, serviu como contraponto com as outras localidades) que está abaixo do nível dos prédios a sua volta, diminuindo o fluxo dos ventos na sua área. Com esse gráfico é possível ver os picos de produção nos meses de junho a agosto.

4.3 Turbina Marsrock

A proposta desse fabricante parece ser de turbinas eólicas feitas para uso marítimo ou utilizado em conjunto com outras fontes, por exemplo, energia solar. A sua produção começa com ventos de 2 m/s, mas para uma geração mais relevante são necessários ventos de 13 m/s. Isso faz com que essa marca gere pouca energia para a região. Como é possível ver na tabela 5 e no gráfico da Figura 16.

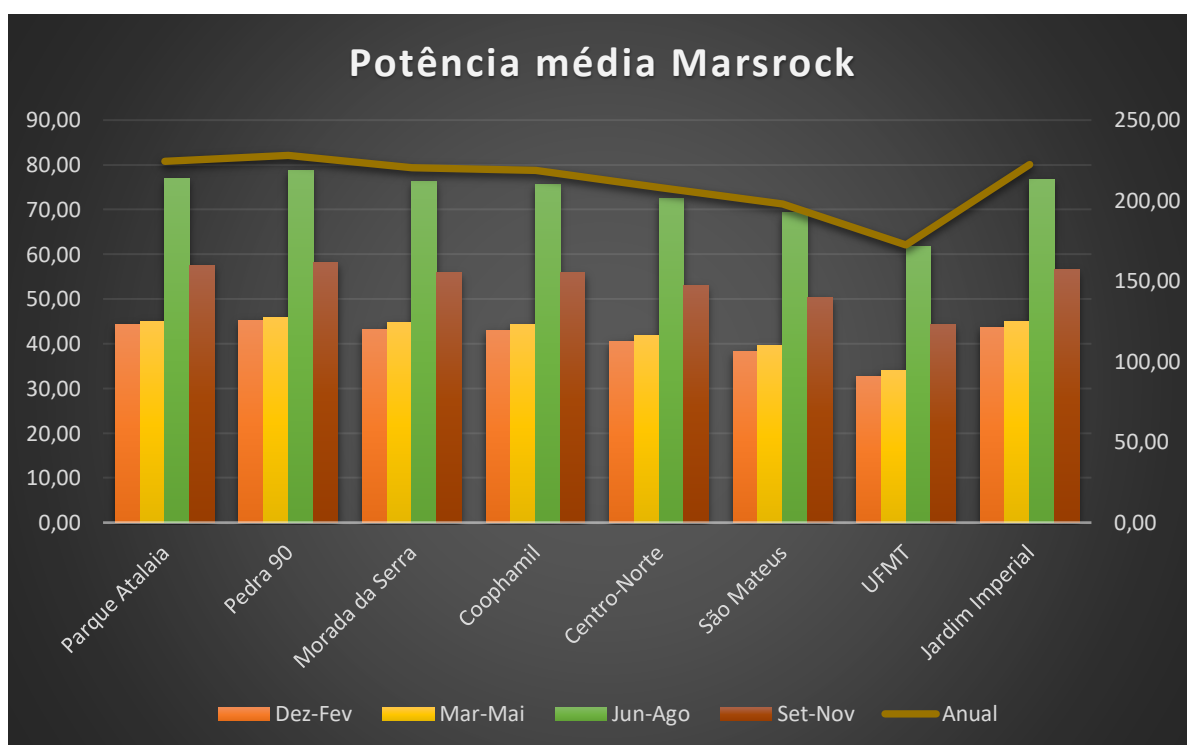
Tabela 5. Energia gerada trimestral da turbina Marsrock (kWh)

Energia gerada Marsrock	Dez-Fev	Mar-Mai	Jun-Ago	Set-Nov	Anual
Parque Atalaia	44,30	45,01	77,05	57,50	224,33
Pedra 90	45,24	45,95	78,70	58,20	228,10
Morada da Serra	43,12	44,77	76,35	55,85	220,56
Coophamil	42,89	44,30	75,64	55,85	218,67
Centro-Norte	40,53	41,94	72,58	53,02	208,30
São Mateus	38,17	39,59	69,28	50,43	197,93
UFMT	32,75	33,93	61,74	44,30	172,49
Jardim Imperial	43,59	45,01	76,82	56,55	222,44

Fonte: O autor

Essa miniturbina teve uma produção menor que a anterior. Apesar de notar-se os picos de geração nos meses de seca (junho a agosto) na Figura 16, a potência não é significativa para justificar a instalação desse sistema.

Figura 16 - Gráfico da turbina Marsrock (kW)



Fonte: O autor

4.4 Turbina Enersud

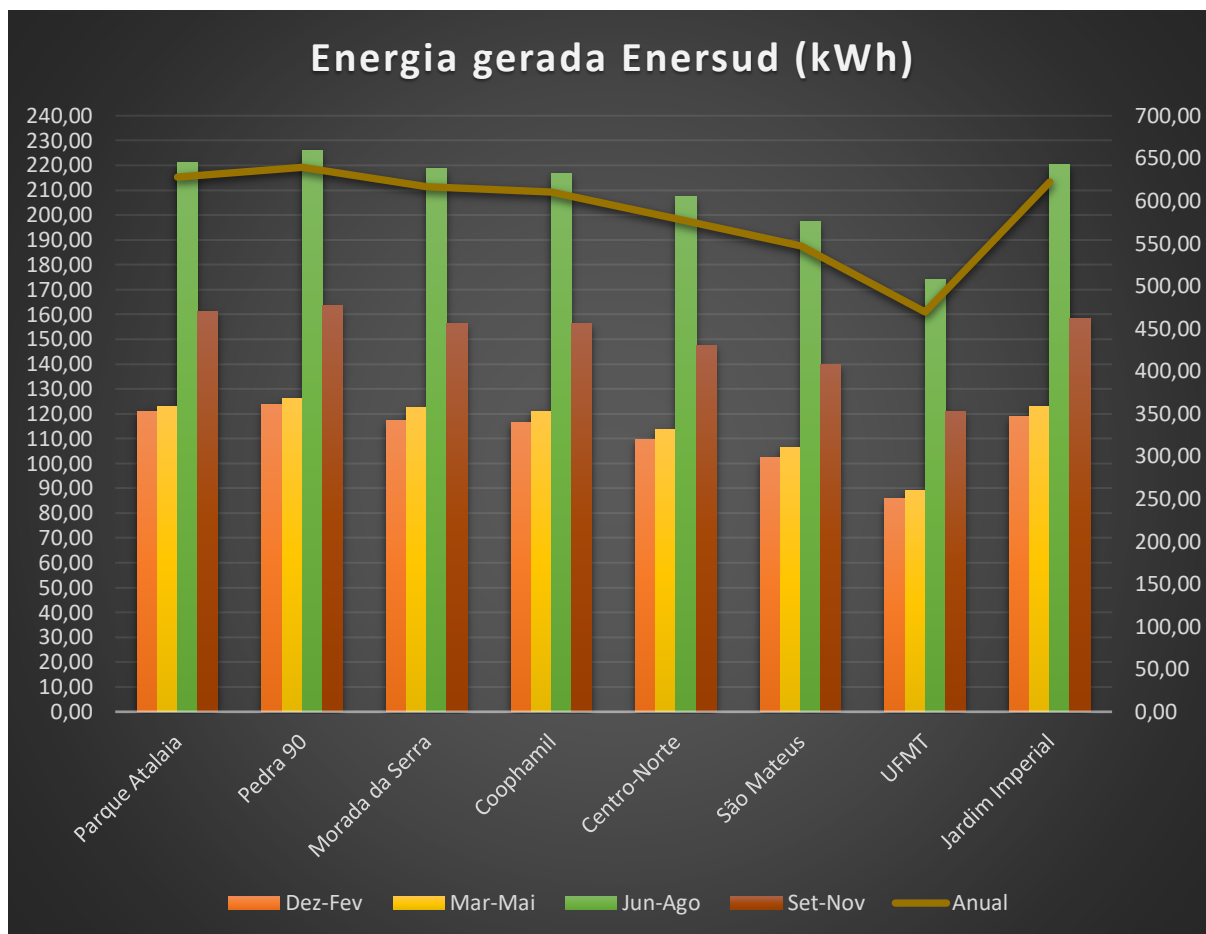
Esse é um fabricante nacional, que também tem uma proposta náutico, com produtos mais voltados para o uso em barcos e outros tipos de embarcações. E assim como o fabricante anterior, a velocidade de vento necessária, para uma produção relevante de energia, é de 13 m/s. E como é possível ver na tabela 6 e na Figura 17, a produção é baixa, mas tem um resultado um pouco melhor que a turbina da Marsrock.

Tabela 6. Potência média trimestral da turbina Enersud (kWh)

Energia gerada Enersud					
	Dez-Fev	Mar-Mai	Jun-Ago	Set-Nov	Anual
Parque Atalaia	120,96	123,12	221,04	161,28	627,84
Pedra 90	123,84	126,00	226,08	163,44	639,36
Morada da Serra	117,36	122,40	218,88	156,24	616,32
Coophamil	116,64	120,96	216,72	156,24	610,56
Centro-Norte	109,44	113,76	207,36	147,60	578,88
São Mateus	102,24	106,56	197,28	139,68	547,20
UFMT	85,68	89,28	174,24	120,96	469,44
Jardim Imperial	118,80	123,12	220,32	158,40	622,08

Fonte: O autor

Como as velocidades dos ventos da região estão aquém das necessidades dessa turbina, a média de produção para o ano se mostra baixa, porém, como podemos ver no gráfico da Figura 17, essa produção pode ser utilizada para complementar outras fontes de geração. Sem a obrigatoriedade de ser a única fonte de energia, é possível considerar a viabilidade de utilizar as turbinas da Enersud, com um bônus por serem uma marca nacional e assim, fomentar a geração de empregos no Brasil.

Figura 17 - Gráfico da energia gerada pela turbina Enersud (kWh)

Fonte: O autor

5 Resultados e Análises

5.1 Resultado

Os resultados obtidos por esse estudo mostram que, de acordo com os dados apresentados nas tabelas e figuras acima, o modelo estudado do fabricante Enersud tem a maior energia gerada. Já o modelo da marca Avant, apesar de não ter a melhor produção de energia, tem uma velocidade nominal de funcionamento mais próxima das médias de vento da região, e por isso os resultados obtidos no estudo seria mais próximo dos gerados em uma situação prática.

Baseando-se somente na necessidade de produção de energia para suprir uma casa pelo ano todo, nenhum fabricante satisfaz essa condição com apenas uma turbina. Contudo, após analisar as 3 turbinas e levando em conta a sazonalidade dos ventos na região, é possível dizer que a implementação de miniturbinas eólicas em Cuiabá seria mais adequada para complementar a produção de energia nos meses de junho a agosto, pois esses têm a maior velocidade média de vento. E complementam a época de seca do local.

5.2 Análise

Analisando os meses com a maior velocidade, nota-se que são esses os mesmo em que a região está passando pelo período de seca. Por isso, também pode-se considerar um bom investimento a instalação de miniturbinas eólicas na região, para complementar a sazonalidade da geração de energia tradicional (hídrica). Diminuindo assim, a necessidade de ligar as termoeletricas.

6 Considerações Finais

6.1 Conclusão

Após os estudos feitos com diferentes marcas e modelos de miniturbinas eólicas, bem como analisando informações nos mapas de vento, foi possível concluir que: Existem locais na região de Cuiabá e entornos que viabilizam a instalação de micro geradores eólicos com conexão à rede de distribuição. Felizmente existe uma marca nacional que, apesar de ter um preço elevado, se mostrou promissora em termos de geração de energia. E a fabricante indiana, se mostrou uma boa opção, por ter uma velocidade de funcionamento mais baixa que as outras marcas, o que a torna mais compatível com os ventos da região. Portanto, chegou-se à conclusão que já existe no mercado miniturbinas eólicas, com capacidade de complementar a demanda do consumidor urbano com um possível retorno de investimento num tempo razoável.

6.2 Sugestões para trabalhos futuros

Para quem quiser continuar esse estudo, vale construir ou instalar uma miniturbina eólica e analisar os resultados práticos e a viabilidade econômica do projeto.

REFERÊNCIAS

- [1] O que é Geração Distribuída. Disponível em: [http://www.inee.org.br/forum_ger_distrib.asp#:~:text=Gera%C3%A7%C3%A3o%20Distribui%C3%ADa%20\(GD\)%20%C3%A9%20uma,incluir%20pot%C3%Aancias%20cada%20vez%20menores](http://www.inee.org.br/forum_ger_distrib.asp#:~:text=Gera%C3%A7%C3%A3o%20Distribui%C3%ADa%20(GD)%20%C3%A9%20uma,incluir%20pot%C3%Aancias%20cada%20vez%20menores) . >Acessado dia 15 de setembro de 2022
- [2] O que é cogeração. Disponível em: http://www.inee.org.br/forum_co_geracao.asp >Acessado dia 15 de setembro de 2022
- [3] O que é geração distribuída de energia elétrica. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/o-que-e-geracao-distribuida-de-energia-eletrica/> >Acessado dia 15 de setembro de 2022
- [4] Geração distribuída. Disponível em: <https://www.geracaodistribuida.com/> >Acessado dia 15 de setembro de 2022
- [5] O que é geração distribuída? Saiba como produzir sua própria energia elétrica. Disponível em: <https://esferaenergia.com.br/blog/geracao-distribuida/o-que-e-geracao-distribuida/> >Acessado dia 15 de setembro de 2022
- [6] Geração distribuída. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/geracao-distribuida#:~:text=Desde%2017%20de%20abril%20de,de%20distribui%C3%A7%C3%A3o%20de%20sua%20localidade> . >Acessado dia 15 de setembro de 2022
- [7] Matriz energética e elétrica. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcedenergia/matriz-energetica-e-eletrica> >. Acessado dia 21 de setembro de 2022
- [8] Formas de energia. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcedenergia/formas-de-energia> > Acessado dia 21 de setembro de 2022
- [9] Fontes de energia. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcedenergia/fontes-de-energia> > Acessado dia 21 de setembro de 2022

[10] O que é energia? Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/o-que-e-energia>> Acessado dia 21 de setembro de 2022

[11] Halcium. Disponível em: <<https://www.halcium.com/>> Acessado dia 22 de setembro de 2022

[12] Start up cria miniturbina eólica para espaços urbanos. Disponível em: <<https://ciclovivo.com.br/planeta/energia/startup-cria-mini-turbina-eolica-para-espacos-urbanos/>> Acessado dia 22 de setembro de 2022

[13] Energia renovável agora setor conta com miniturbinas eólicas que podem ser fixadas em telhados. Disponível em: <<https://www.udop.com.br/noticia/2022/05/23/energia-renovavel-agora-setor-conta-com-mini-turbinas-eolicas-que-podem-ser-fixadas-em-telhados.html#:~:text=Tipos%20de%20Mini%20Turbinas%20E%C3%B3licas,mantendo%20o%20menor%20impacto%20visual.>> Acessado dia 23 de setembro de 2022

[14] Temporada dos ventos. Disponível em: <<https://www.neoenergia.com/pt-br/Paginas/temporada-dos-ventos.aspx>> Acessado dia 23 de setembro de 2022

[15] Você sabe como funciona um aerogerador. Disponível em: <<https://www.neoenergia.com/pt-br/te-interessa/meio-ambiente/Paginas/como-funciona-um-aerogerador.aspx#:~:text=Existem%20dois%20tipos%20b%C3%A1sicos%20de,que%20t%C3%AAm%20sua%20maior%20efici%C3%AAncia.>> Acessado dia 24 de setembro de 2022

[16] Miniturbinas eólicas podem ser instaladas no telhado. Disponível em: <<https://ekkogreen.com.br/mini-turbinas-eolicas-telhados/>> Acessado dia 25 de setembro de 2022

[17] Conheça a inovadora miniturbina eólica portátil. Disponível em: <<https://www.cpt.com.br/artigos/conheca-a-inovadora-mini-turbina-eolica-portatil>> Acessado dia 25 de setembro de 2022

- [18] Miniturbina eólica pode gerar energia para uma casa. Disponível em: <<https://ciclovivo.com.br/planeta/energia/mini-turbina-eolica-pode-gerar-energia-para-uma-casa/>> Acessado dia 25 de setembro de 2022
- [19] Estáticas de ventos e condições atmosféricas. Disponível em: <<https://pt.windfinder.com/windstatistics/cuiaba>> Acessado dia 25 de setembro de 2022
- [20] Mapas meteorológicos e previsão do tempo. Disponível em: <<https://www.climatempo.com.br/mapas>> Acessado dia 26 de setembro de 2022
- [21] Miniturbina eólica residencial pode revolucionar geração de energia renovável no Nordeste. Disponível em: <<https://f5online.com.br/mini-turbina-eolica-residencial-pode-revolucionar-geracao-de-energia-renovavel-no-nordeste-saiba-como-instalar/>> Acessado dia 26 de setembro de 2022
- [22] Miniturbina eólica com preço de celular produz energia em casa tem um funcionamento igual ao de grandes parques eólicos e promete revolucionar a geração da energia renovável no mundo. Disponível em: <<https://clickpetroleoegas.com.br/mini-turbina-eolica-com-preco-de-celular-produz-energia-em-casa-tem-um-funcionamento-igual-ao-de-grandes-parques-eolicos-e-promete-revolucionar-a-geracao-da-energia-renovavel-no-mundo/>> Acessado dia 26 de setembro de 2022
- [23] Turbina eólica de R\$2.500 já é realidade nas casas e ajuda a economizar. Disponível em: <<https://costanorte.com.br/geral/turbina-eolica-de-r-2-500-ja-e-realidade-nas-casas-e-ajuda-a-economizar-saiba-como-1.347483>> Acessado dia 26 de setembro de 2022
- [24] Energia eólica residencial. Disponível em: <<https://www.eolicafacil.com.br/energia-eolica-residencial>> Acessado dia 27 de setembro de 2022
- [25] CRESESB. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>> Acessado dia 27 de setembro de 2022
- [26] Energia eólica: Una GRAN oportunidad. Disponível em: <<https://youtu.be/uNELtFa52T0>> Acessado dia 28 de setembro de 2022

[27] Mapa eólico. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/sieolica/mapaeolico1a.html>> Acessado dia 01 de dezembro de 2022

[28] Disponibilidade de energia eólica no Brasil. Disponível em: <<http://engambiente3.blogspot.com/2007/08/disponibilidade-de-energia-elica-no.html?m=1>> Acessado dia 01 de dezembro de 2022

[29] ANEEL. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjojNjc4OGYyYjQtYWM2ZC00YjllLWJlYmEtYzdkNTQ1MTc1NjM2IiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBlMSIsImMiOiR9>> Acessado dia 01 de dezembro de 2022

[30] Forças devido os ventos. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5591985/mod_resource/content/1/10%20NBR%206123.pdf> Acessado dia 01 de dezembro de 2022

[31] Dados ABEEólica. Disponível em: <<https://abeeolica.org.br/energia-eolica/dados-abeeolica/>> Acessado dia 01 de dezembro de 2022

[32] Ventos promissores a caminho. Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/ventos-promissores-a-caminho/#:~:text=O%20potencial%20de%20gera%C3%A7%C3%A3o%20de,atual%20de%20energia%20do%20Brasil>>. Acessado dia 01 de dezembro 2022

[33] Wind energy - Center for sustainable systems. Disponível em: <<https://css.umich.edu/publications/factsheets/energy/wind-energy-factsheet#:~:text=The%20capacity%20factor%20of%20a,by%20its%20maximum%20power%20capability.&text=Capacity%20factor%20of%20land%20based,%25%20and%20averages%20of%2036%25>> Acessado dia 01 de dezembro de 2022

[34] Enersud - Turbina eólica Verne 555. Disponível em: <<https://www.enersud.com.br/turbina-eolica-verne-555/>> Acessado dia 25 de novembro de 2022

[35] Marsrock Small Wind Turbine Generator AC 12Volt 400W Economy Windmill with MPPT Controller for Wind Solar Hybrid System 2m/s Start Wind Speed 3 Blades (400Watt 12Volt) Disponível em: <<https://www.amazon.com/MarsRock-Turbine-Generator-Economy-Windmill/dp/B077GS8Q4Z?th=1>> Acessado 01 de dezembro de 2022

[36] Amazon.com: mars rock. Disponível em:<https://www.amazon.com/s?k=Marsrock&ref=bl_dp_s_web_0> Acessado dia 01 de dezembro de 2022