

Aerodiy - gerador eólico

**ESCOLA SUPERIOR DE DESENHO INDUSTRIAL
CENTRO DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO**

Aluno
Diego Costa

Orientador
Freddy Van Camp

2010

**ESCOLA SUPERIOR DE DESENHO INDUSTRIAL
CENTRO DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO**

Aluno
Diego Costa

Orientador
Freddy Van Camp

2010

Agradecimentos

Ao meu orientador pelo conhecimento, atenção e a paciência durante todo esse período.

A minha família pelo apoio incondicional.

Ao André Braga pela ajuda.

Resumo

Este projeto busca apresentar uma alternativa de geração de energia a partir do conceito de DIY aplicado em comunidades. Tem como foco a utilização da energia dos ventos através de aerogeradores e o posterior armazenamento dessa energia em baterias capazes de eletrificar uma residência por determinado tempo. O aerogerador apresentado é de utilização doméstica e tem o intuito de ser facilmente fabricado.

Sumário

| | |
|---------------------------------------------------------------|----|
| 1 - Introdução | 6 |
| 1.1 - Cenário..... | 6 |
| 1.2 - Alternativas no cenário de crescimento das cidades..... | 7 |
| 2 - O Projeto..... | 9 |
| 2.1 - Objetivos..... | 9 |
| 2.3 - Energia eólica..... | 9 |
| 2.4 - Aerogeradores..... | 11 |
| 2.5 - Classificação dos aerogeradores..... | 12 |
| 2.6 - Levantamento..... | 15 |
| 2.7 - Aspectos de uso e ergonômicos..... | 16 |
| 3 - Desenvolvimento..... | 19 |
| 3.1 - Primeiras propostas..... | 19 |
| 4 - Soluções..... | 23 |
| 4.1 - Base e tripé..... | 23 |
| 4.2 - Sistema telescópico..... | 25 |
| 4.3 Gerador..... | 27 |
| 4.4 - Pás..... | 30 |
| 4.5 - Movimento..... | 31 |
| 4.6 - Transmissão e armazenamento de energia..... | 32 |
| 4.7 - Montagem..... | 35 |
| 4.8 - Diferentes tipos de aplicação..... | 36 |
| 4.9 - Renderings..... | 39 |
| 5 - Modelo representativo..... | 42 |
| 6 - Desenhos técnicos..... | 43 |
| 6 - Bibliografia..... | 65 |

1 - Introdução

1.1 - Cenário

O sistema que mantém uma cidade em funcionamento é composto por inúmeras redes de abastecimento. Muitas dessas redes passam despercebidas pela maioria das pessoas e só são notadas quando deixam de cumprir o seu papel de abastecer a cidade como devido. Apenas quando não possuímos determinado serviço ou suprimento é que nos damos conta da cadeia de distribuição por trás de um simples tomate, por exemplo.

Coisas simples como a água que bebemos atravessa quilômetros de um complexo encanamento até chegar às nossas torneiras. O mesmo se pode dizer do gás que é encanado. A energia elétrica que consumimos é gerada do outro lado do nosso país em usinas que desconhecemos tanto em tamanho quanto em impacto sócio-ambiental. Os alimentos são produzidos, processados, embalados, e transportados longas distâncias até que possamos comprá-los nos supermercados, onde novamente são embalados e transportados até às nossas casas. Alguns objetos que compramos são produzidos no sul do Brasil, outros em São Paulo e muitos outros na China. Toda essa cadeia de produção e abastecimento das cidades é dispendiosa. Gera resíduos, grande consumo de energia e desperdícios ao longo de seu processo.

Cruzando esse cenário com dados publicados recentemente pela ONU que diz que a população do mundo “em 2050 será de 9 bilhões de pessoas, das quais aproximadamente 6 bilhões viverão em cidades” (ONU, 2008). Não precisamos nos esforçar muito para imaginar que a cadeia de abastecimento das cidades terá que acompanhar esse crescimento, fazendo aumentar desta forma também a quantidade de resíduos, consumo de energia e desperdícios provenientes dela.

1.2 - Alternativas no cenário de crescimento das cidades

Apesar do cenário alarmante de crescimento, existem hoje no mundo grupos de pessoas que se preocupam e buscam alternativas no intuito tornar a vida nas cidades mais agradável e mais sustentável. Algumas dessas alternativas, mesmo utilizando soluções tecnológicas, se encontram na contra mão da globalização e buscam alternativas regionais e até bairristas para problemas e necessidades do cotidiano. A seguir é apresentado um pequeno resumo de algumas dessas alternativas.

1.2.1 - Comunidades Criativas e colaborativas

Comunidades criativas e colaborativas são comunidades voltadas para um novo padrão de bem estar social baseadas em produtos e serviços sustentáveis, onde pessoas de uma mesma área, geralmente o mesmo bairro, se organizam para realizarem trabalho coletivo em prol de um objetivo em comum. No interior dessas comunidades existe uma intensa rede de comunicação e troca de informações, onde os “vizinhos” se organizam para realizarem atividades em conjunto, que passam de organizar uma horta comunitária, workshops de consertos de bicicleta, mutirão de obra a construção de rede de aquecimento ou captação de energia solar.

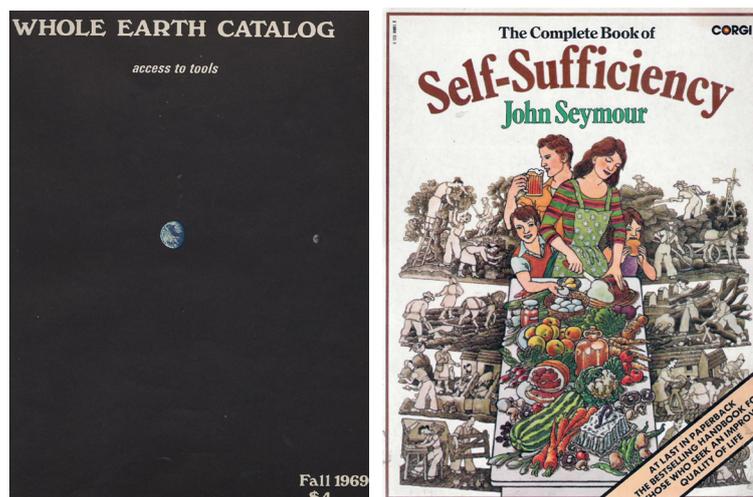


(Fonte: Collaborative Communities, 2009)

1.2.2 - DIY

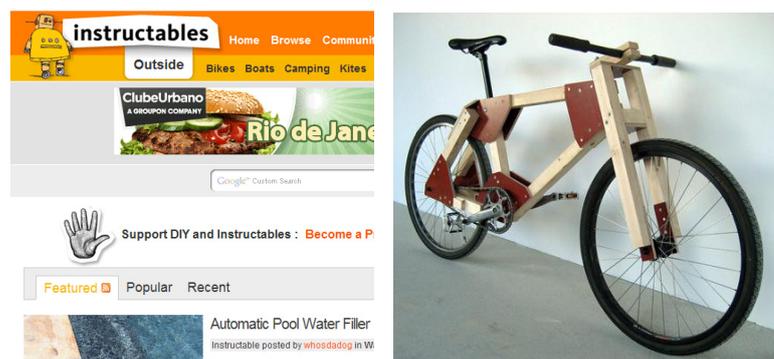
DIY é a abreviação de Do it Yourself (do inglês “faça você mesmo”). Esse termo é usado para determinar trabalhos ou projetos realizados de maneira independente. A ideia DIY é usar materiais e técnicas disponíveis a qualquer pessoa com o mínimo de capacitação, sem que sejam necessários grandes maquinários e técnicas dispendiosas. O DIY está ligado a um espírito anticapitalista que busca a independência na produção de bens necessários.

No fim da década de 1960 foi publicado o “Whole earth catalog”, que tinha como objetivo estimular e dar suporte a iniciativas DIY. No final da década de 1970 foi publicado o “The Complete Book of Self Sufficiency” que instrua iniciativas DIY ligadas ao campo e ao uso da terra.



Capas dos livros.

A iniciativa DIY ganhou força nos últimos tempos com o advento da internet, onde se pode publicar manuais de produção do que se achar conveniente. Existem inúmeros sites voltados a publicar e difundir esses manuais.



À direita print do site www.instructables.com, a esquerda um dos produtos apresentados no mesmo.

2 - O Projeto

2.1 - Objetivos

2.1.1 - Objetivo geral

O objetivo do projeto é se inserir num contexto de produção coletiva e autônoma, no sentido de não depender de técnica apenas encontrada em grandes indústrias, para que se consiga produzir utilizando recursos corriqueiros e muitas vezes encontrados na própria comunidade. O projeto busca também dar autonomia a residência onde ele se aplica, livrando essa residência, em alguma escala, da dependência de grandes cadeias de produção.

2.1.2 - Objetivo específico

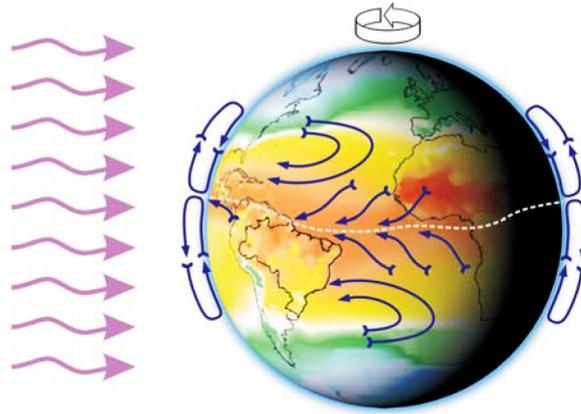
Como alternativa a rede de abastecimento elétrico, desenvolver um cata-vento provido de turbina geradora de energia. Essa escolha leva em conta a utilização de uma matriz de energia limpa, gratuita e que, apesar de se estar popularizando, ainda é pouco explorada.

A região costeira do Brasil é ricamente assistida por ventos, o que torna o projeto relevante em regiões mais próximas ao litoral. O projeto pode ser desenvolvido e aplicado de maneira coletiva entre vizinhos com o mesmo propósito. A reunião de forças facilitaria a construção do cata-vento provido de turbina geradora e baixaria os custos de produção, além de proporcionar uma maior diversificação e circulação de conhecimentos necessários para sua construção.

Passaremos a tratar o cata vento provido de turbina geradora simplesmente como Aerogerador, que significa a mesma coisa.

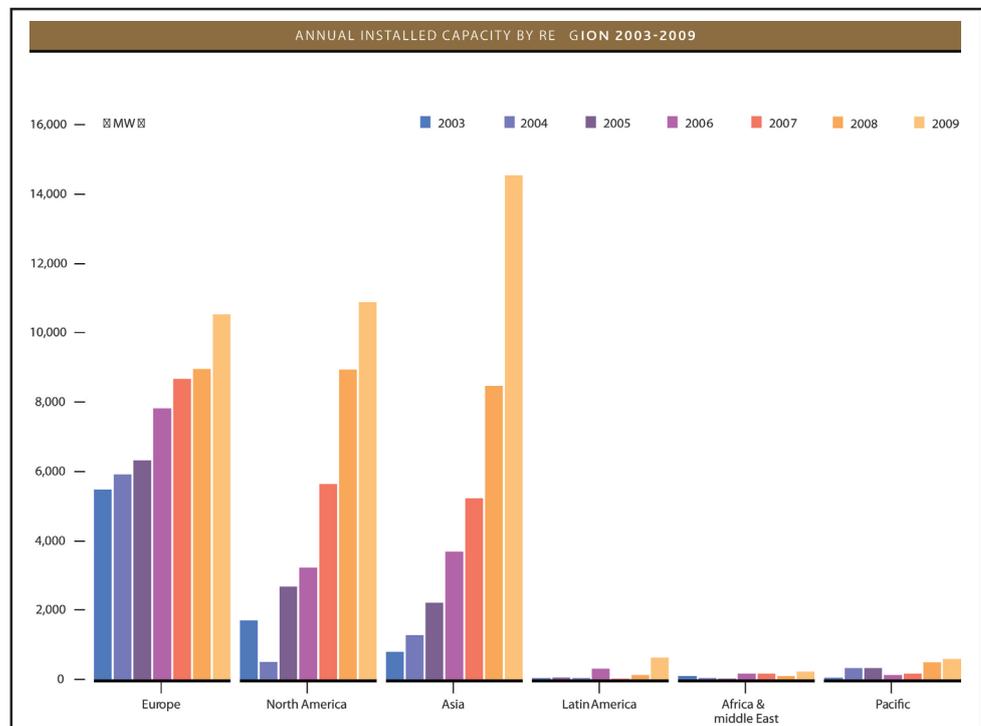
2.3 - Energia eólica

A energia eólica pode ser considerada como uma das energias provenientes do sol, pois é o aquecimento diferenciado da atmosfera que gera os ventos.



Formação dos ventos devido ao deslocamento das massas de ar.
(Fonte: CEPEL, 2001)

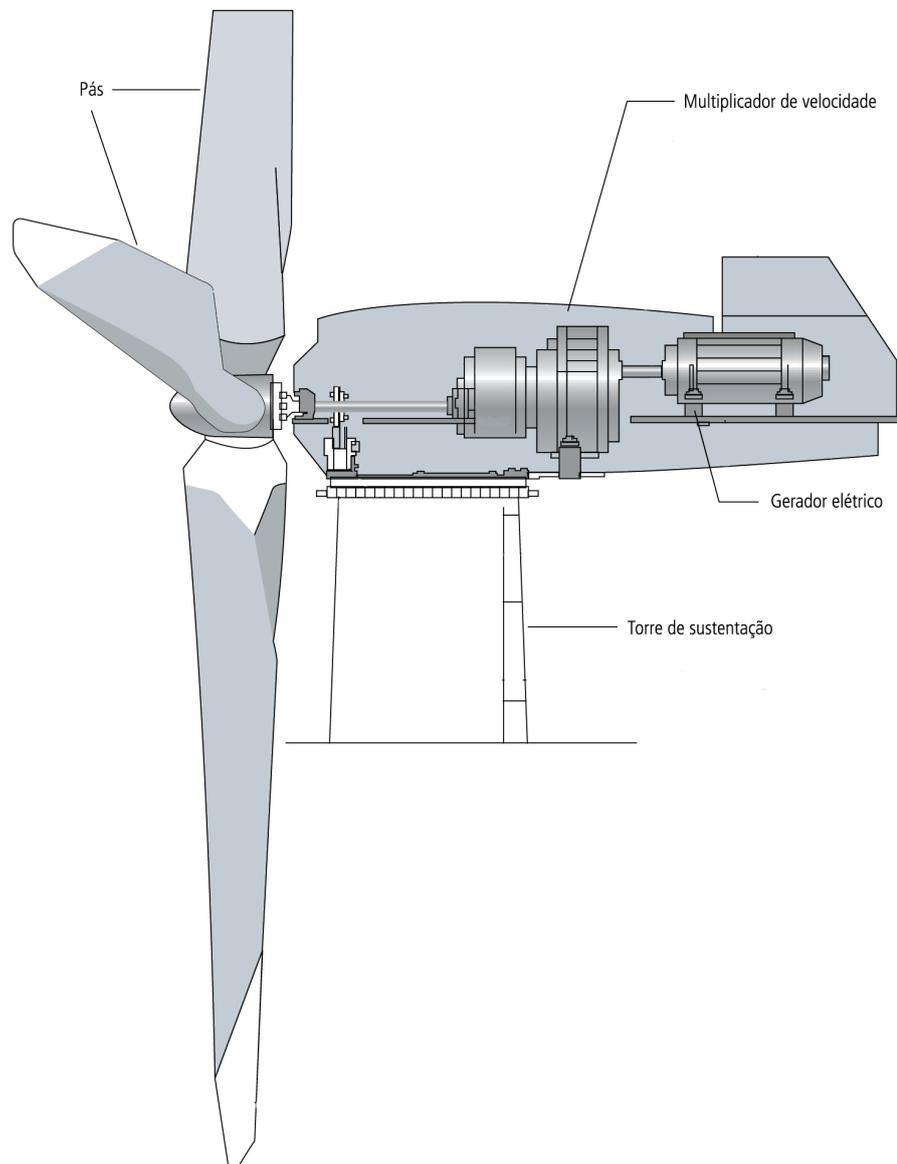
A energia produzida pelos ventos é utilizada desde a antiguidade para mover barcos através de velas e na moagem de grãos ou bombeamento de água por meios de moinhos de vento. Na geração de energia elétrica as primeiras tentativas se iniciaram no século XIX e ganharam força na década 1970 com a crise internacional do petróleo. Na atualidade a utilização da energia eólica está em ascensão e vários países vêm aumentando sua capacidade de geração de energia com a implantação de parques eólicos.



Aumento da capacidade geradora de energia eólica de 2003 a 2009 em cada região.
(Fonte: CEPEL, 2001)

2.4 - Aerogeradores

Um aerogerador é um dispositivo que transforma a energia dos ventos em energia elétrica. Essa transformação se dá através do movimento que o vento produz nas pás do cata vento. Esse movimento é transmitido ao gerador onde é transformado em energia elétrica através de indutância magnética. A energia elétrica quando tratada da maneira correta pode alimentar residências, ruas e qualquer outro lugar ou dispositivo que utilize energia elétrica.



[Fonte: Lucrécio, 2010]

Basicamente um aerogerador é composto pelas seguintes partes:

Pá: responsável por captar a energia transmitida pelo vento. A pá obstrui a força do vento, que quando atinge determinada velocidade passa a movimentá-la.

Multiplicador de velocidade: Funciona como uma caixa de marcha e multiplica o giro do moinho por meio de engrenagens em até 40 vezes.

Gerador elétrico: gera energia através da indutância magnética.

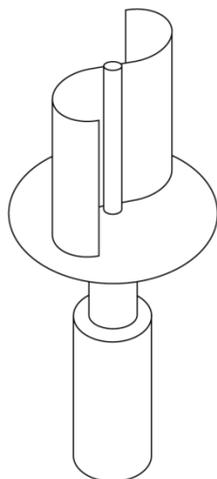
Torre de sustentação: sustenta o moinho, além de elevá-lo a alturas onde possa captar ventos mais fortes.

2.5 - Classificação dos aerogeradores.

O aerogerados são classificados entre vertical e horizontal. O eixo de rotação é que determina essa classificação. Quando o eixo de rotação é horizontal diz-se que o aerogerador é horizontal. Quando o eixo de rotação é vertical diz-se que o aerogerador é vertical.

2.5.1 - Savonius

O rotor do tipo Savonius, aerogerador vertical, é um dos mais simples, é movido principalmente pela força de arrasto do ar, sua maior eficiência se dá em ventos fracos e pode chegar a 20%.¹

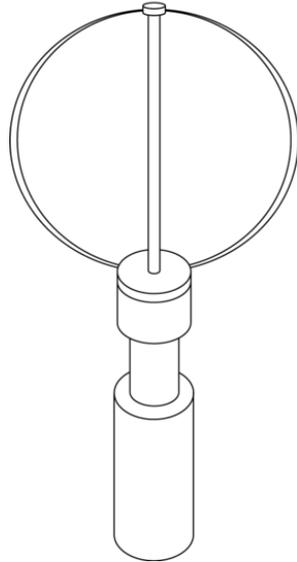


(Fonte: www.wikipedia.com)

¹ - A eficiência se refere a percentagem da energia cinética do vento que passou pelo rotor que será transmitida ao gerador

2.5.2 – Darrieus

O rotor do tipo Darrieus, de eixo vertical, é constituído por 2 ou 3 pás (como as dos helicópteros), funciona através de força de sustentação tendo assim uma eficiência melhor que a do rotor Savonius, podendo chegar a 40%¹ em ventos fortes.



(Fonte: www.wikipedia.com)

2.5.3 – Multipás

Os rotores Multipás, de eixo horizontal, são mais utilizados para bombeamento de água de poços artesianos, mas nada impede que sejam utilizados para geração de energia elétrica. Impulsionados tanto por força de arrasto como por força de sustentação, esses rotores têm seu pico de eficiência em ventos fracos, com uma eficiência de 30%.¹

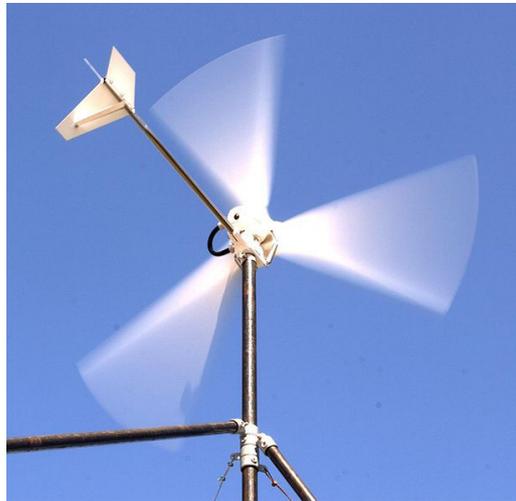


(Fonte: www.wikipedia.com)

¹ - A eficiência se refere a percentagem da energia cinética do vento que passou pelo rotor que será transmitida ao gerador

2.5.4 – Tripá

Os rotores Tripá são os mais utilizados para geração de energia elétrica em larga escala, são impulsionados apenas pela força de sustentação. Apesar dos rotores com 2 pás serem mais eficientes, são mais instáveis e propensos a turbulências, trazendo risco a sua estrutura, o que não acontece nos rotores de 3 pás que são muito mais estáveis, barateando seu custo e possibilitando a construção de aerogeradores de mais de 100 metros de altura e com capacidade de geração de energia que pode chegar a 5MW(megawatts). Seu pico de geração de energia é atingido com ventos fortes e sua eficiência pode passar dos 45%.¹



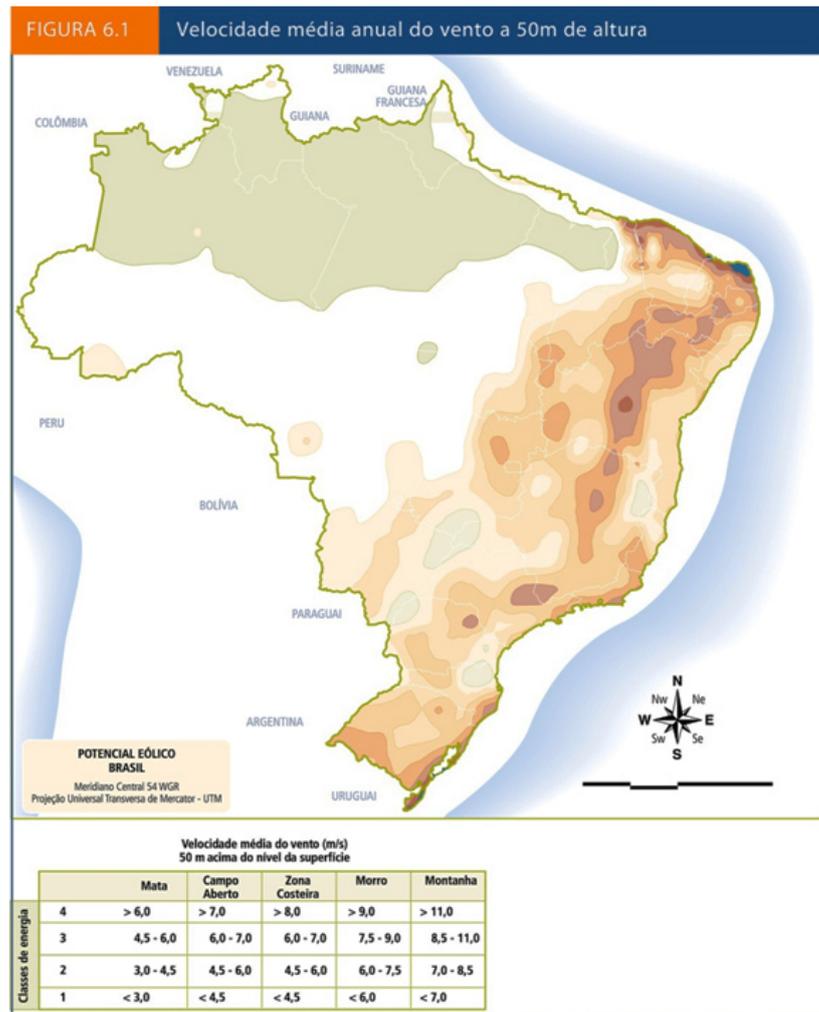
(Fonte: www.wikipedia.com)

¹ - A eficiência se refere a percentagem da energia cinética do vento que passou pelo rotor que será transmitida ao gerador

2.6 - Levantamento

2.6.1 - Ventos no Brasil

No Brasil as regiões costeiras são regiões de grande incidência eólica. Elas são melhores para a instalação de equipamentos aerogeradores. O mapa (ver figura) a média anual de ventos no Brasil.



(Fonte: CEPEL, 2009)

2.6.2 - Consumo médio do brasileiro

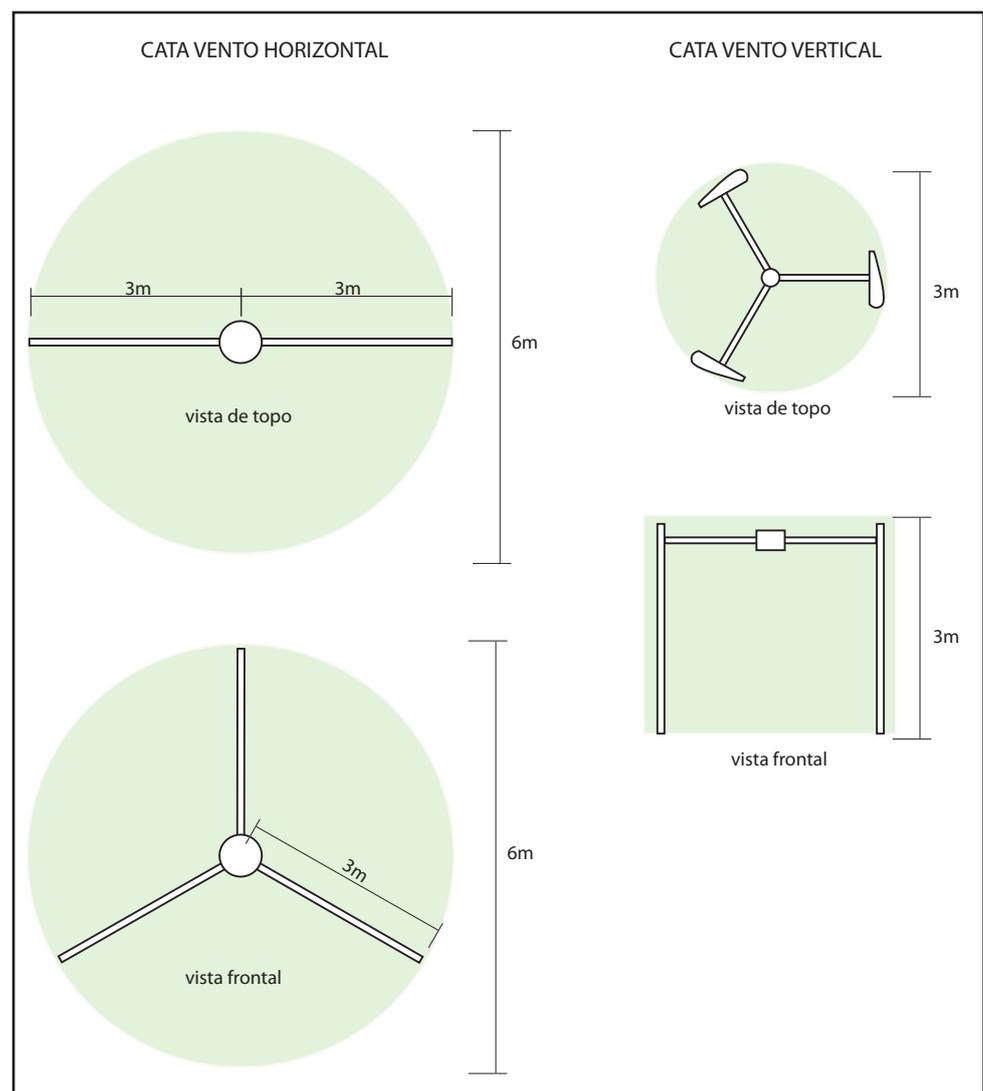
Segundo dados divulgados pelo EPE - Empresa de pesquisas Energéticas (EPE, 2010), o consumo médio energético das residências brasileiras é de 157KW/ mês. Isso indica que um gerador elétrico (incluindo um aerogerador) precisa gerar 218WATTS de energia a cada hora para prover uma residência média com energia elétrica sem que seja necessária a utilização de outras fontes.

2.7 - Aspectos de uso e ergonômicos.

2.7.1 - Ocupação do espaço.

Por se tratar de um aerogerador para uso residencial, o espaço que ele ocupará é um fator importante para o projeto. Como uma residência pode não contar com grandes espaços, o uso de grandes cata ventos como os vistos em parques eólicos está descartado. O espaço necessário para instalação do cata vento deve prever também uma distância segura entre o usuário e o aerogerador, evitando dessa maneira possíveis acidentes.

Foi feito um estudo onde é mostrado o espaço necessário para o funcionamento de um cata vento. Este estudo faz a comparação entre um modelo de cata vento vertical e um modelo horizontal, ambos utilizando pás de 3 metros.



Comparação catavento vertical e horizontal. Ocupação espacial do modelo vertical é menor.

Como pode ser observado, o cata vento vertical utiliza um espaço duas vezes menor que o horizontal. Mesmo que a eficiência em termos energéticos dos cata ventos horizontais seja um pouco maior (5% como foi mostrado anteriormente), isso é superado com a economia de espaço conseguida com os modelos verticais, visto que em ambientes residenciais o espaço é um fator importante.

2.7.2 - Adequação à utilização doméstica

Como foi visto existem basicamente 4 tipos de aerogeradores, cada um deles com seus prós e seus contra. Para o projeto proposto, será necessária a utilização de um aerogerador de pequeno porte e que tenha uma capacidade geradora suficiente para uma residência média brasileira.

Os modelos Savonius e Multipás possuem eficiência reduzida, 25% e 30% respectivamente, quando comparados aos modelos Darrieus e Tripá, que possuem eficiência de 40% e 45% respectivamente. Não fosse isso, o modelo de Multipás ainda possui o agravante de ser mais eficiente em situações em que seja necessário torque elevado (bombeamento de água, moagem de grãos) o que não é o caso de um aerogerador, onde o importante é a velocidade atingida no giro.

Ficam, portanto, os modelos Darrieus e Tripá como alternativas ao projeto. A escolha ente esses dois modelos de aerogeradores foi feita, então, com base no estudo de espaço necessário a utilização de cada um. Como um ambiente residencial carece ou pode carecer de espaço, o modelo Darrieus se mostrou uma escolha mais adequada ao projeto que se pretende realizar.

2.7.3 - Capacidade do aerogerador

Como o vento não é constante, o aerogerador além de prover a energia necessária, terá que ser capaz de acumular essa energia para uso em momentos de vento fraco ou nenhum vento. Essa armazenagem de energia se dá por meio de baterias específicas e fará com que a residência não necessite utilizar energia alternativa à do gerador mesmo

quando não estiver ventando. Logicamente a energia vinda de outras fontes se fará necessária quando não estiver ventando e as baterias estiverem descarregadas ou descarregarem durante períodos maiores sem vento.

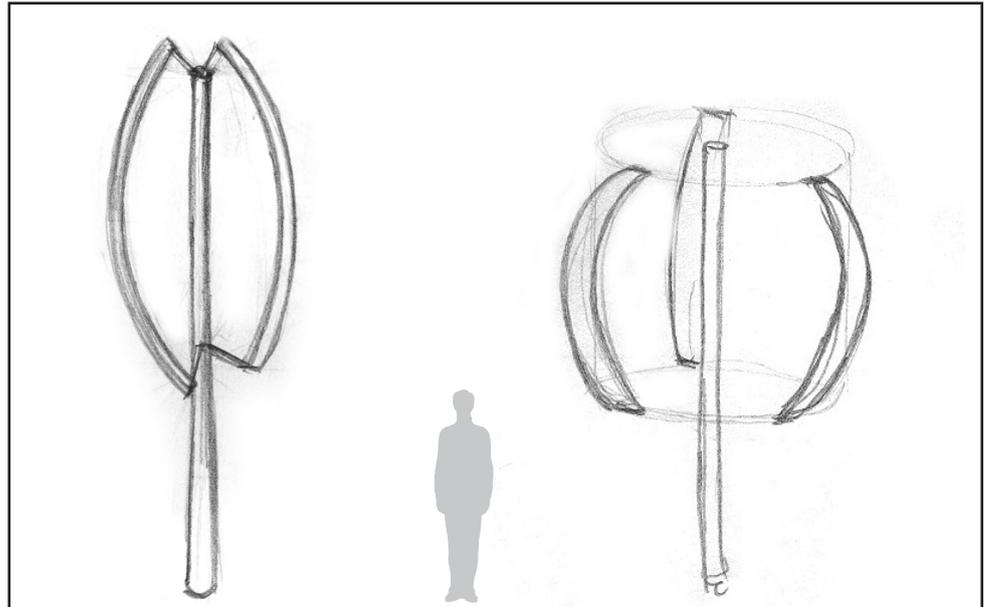
2.7.4 - Fabricação do aerogerador.

Sendo projeto dentro de um modelo DIY, a fabricação do aerogerador não deve possuir processos somente encontrados em grandes indústrias. É importante que o projeto possa ser executado utilizando processos tradicionais e fáceis de serem encontrados. Isso garantirá que pequenas comunidades e grupos de pessoas consigam produzi-lo sem grandes complicações no que se refere aos processos de fabricação.

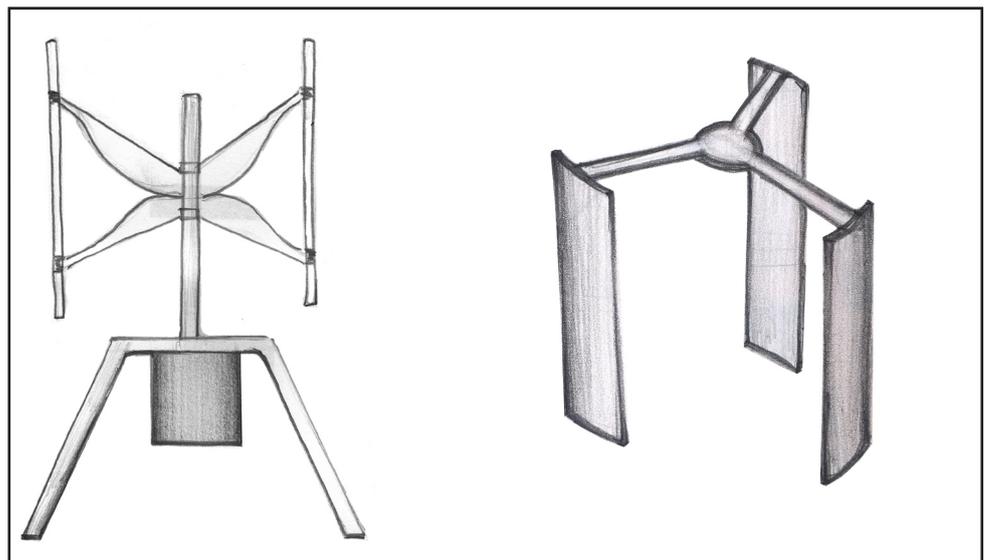
3 - Desenvolvimento

3.1 - Primeiras propostas

Desde o início do projeto buscou se por formas simples, que não complicassem demais a concepção do projeto. O estudo de possibilidades com as pás guiou os primeiros esboços.

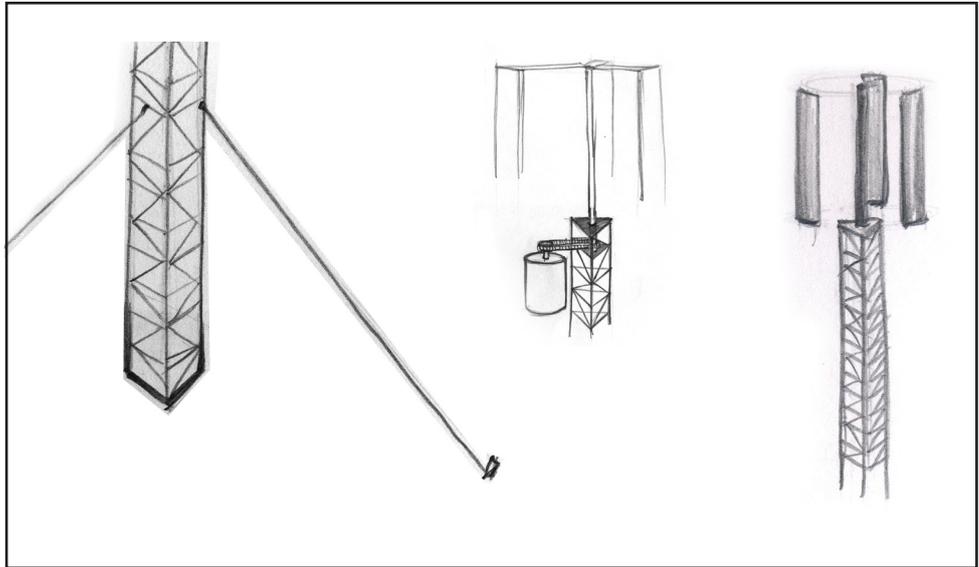


Modelos de pás curvas.



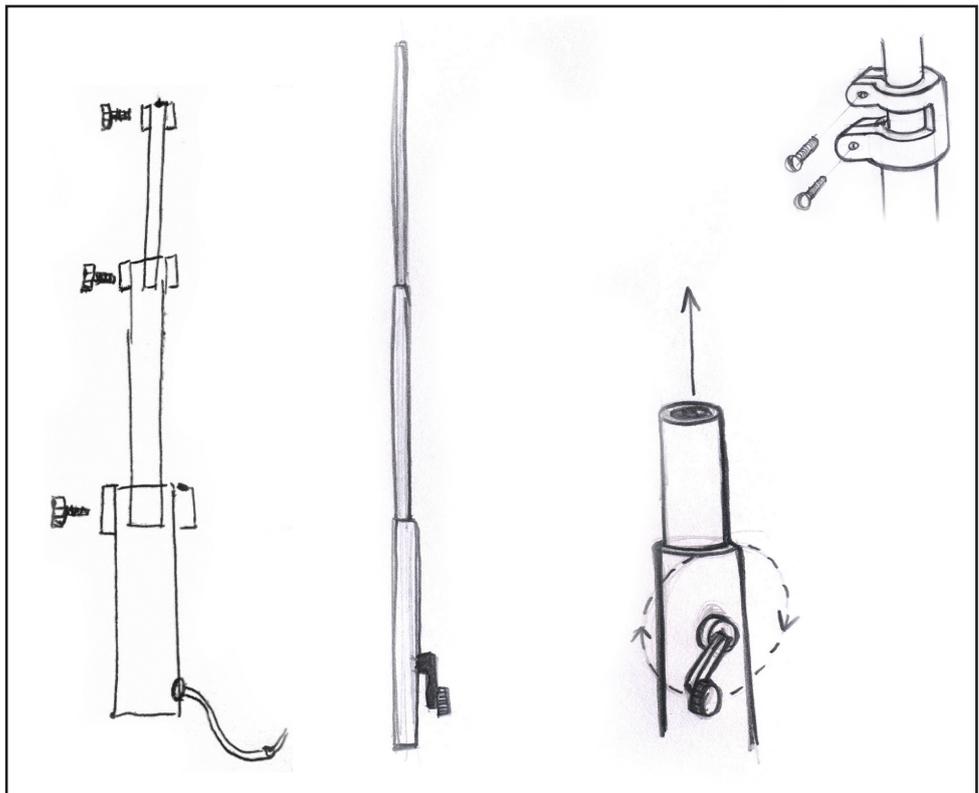
Modelos de pás retas.

Os modelos que utilizam pás curvas não são a melhor solução para construções DIY, pois possuem fabricação complicada, dessa forma o projeto evoluiu com as pás retas.

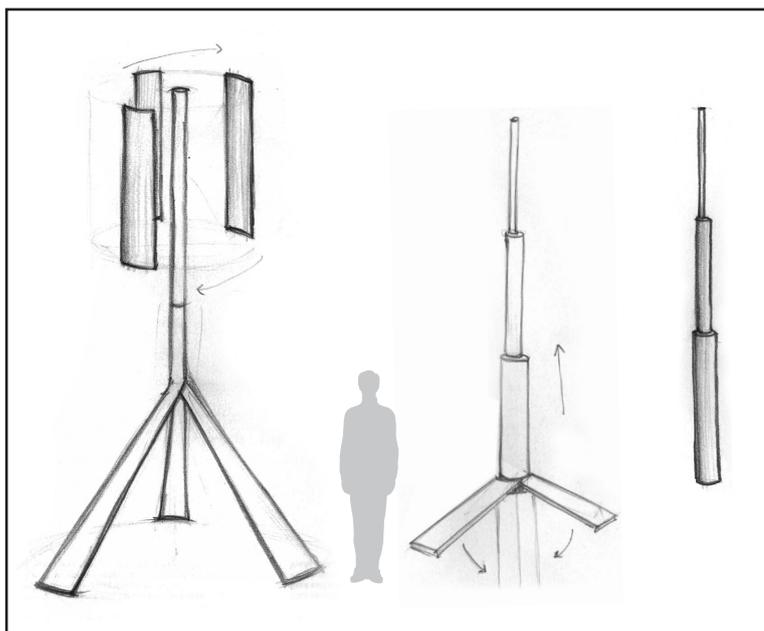


Estruturas metálicas e aramadas.

Foi feito o estudo de algumas soluções para haste. Modelos muito complexos forma deixados de lado e deu-se preferência aos modelos mais simples e que pudessem ser desmontados com facilidade.

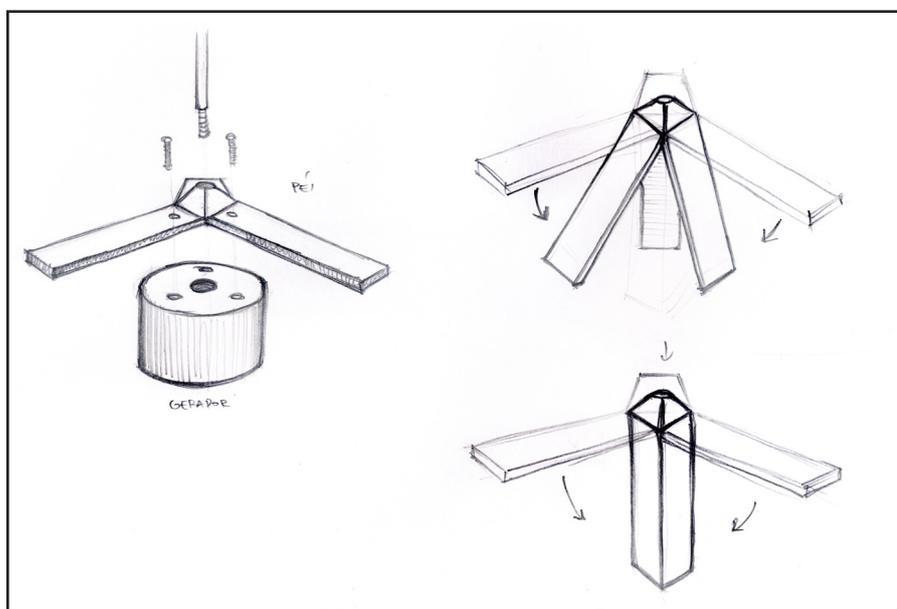


Estruturas telescópica funcionando com manivela.



Esboço com tripé dobrável.

Como a base precisaria de estabilidade sem que com isso se comprometesse a mobilidade do projeto, a ideia do tripé dobrável se mostrou adequada tanto pela estabilidade em diferentes terrenos quanto pela facilidade de transporte ao ser dobrado. A haste telescópica também facilita na montagem, desmontagem e transporte.



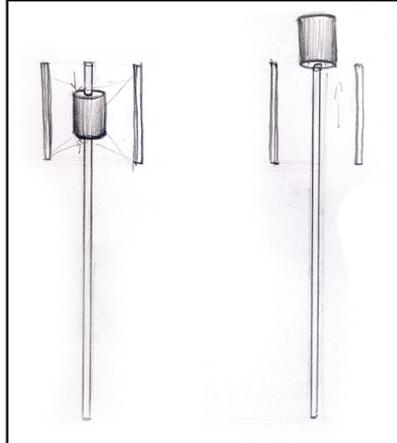
Esboço com tripé dobrável e motor na parte inferior do tripé.

Alguns estudos foram feitos com o gerador posicionado na parte inferior do tripé, mas logo essa alternativa foi descartada por motivos apresentados a seguir.



Gerador na base: Boa estabilidade. Perda de energia para engrenagens e complicações na transmissão do movimento.

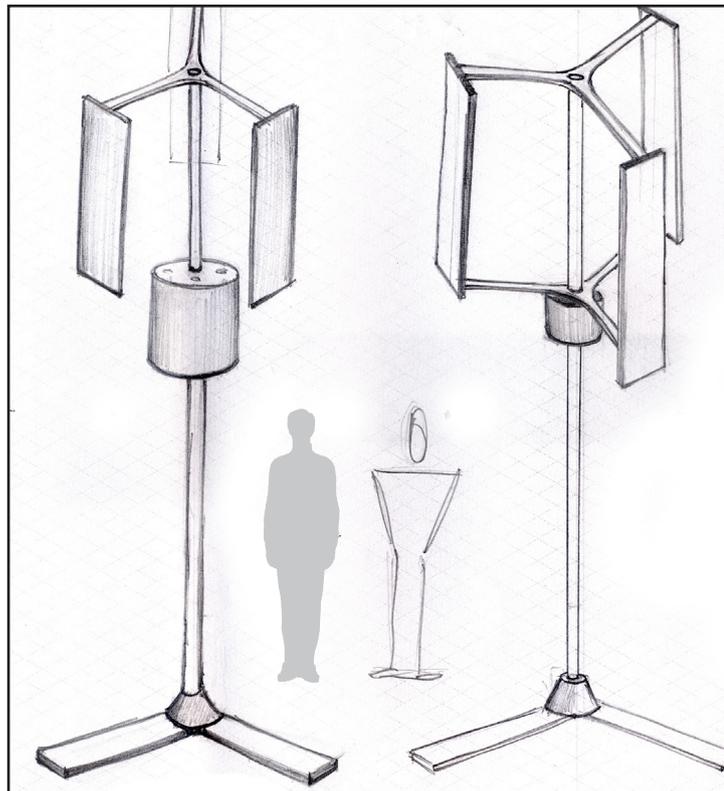
Gerador abaixo das hélices: Alguma estabilidade. Pouca perda de energia e poucas engrenagens.



Gerador hélice: Boa estabilidade. Pouca perda de energia. Complicações na montagem.

Gerador a cima da hélice: nenhuma estabilidade.

O posicionamento do gerador foi um fator determinante no projeto. O motor localizado logo abaixo das hélices foi o escolhido por manter alguma estabilidade e ainda não complicar a montagem com engrenagem até a base do aerogerador.

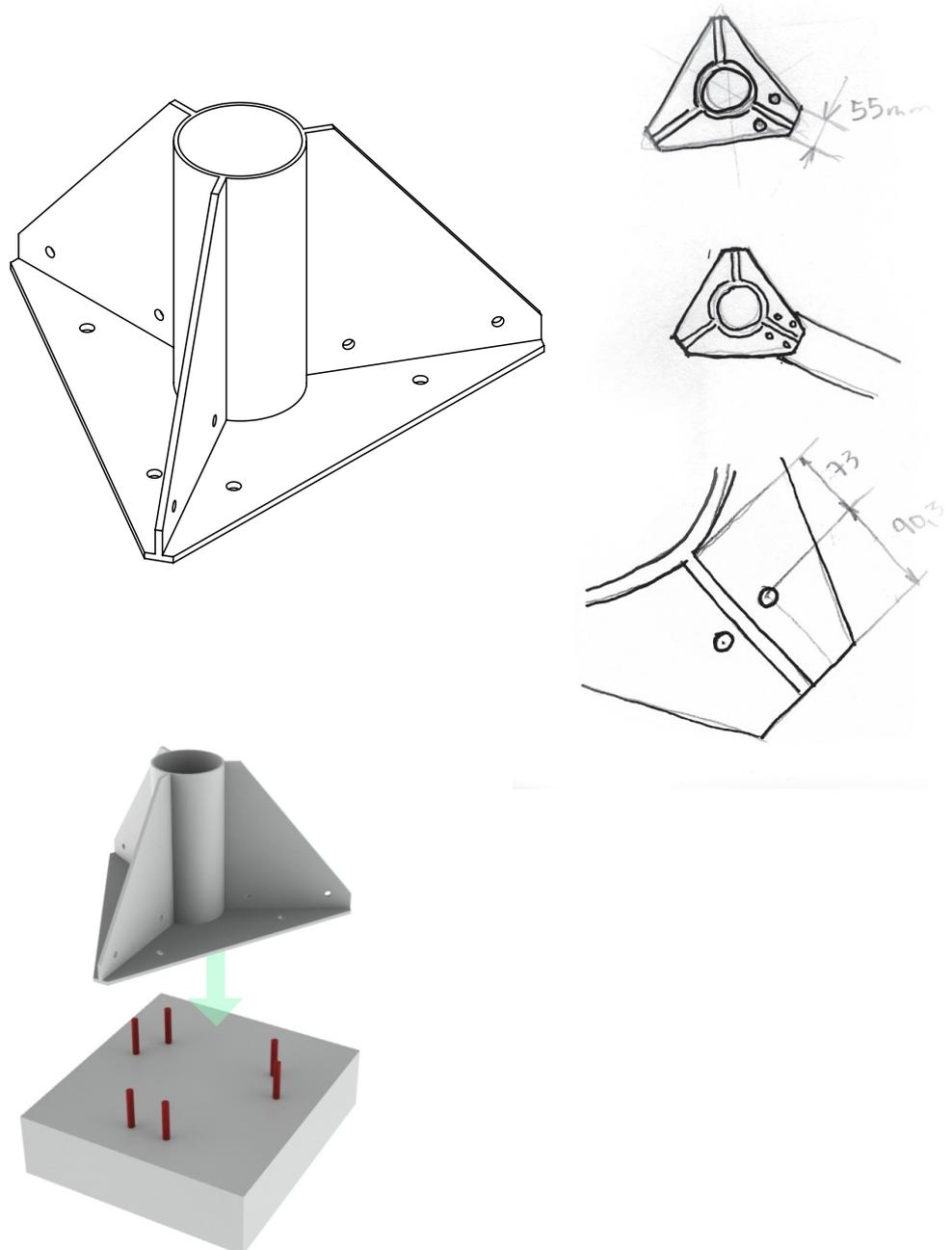


Geradores posicionados logo abaixo das hélices.

4 - Soluções

4.1 - Base e tripé

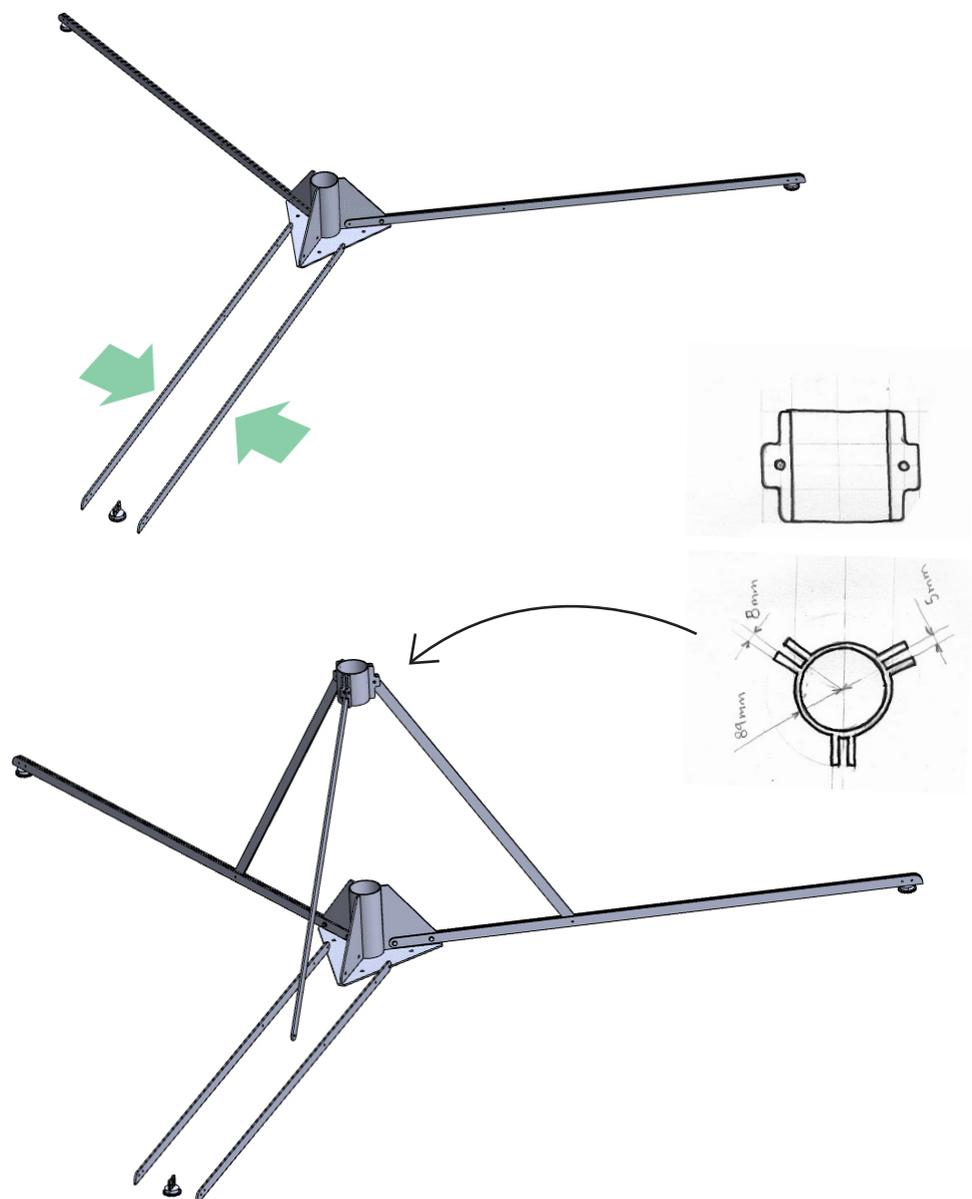
O aerogerador precisa ter uma base firme para suportar o peso do sistema e a força que será exercida pelo vento. É necessário também que tenha flexibilidade para ser instalado em diferentes locais. Levando-se em conta uma instalação fixa ao chão e uma instalação móvel chegou-se a uma solução onde a mesma peça que é usada para fixar o aerogerador ao chão é usada também para instalação do tripé.



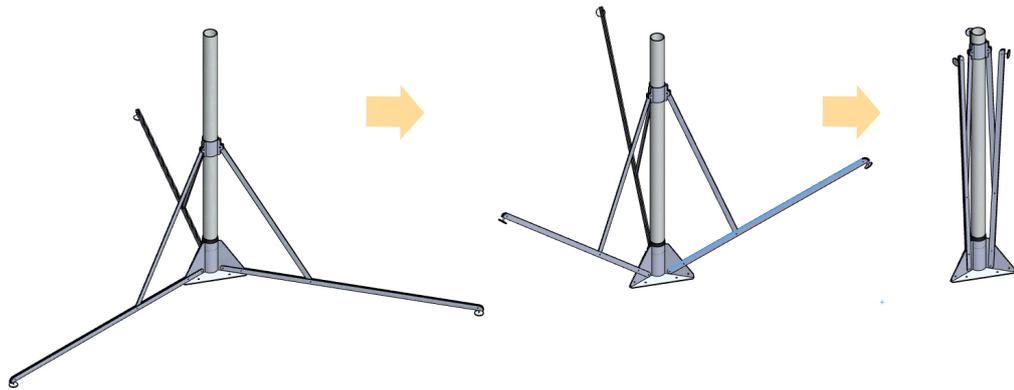
Base sendo fixada ao chão. Em vermelho os parafusos de encaixe.

Essa peça é confeccionada em tubo e chapas de alumínio cortado e soldado. A base da peça é triangular para permitir melhor apoio dos tripés ao chão. Quando usado fixa ao chão a base é presa a parafusos chumbados na superfície em que será instalada. Esta solução baseou-se na instalação de postes onde a base também é chumbada ao chão. Quando usada como tripé a base serve de peça central onde as pernas pivotam e se fecham.

Os tripés são cortados de chapas e formam uma estrutura de sanduíche que evita flexões laterais. São providos de pequenos pés nas pontas que fazem o ajuste fino do produto no plano.



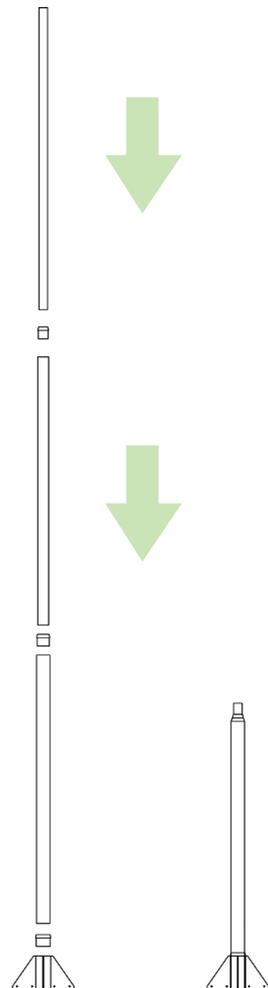
Tripé em estrutura sanduíche.



A solução encontrada buscou uma fabricação relativamente fácil e rápida, além disso, essa estrutura (base + tripé) não precisa ser desmontada para o transporte, o que facilita sua posterior montagem.

4.2 - Sistema telescópico.

Após analisar algumas alternativas se chegou ao sistema telescópico com três perfis de alumínio de diferentes diâmetros que se encaixam um no outro formando um mastro telescópico.

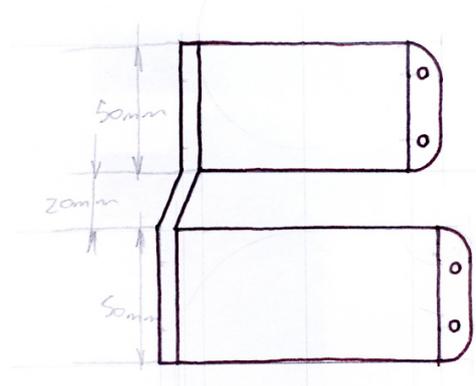


Sistema telescópico.

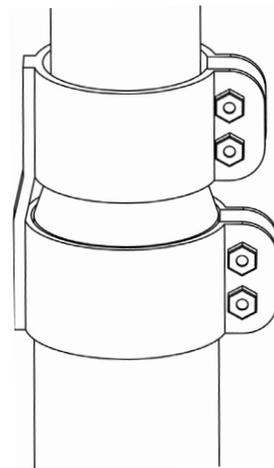


Sistema telescópico recolhido.

A escolha desses perfis tem como base perfis utilizados em embarcações à vela. O comprimento do perfil foi projetado para que o mastro não sofresse flexões, por isso a escolha em usar peças de 1,5 metros se mostrou mais adequada. Vale ressaltar que em embarcações o mastro tem aproximadamente 6 metros e sofre pequenas flexões devido à força do vento nas velas.



Conectores de perfis de diferentes diâmetros.



Conexão entre os perfis.

Para fixação dos perfis são usados conectores semelhantes aos de tripés de fotografia, no entanto estes são fabricados em alumínio soldado e possuem travamento por parafusos que ao se fecharem prendem o perfil maior no perfil menor. A escolha do uso de alumínio evita oxidação e excesso de peso.

4.3 Gerador

O motor do aerogerador é o que vai transformar a energia mecânica em energia elétrica e são justamente as características dele que dirá o quanto de energia mecânica será transformada em energia elétrica. A escolha do motor partiu do princípio que ele se encontrará na parte superior do aerogerador, logo abaixo do cata vento, pois dessa maneira a perda de energia entre as engrenagens será menor. Isto posto, concluiu-se que o motor necessitaria ser leve para não sobrecarregar a estrutura.

Abaixo são apresentadas as características e medidas do motor, as informações foram retiradas do site do fabricante (www.windstream.com).



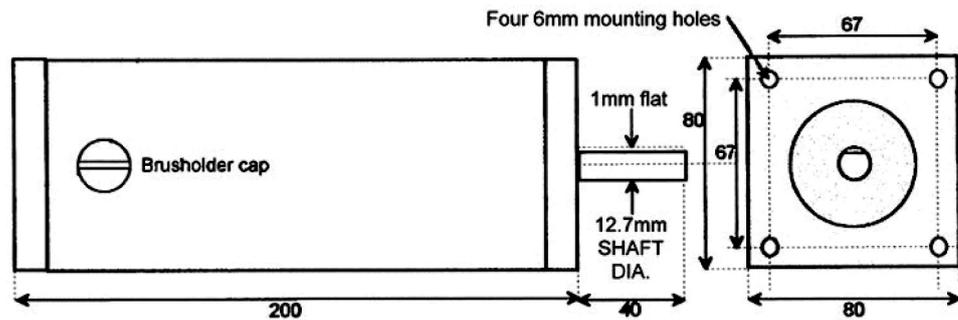
Permanent Magnet DC Generators
443542 High RPM Permanent Magnet DC Generator

Scroll to bottom of page to view performance curves.

- Magnets: Two high-energy saturated C8 ceramic magnets.
- Shaft: Steel 12.7mm (1/2") diameter, 40mm length, with 1mm full-length flat.
- Armature: 16-slot armature 52mm diameter wound with AWG18 magnet wire (fusing current:83 amperes).
- Brushes: Extra-long 8x14mm brush assemblies including spring, pigtail, and cap - replacement stock no. 443729
- Bearings: Two double-sealed 32mm OD ball bearings - replacement stock no. 171110
- Rotation: Either direction - The red or white output wire is positive for clockwise rotation from the shaft end.
- Speed: Zero to 5,000 rpm -, generates at all speeds
- Mounting: Four 1/4-20 holes on the front or rear end caps, or by hose clamps on the magnet drum.
- Weight: 4.2Kg (9.2lb) Shipping weight 4.6Kg (10lb), dimensions 150x150x300mm (6x6x12in).
- Resistance: Internal resistance 0.3 ohms. Inductance 22mH.
- Maximum output for this generator is 20A. If you exceed this specification, the generator will overheat. See run times below.



443542 High RPM Permanent Magnet DC Generator

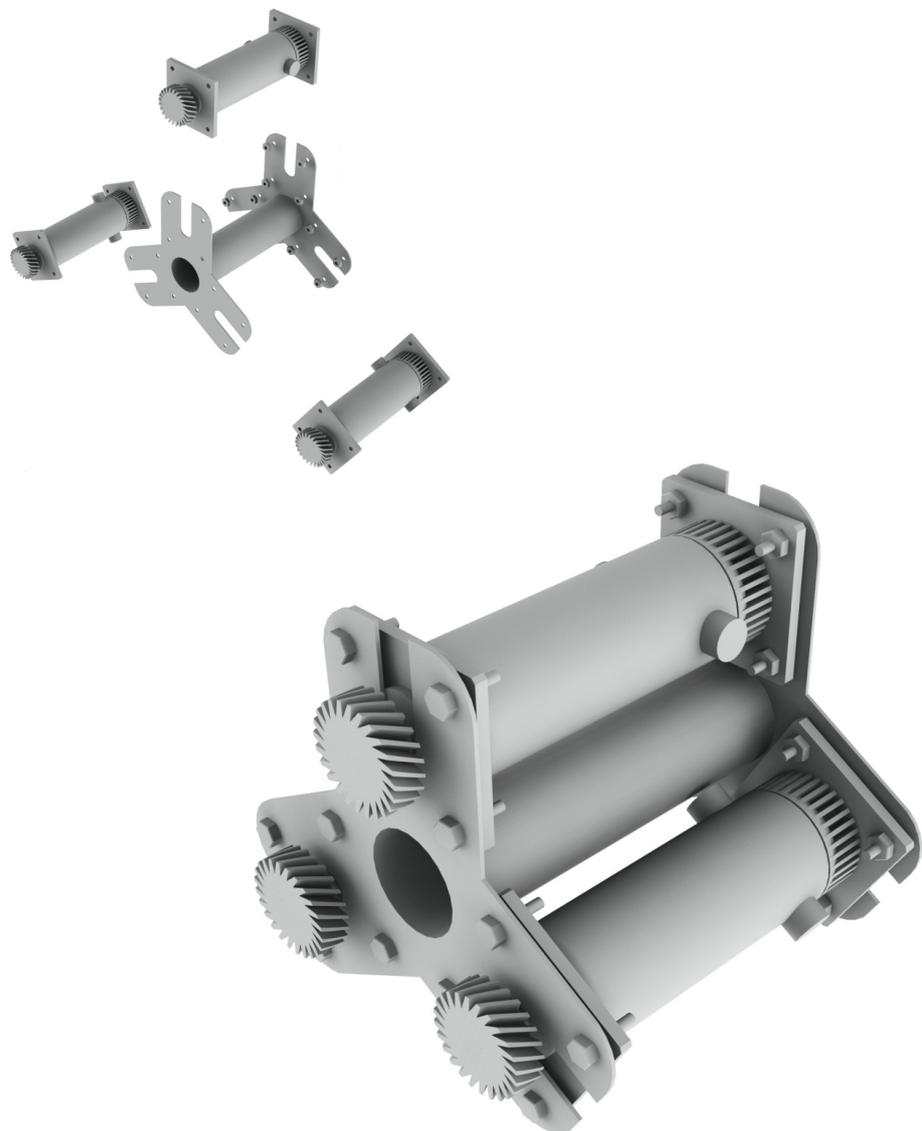


Permanent Magnet DC Generator Dimensions

Após pesquisa chegou-se ao modelo de motor desejado. Do fabricante Windstream Power, o motor funciona em baixas voltagens, de 0V a 20V, e Amperagens de até 20A. A sua capacidade de geração pode passar de 200Watts quando as pás do aerogerador giram a uma velocidade de 2900 rotações por minuto.

A escolha pelo uso de três motores foi estratégica para o equilíbrio do conjunto. No início estava-se usando apenas um motor de 600W e bem mais pesado. No entanto esta configuração poderia deixar o sistema instável visto que o motor faria peso apenas em um lado do aerogerador. Com a utilização de 3 deles, ao invés de 1, o peso fica equilibrado e dividido no perímetro do aerogerador, evitando dessa forma que algum dos lados fique sobrecarregado.

Ao todo o sistema com 3 aerogeradores é capaz de gerar 600Watts de energia. Caso não seja conveniente, o usuário também pode instalar apenas um ou dois geradores, mas a estrutura pode sofrer com o desequilíbrio causado pela diferença de peso no perímetro do aerogerador.



Motores se encaixam no suporte de motor.



Suporte de motor se encaixa na haste.

4.4 - Pás

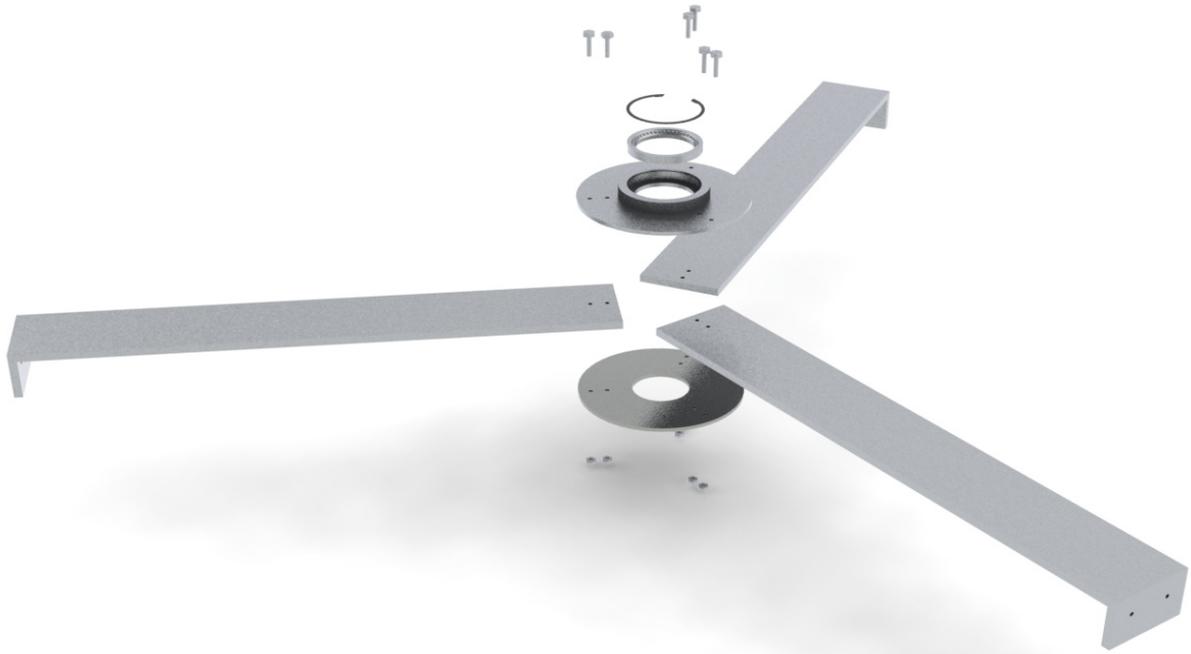
As pás do aerogerador funcionam sendo apenas um perfil retangular, pois o vento as empurra fazendo com que o catavento gire. No entanto, o melhor aproveitamento do vento se dá quando as pás tem o perfil com formato semelhante a asas de avião, pois dessa forma a hélice também realiza trabalho quando se movimenta no sentido contrário ao vento.

No projeto as medidas da hélice (aqui chamadas de pás) estão baseadas em medidas encontradas em aerogeradores de tamanho semelhante. A “forma de hélice” apresentada é apenas uma aproximação do que seria uma asa de avião e para um aproveitamento total do vento seria necessário uma pesquisa e testes específicos.

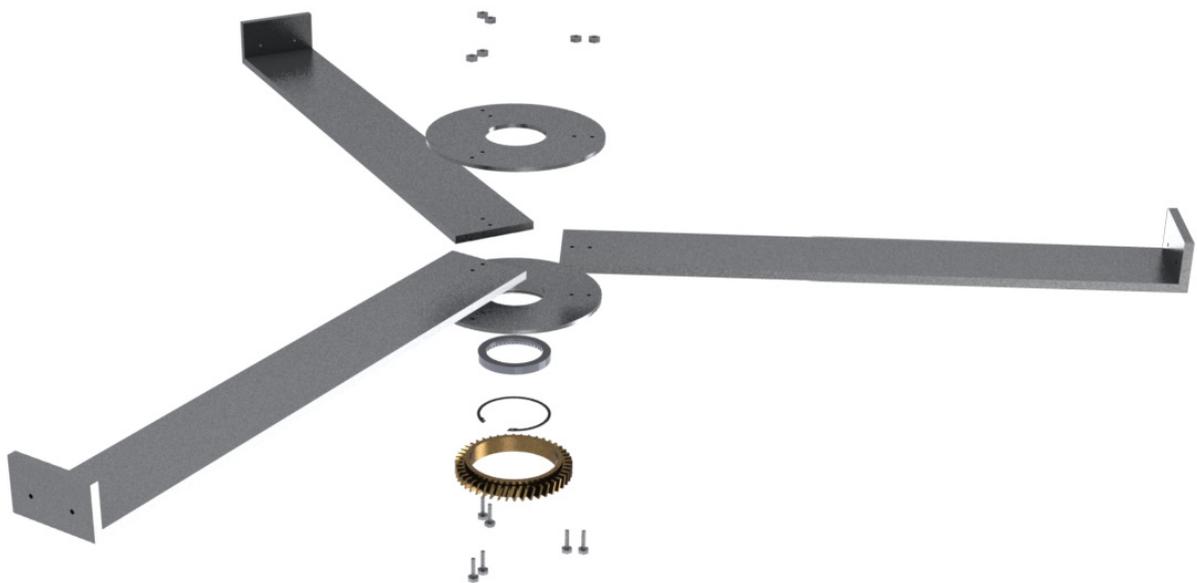
O desenho da pá se encontra na parte de desenhos técnicos desse relatório.

4.5 – Movimento

O catavento gira entorno da haste telescópica realizando um movimento horizontal e sempre no sentido horário, não importando a direção do vento. Esse giro é possível graças ao uso de rolamento cônico que localizam se no na região central do catavento e fazem a interface entre ele e a haste telescópica. A figura abaixo mostra a vista explodida da parte superior e inferior do conjunto.



Vista explodida - suporte superior da pá.



Vista explodida - suporte inferior da pá.

O movimento da catavento é transmitido ao motor através de uma engrenagem helicoidal, uma localizada na parte inferior do cata vento e a outra na parte superior de cada motor. A relação entre as engrenagens é de 1:3, já que a engrenagem do cata vento é três vezes maior que a engrenagem do motor. Isso significa que a cada giro do catavento o motor girará três vezes, otimizando dessa forma o seu funcionamento.



Em vermelho engrenagens do cata vento e do motor, a relação entre elas é de 1:3, respectivamente.

A escolha por engrenagens helicoidais foi feita porque com essa forma quando seus dentes se acoplam, o contato se inicia em uma extremidade do dente e gradualmente aumenta à medida que as engrenagens giram, até que os dois dentes estejam totalmente acoplados. Este engate gradual faz as engrenagens helicoidais operarem muito mais suave e silenciosamente que as engrenagens de dentes retos.

4.6 - Transmissão e armazenamento de energia

A energia gerada no motor é transmitida ao sistema de armazenamento por meio de um fio que passa no interior do mastro. Este fio tem saída na parte inferior do aerogerador e é levado até a central de armazenamento. Esta central nada mais é que uma caixa onde a energia é tratada e armazenada. A central é provida de rodinhas e alça para que seja transportada com maior facilidade.

A central de armazenamento, quando carregada, pode ser utilizada de maneira separada, não necessitando estar conectada ao aerogerador.

Ela é composta basicamente pelas seguintes partes:

Painel de controle: controla a energia que é armazenada nas baterias, ele evita sobrecargas que possam danificá-las.

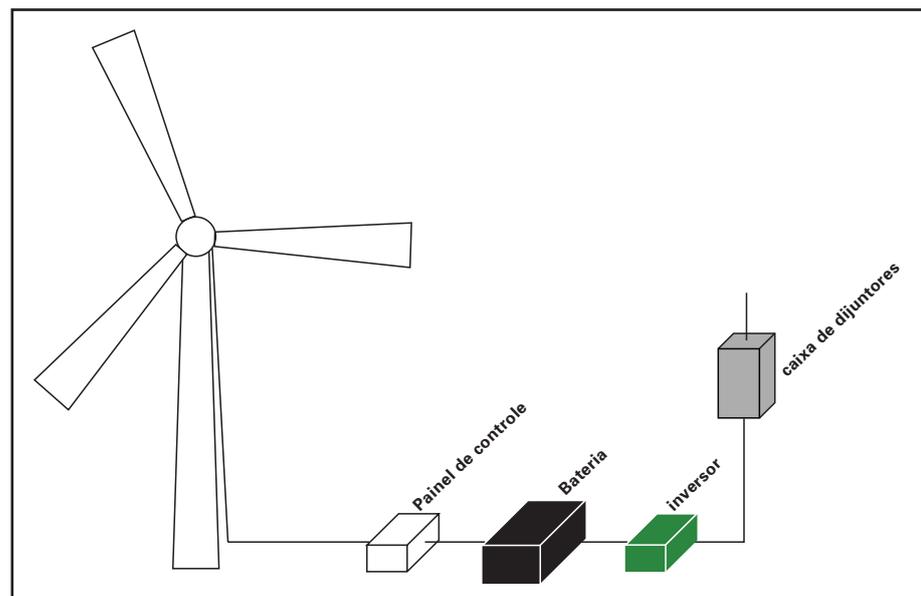
Baterias: Armazenam a energia para uso posterior. Deve ser uma bateria de ciclo profundo, pois suporta melhor o ciclo de carregamento e descarregamento do sistema.

Inversor: Transforma a energia das baterias de 12Volts CC para 127Volts AC, para que possam ser utilizadas nas residências.

Disjuntores: Protege o sistema de sobrecargas que possam vir da rede residencial. Também possibilitam o controle das tomadas em caso de necessidade de manutenção na instalação da residência.

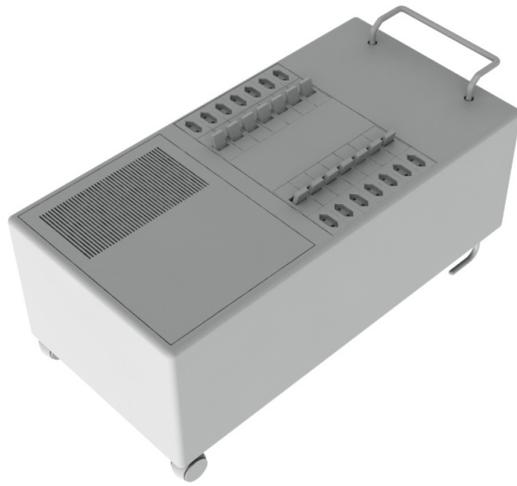
Tomadas: Fazem a interface do sistema com os aparelhos domésticos ou com o sistema residencial.

Display: display frontal que indica o nível de carga das baterias.

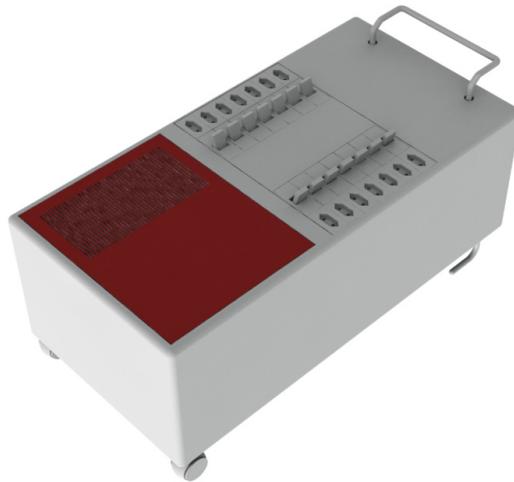


Esquema de instalação da turbina e central.

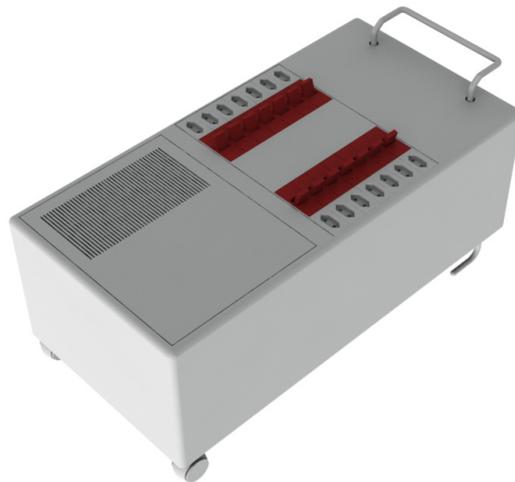
Algumas imagens da central e suas características:



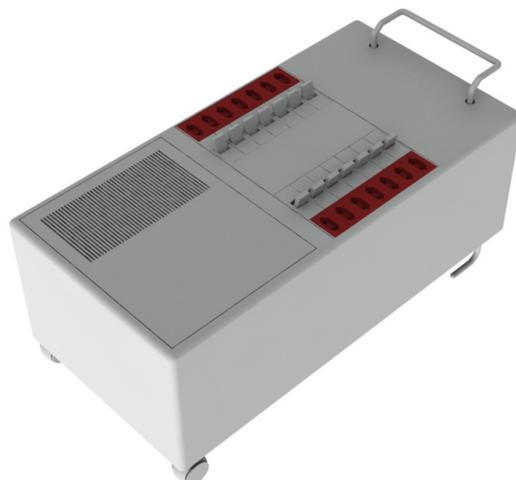
Afim de facilitar o uso do aerogerador, foi reunido em um único objeto todo o aparato necessário para se tratar e armazenar energia. A central de armazenamento possui alça e rodinhas que facilitam o seu transporte e tomadas para que a rede residencial possa ser ligada apenas utilizando plugs machos comuns.



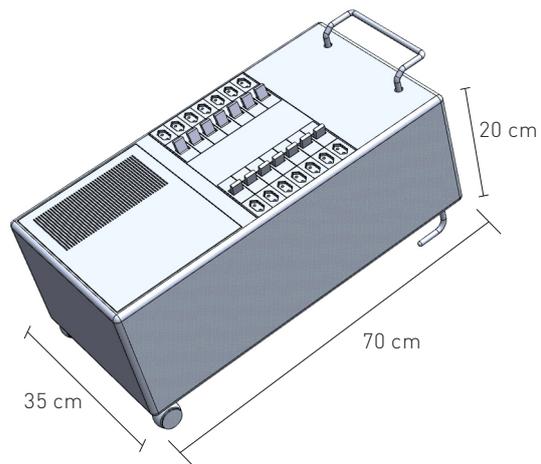
Em destaque tampa que dá acesso as baterias, ao inversor e painel de controle.



Em destaque os disjuntores utilizados para controlar a saída de energia nas tomadas. Além desse controle eles protegem os equipamentos plugados na central de possíveis descargas.



Em destaque as tomadas. Elas fazem a ligação rápida entre a residência e a central de armazenamento.



Medidas gerais da central.

4.7 - Montagem

O aerogerador pode ser desmontado e transportado. Imagens do sistema desmontado:



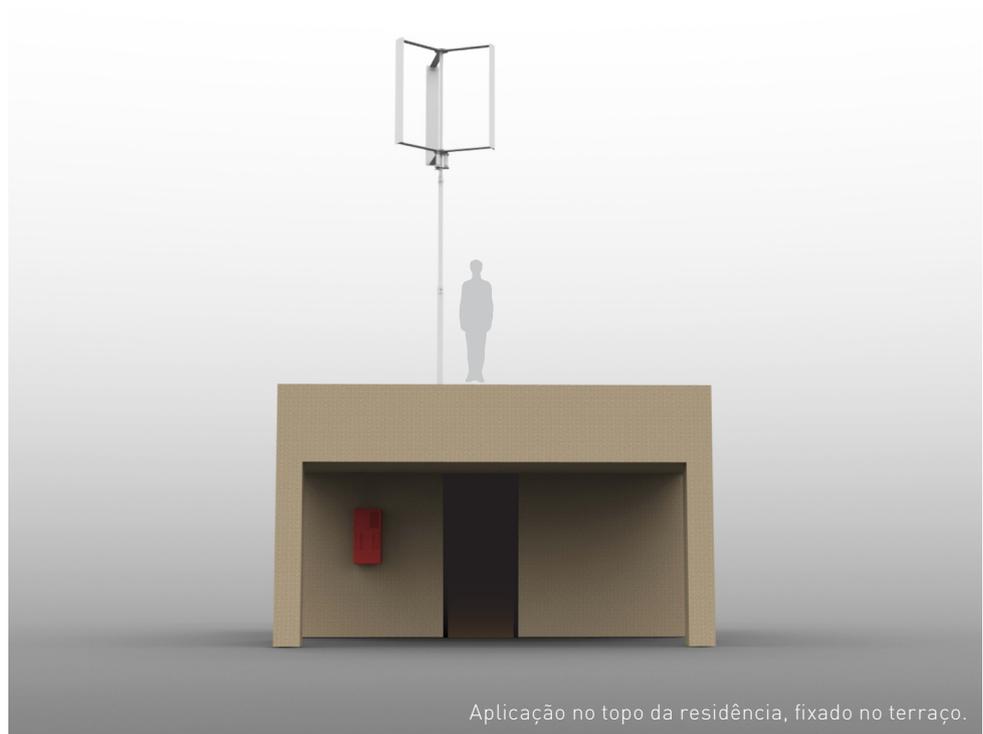
Sistema desmontado /1.



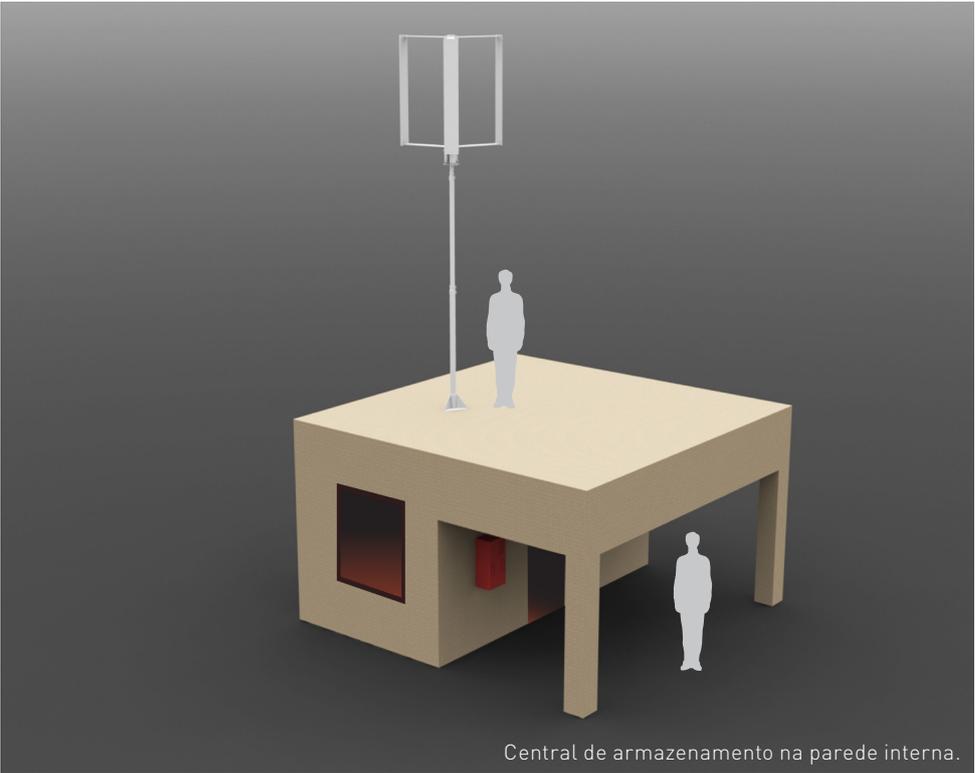
Sistema desmontado /2.

4.8 - Diferentes tipos de aplicação

Abaixo algumas imagens de aplicações possíveis do aerogerador e da central de armazenamento. Na representação o aerogerador está em



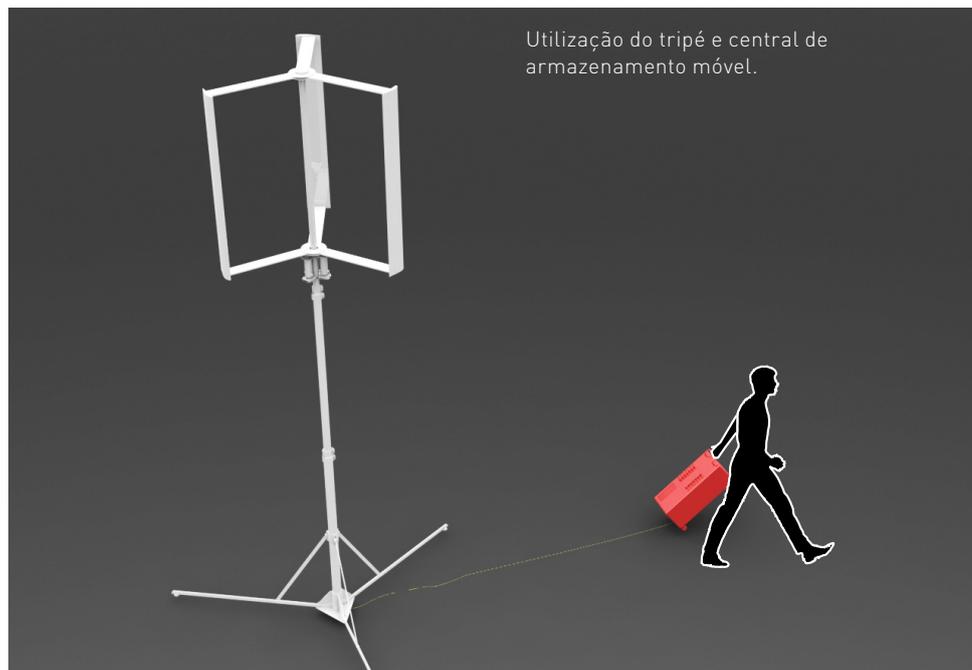
Aplicação no topo da residência, fixado no terraço.



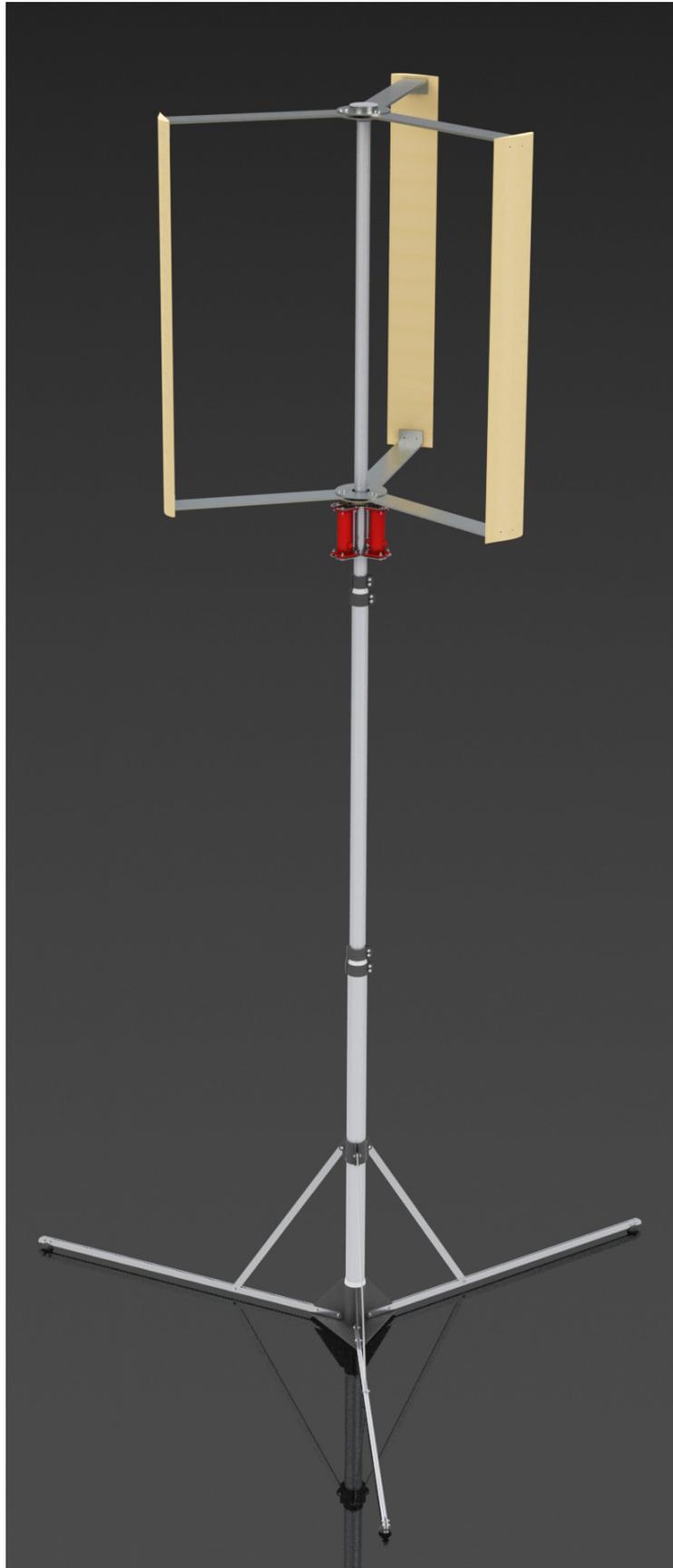
Central de armazenamento na parede interna.



Aplicação em poste de luz. Utiliza mesmas abraçadeiras utilizadas em sinais de trânsito.



4.9 - Renderings

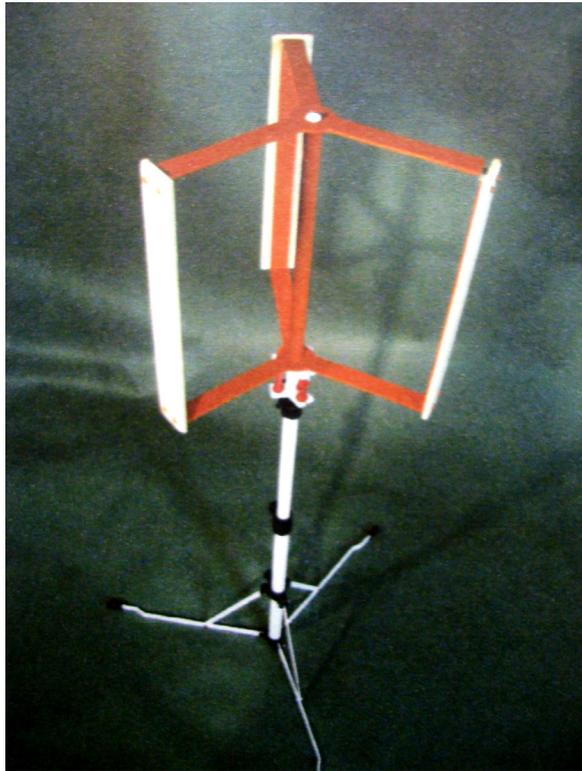




De cima para baixo: detalhe da peça "corredor tripé"; detalhe da base; e detalhe do pé para ajuste fino no solo.



5 - Modelo representativo



Modelo escala 1:5.

6 - Desenhos técnicos

A

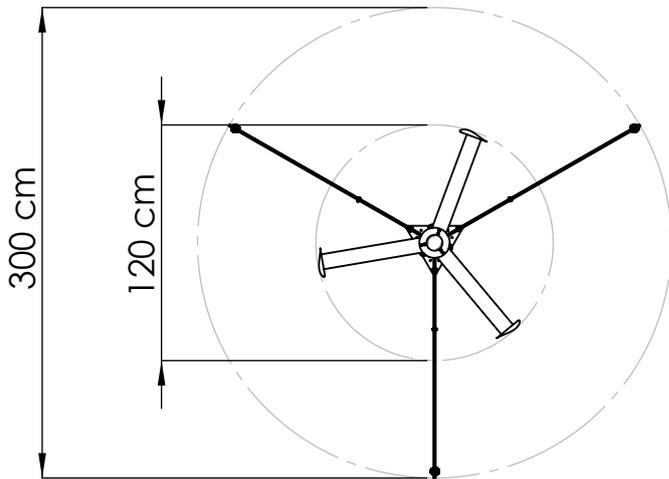
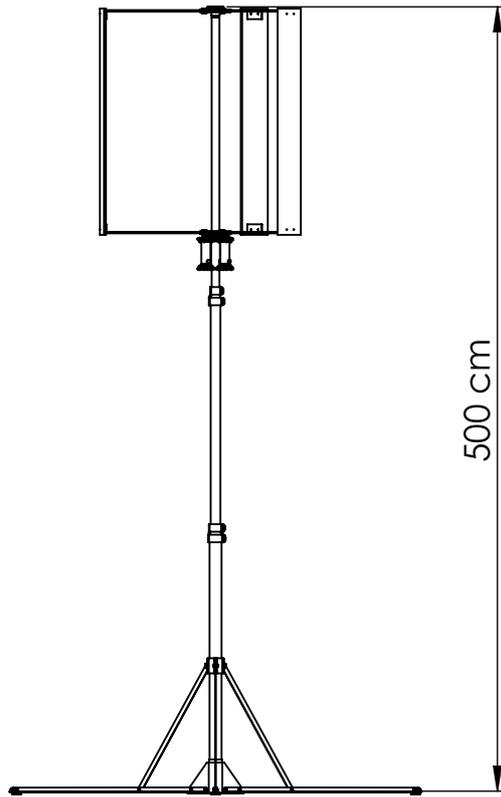
B

C

D

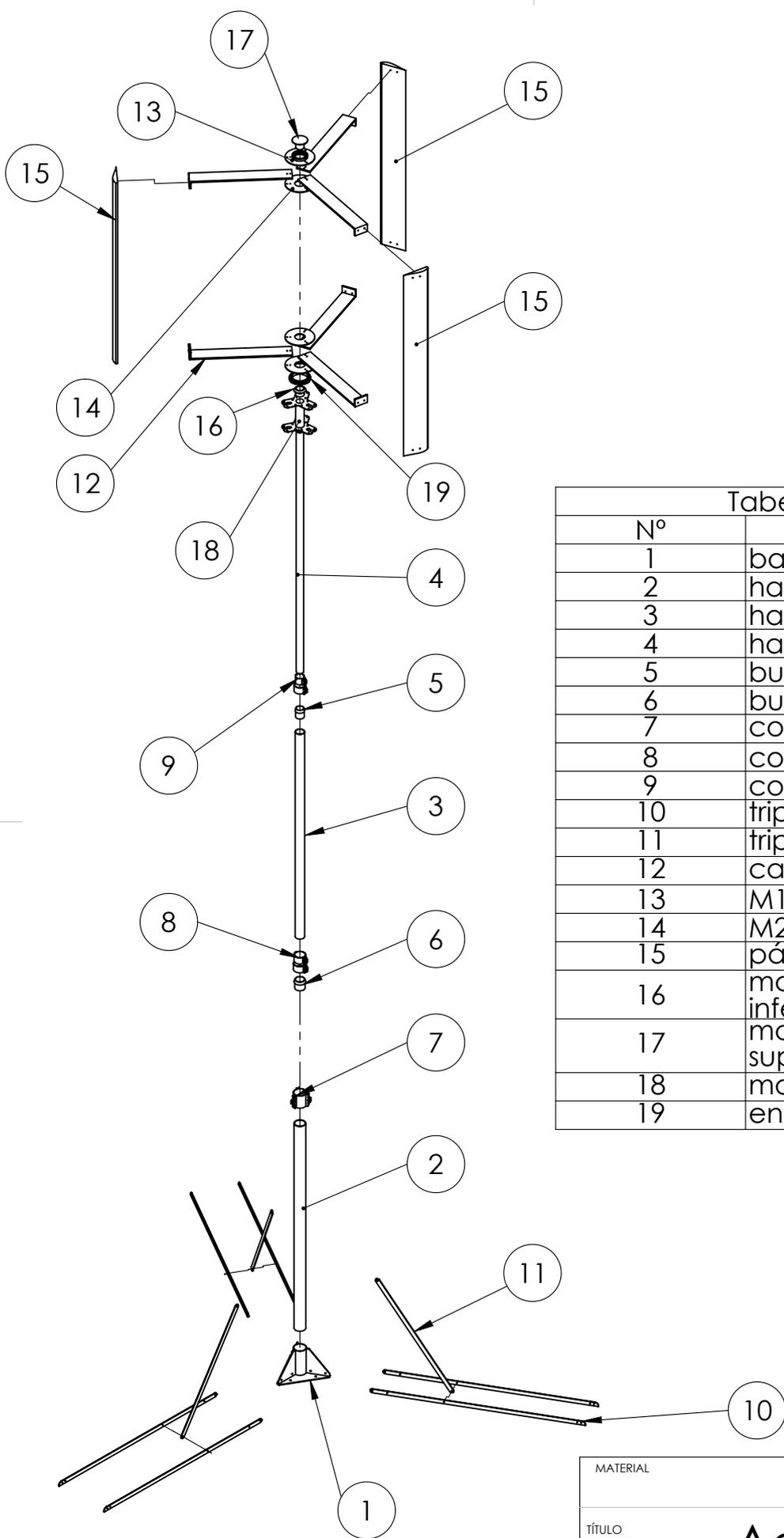
E

F



| | | |
|------------|---------------------------|----|
| MATERIAL | | |
| TÍTULO | <h1>Aerodiy</h1> | |
| DESENHO | <h2>Dimensões gerais</h2> | A4 |
| SCALE:1:50 | PÁGINA 1 DE 1 | |

A
B
C
D
E
F



| Tabela de itens | | |
|-----------------|----------------------------|-----|
| Nº | Nome | Qtd |
| 1 | base | 1 |
| 2 | haste 01 | 1 |
| 3 | haste 02 | 1 |
| 4 | haste 03 | 1 |
| 5 | bucha P | 1 |
| 6 | bucha M | 1 |
| 7 | corredor tripe | 1 |
| 8 | conector G | 1 |
| 9 | conector M | 1 |
| 10 | tripe p1 | 6 |
| 11 | tripe p2 | 3 |
| 12 | catavento suporte | 6 |
| 13 | M1 - rolamento | 2 |
| 14 | M2 - rolamento | 2 |
| 15 | pá | 3 |
| 16 | mancal cata vento inferior | 1 |
| 17 | mancal cata vento superior | 1 |
| 18 | motor suporte | 1 |
| 19 | engrenagem | 1 |

| | |
|----------------------------|----|
| MATERIAL | |
| TÍTULO Aerodiy | |
| DESENHO vista explodida | A4 |

ESCALA 1:40

PÁGINA 1 DE 20

A

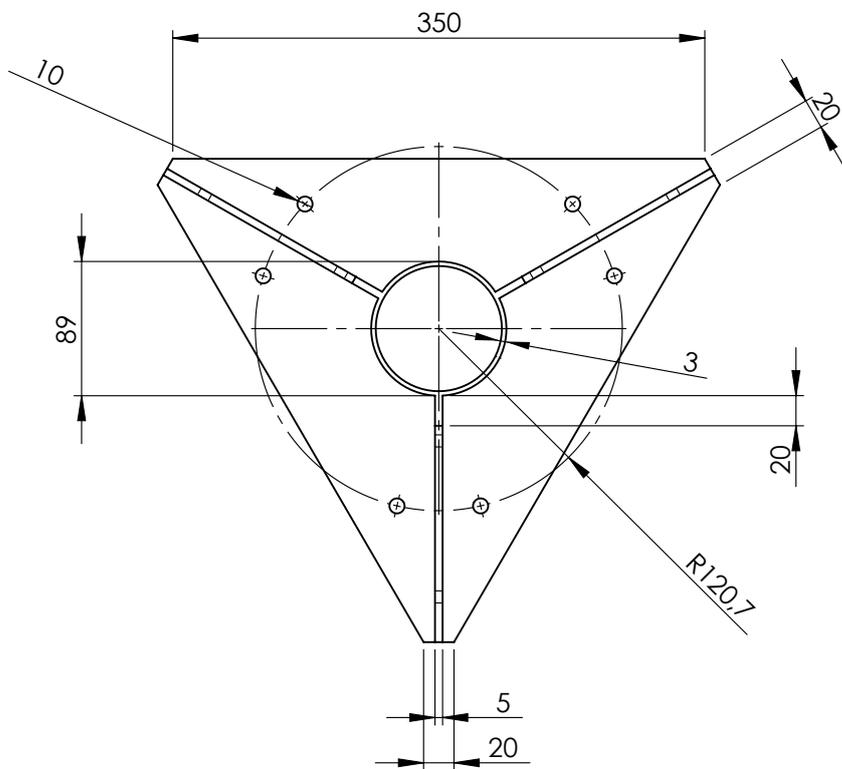
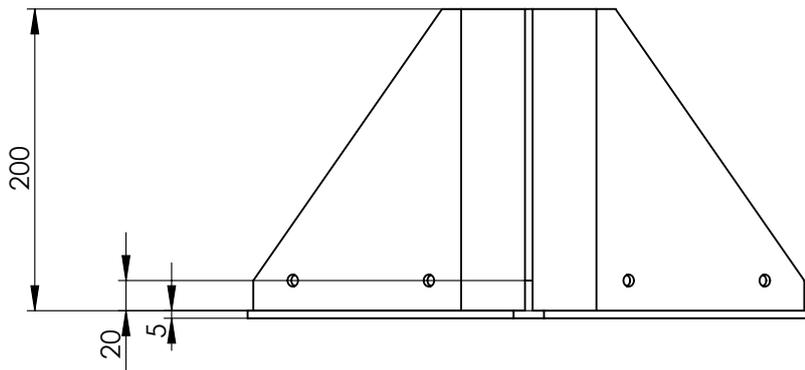
B

C

D

E

F



COTAS EM MILÍMETROS

| | | |
|------------|----------------|----|
| MATERIAL | | |
| TÍTULO | Aerodiy | |
| DESENHO | base | A4 |
| ESCALA 1:5 | PÁGINA 2 DE 20 | |

A

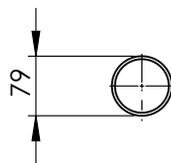
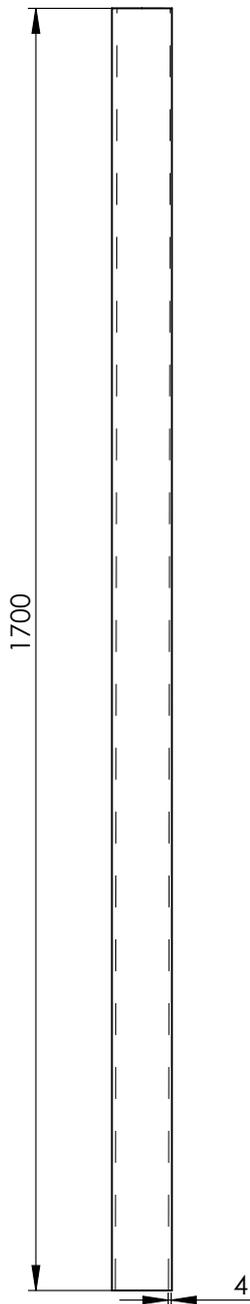
B

C

D

E

F



COTAS EM MILÍMETROS

| | | |
|-------------|-----------------|-----------|
| MATERIAL | | |
| TÍTULO | Aerodiy | |
| DESENHO | haste 01 | A4 |
| ESCALA 1:10 | PÁGINA 3 DE 20 | |

A

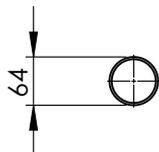
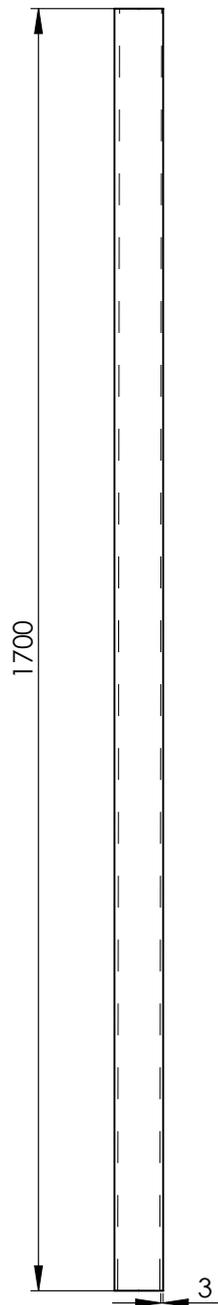
B

C

D

E

F



COTAS EM MILÍMETROS

| | | |
|-------------|----------------|----|
| MATERIAL | | |
| TÍTULO | Aerodiy | |
| DESENHO | haste 02 | A4 |
| ESCALA 1:10 | PÁGINA 4 DE 20 | |

A

B

C

D

E

F

2000

2

51

COTAS EM MILÍMETROS

| | | |
|-------------|----------------|----|
| MATERIAL | | |
| TÍTULO | Aerodiy | |
| DESENHO | haste 03 | A4 |
| ESCALA 1:10 | PÁGINA 5 DE 20 | |

A

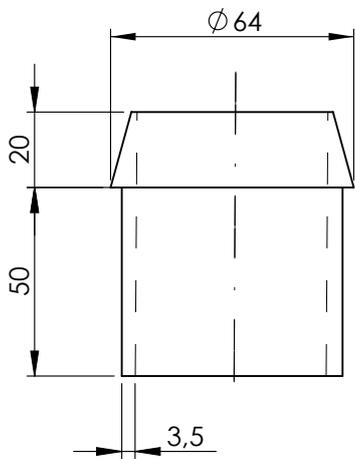
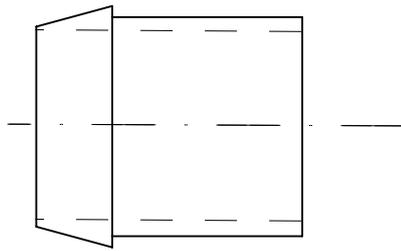
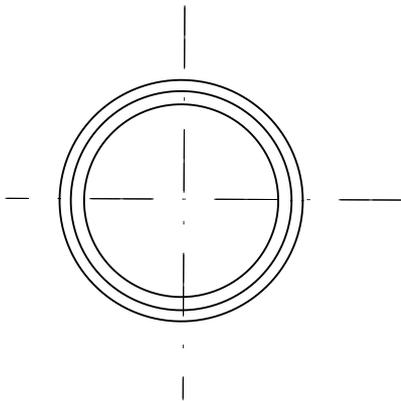
B

C

D

E

F



COTAS EM MILÍMETROS

| | | |
|------------|----------------|----|
| MATERIAL | | |
| TÍTULO | Aerodiy | |
| DESENHO | bucha p | A4 |
| ESCALA 1:2 | PÁGINA 6 DE 20 | |

A

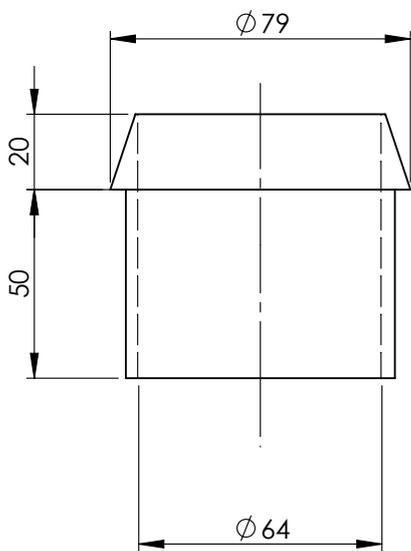
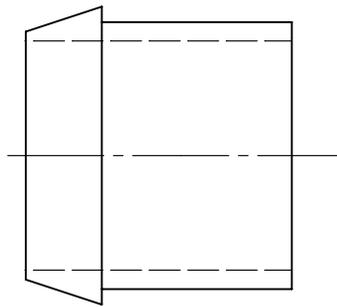
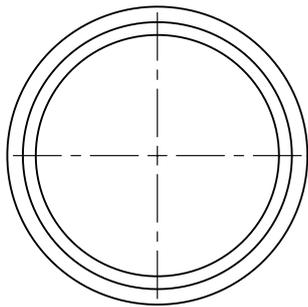
B

C

D

E

F



COTAS EM MILÍMETROS

| | | |
|------------|----------------|----|
| MATERIAL | | |
| TÍTULO | Aerodiy | |
| DESENHO | bucha m | A4 |
| ESCALA 1:2 | PÁGINA 7 DE 20 | |

A

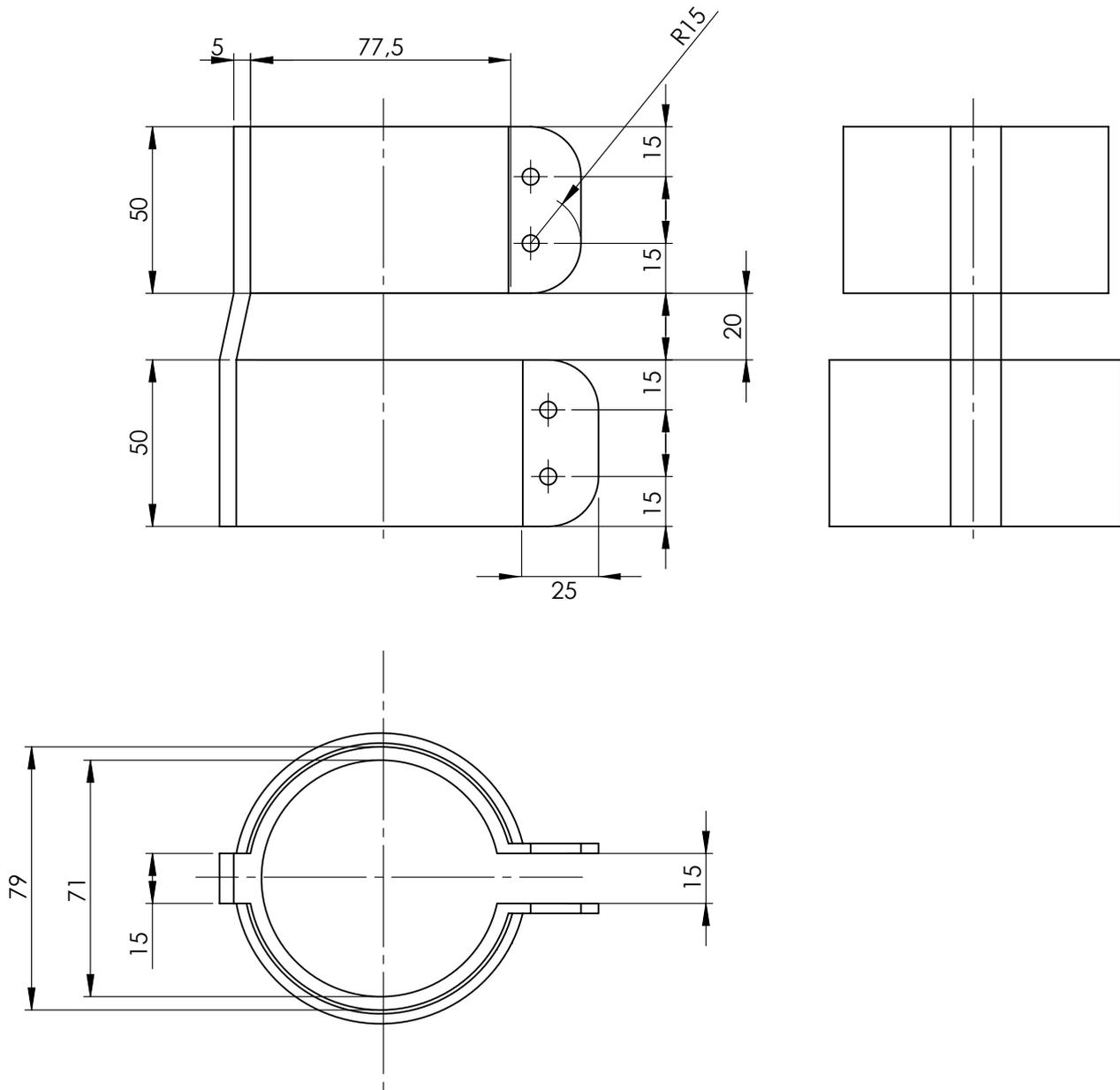
B

C

D

E

F



COTAS EM MILÍMETROS

| | | |
|------------|----------------|----|
| MATERIAL | | |
| TÍTULO | Aerodiy | |
| DESENHO | conector g | A4 |
| ESCALA 1:2 | PÁGINA 9 DE 20 | |

A

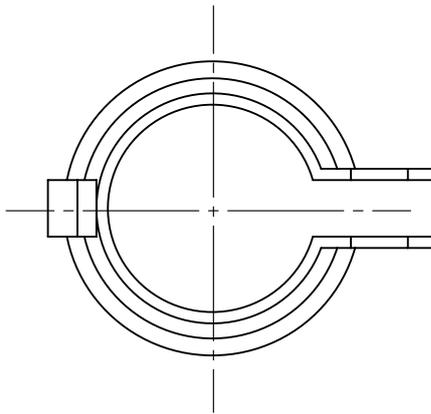
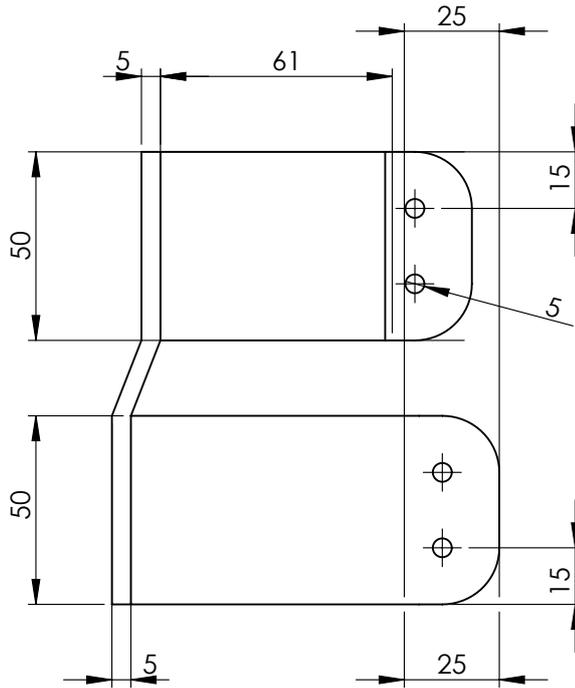
B

C

D

E

F



COTAS EM MILÍMETROS

| | | |
|------------|-------------------|-----------|
| MATERIAL | | |
| TÍTULO | Aerodiy | |
| DESENHO | conector m | A4 |
| ESCALA 1:2 | PÁGINA 10 DE 20 | |

A

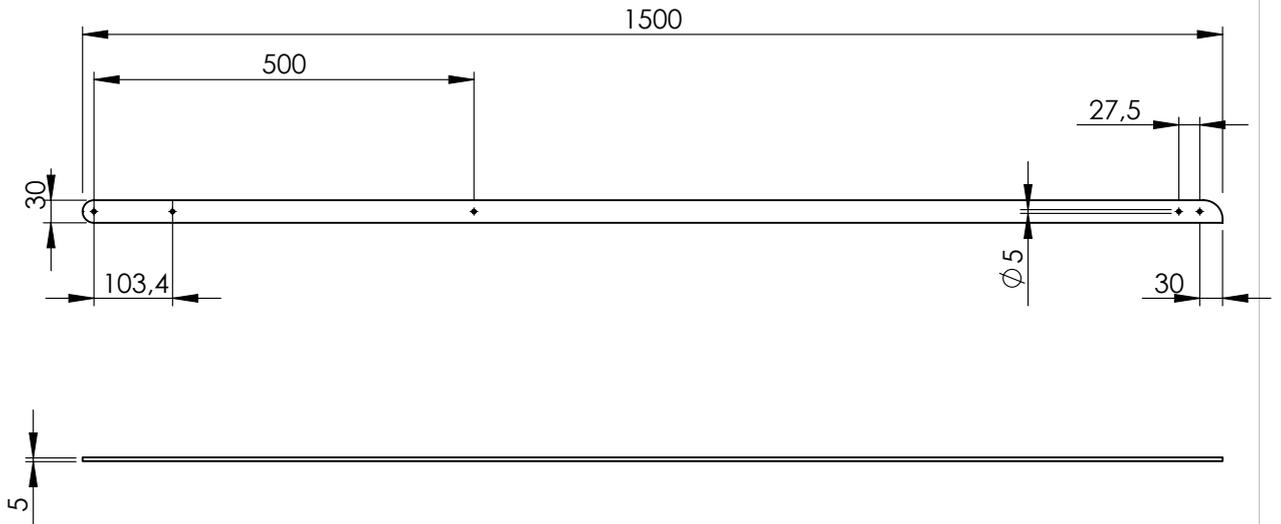
B

C

D

E

F



COTAS EM MILÍMETROS

| | | |
|-------------|-----------------|----|
| MATERIAL | | |
| TÍTULO | Aerodiy | |
| DESENHO | tripe p1 | A4 |
| ESCALA 1:10 | PÁGINA 11 DE 20 | |

A

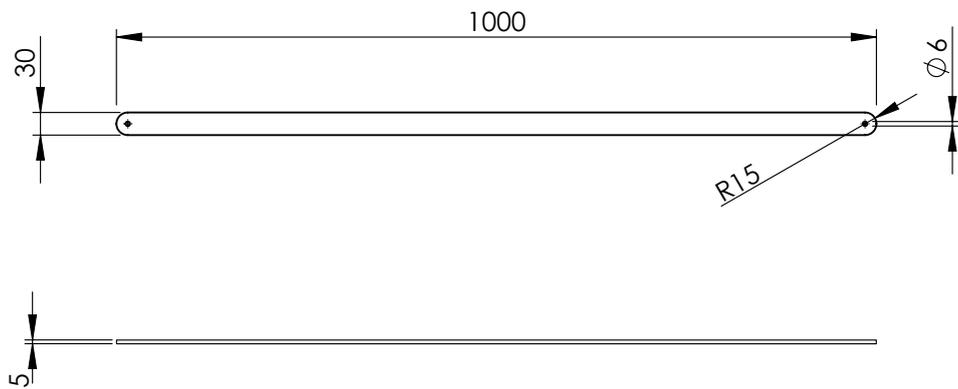
B

C

D

E

F



COTAS EM MILÍMETROS

| | | |
|-------------|-----------------|----|
| MATERIAL | | |
| TÍTULO | Aerodiy | |
| DESENHO | tripe p2 | A4 |
| ESCALA 1:10 | PÁGINA 12 DE 20 | |

A

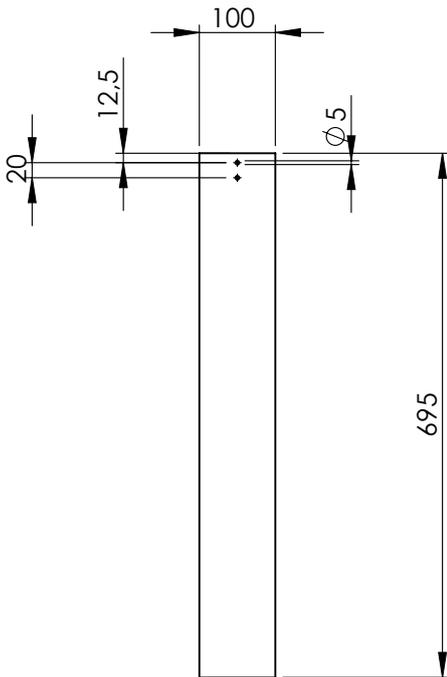
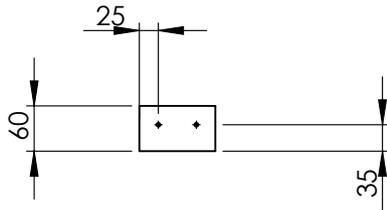
B

C

D

E

F



COTAS EM MILÍMETROS

| | | |
|-------------|----------------------------|----|
| MATERIAL | | |
| TÍTULO | <h1>Aerodiy</h1> | |
| DESENHO | <h2>catavento suporte</h2> | A4 |
| ESCALA 1:10 | PÁGINA 13 DE 20 | |

A

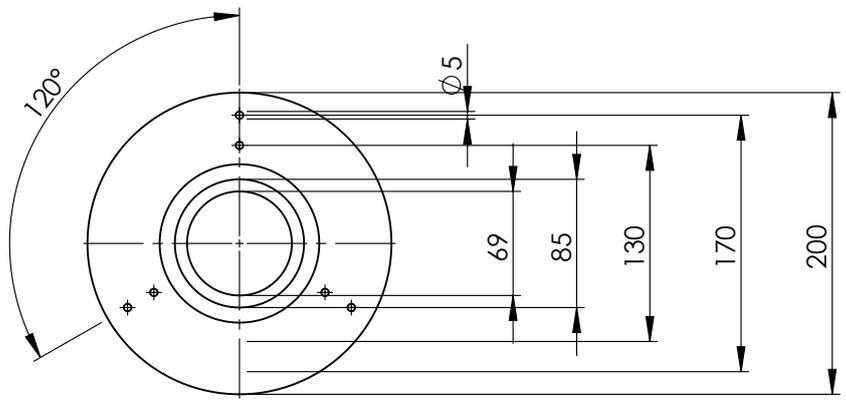
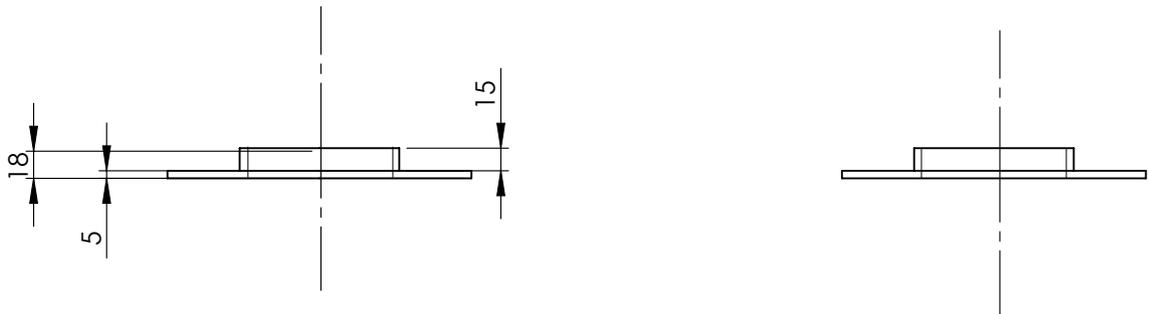
B

C

D

E

F



COTAS EM MILÍMETROS

| | | |
|------------|---------------------|-----------|
| MATERIAL | | |
| TÍTULO | Aerodiy | |
| DESENHO | M1 rolamento | A4 |
| ESCALA 1:5 | PÁGINA 14 DE 20 | |

A

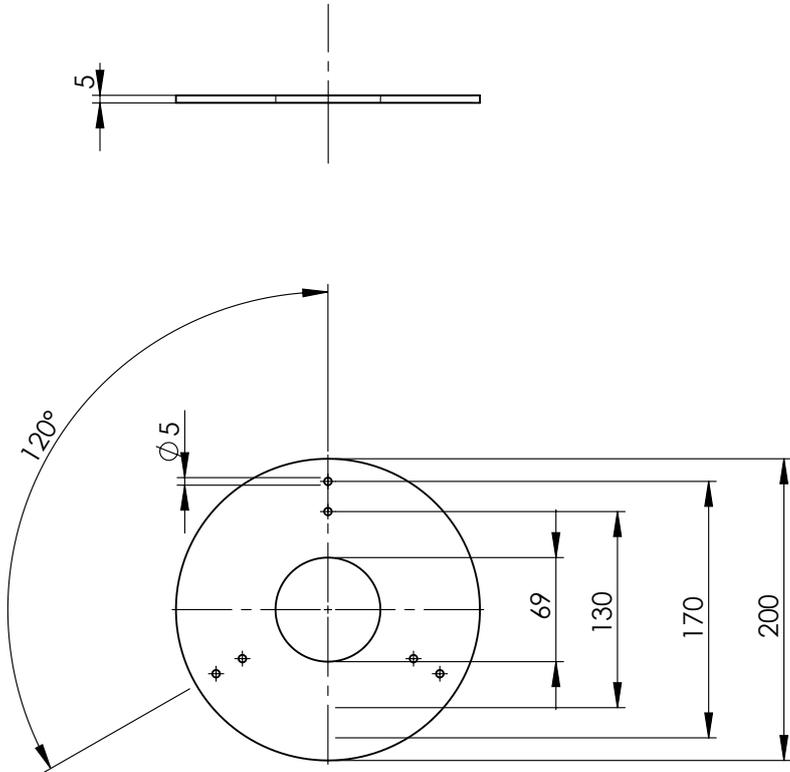
B

C

D

E

F



COTAS EM MILÍMETROS

| | | |
|------------|---------------------|-----------|
| MATERIAL | | |
| TÍTULO | Aerodiy | |
| DESENHO | M2 rolamento | A4 |
| ESCALA 1:5 | PÁGINA 15 DE 20 | |

A

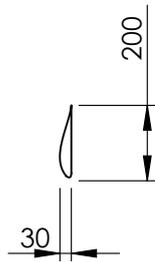
B

C

D

E

F



COTAS EM MILÍMETROS

| | | |
|-------------|-----------------|----|
| MATERIAL | | |
| TÍTULO | Aerodiy | |
| DESENHO | pá | A4 |
| ESCALA 1:20 | PÁGINA 16 DE 20 | |

A

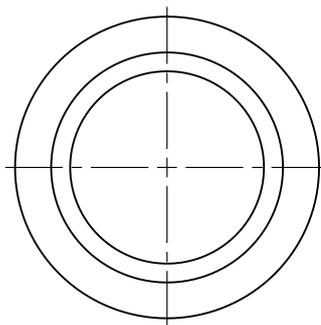
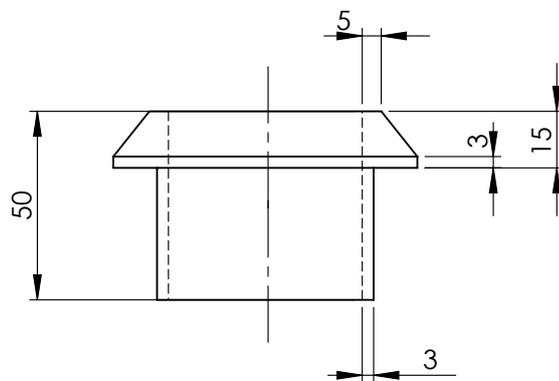
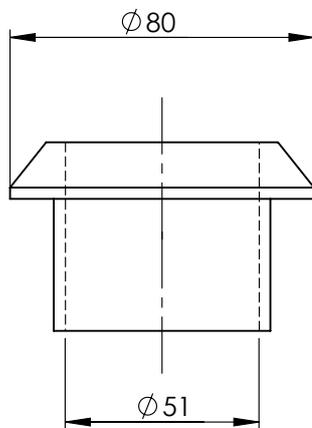
B

C

D

E

F



COTAS EM MILÍMETROS

| | | |
|------------|---------------------------|----|
| MATERIAL | | |
| TÍTULO | <h1>Aerodiy</h1> | |
| DESENHO | mancal catavento inferior | A4 |
| ESCALA 1:2 | PÁGINA 17 DE 20 | |

A

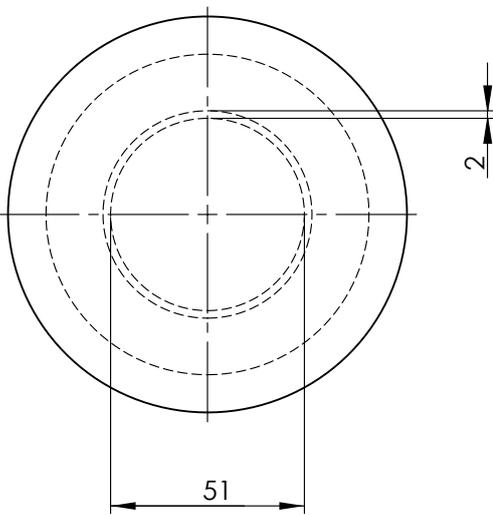
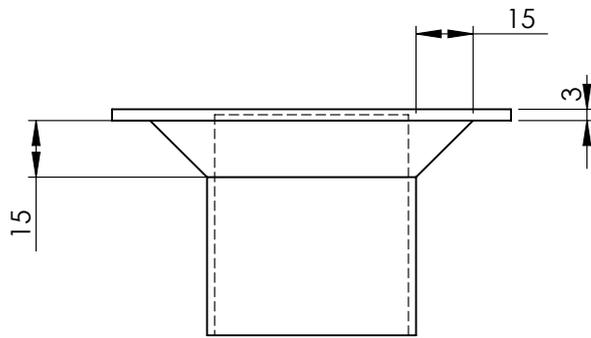
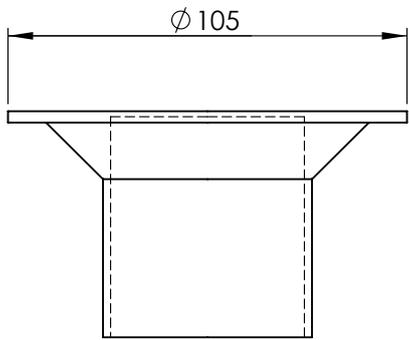
B

C

D

E

F



COTAS EM MILÍMETROS

| | | |
|------------|---------------------------|----|
| MATERIAL | | |
| TÍTULO | Aerodiy | |
| DESENHO | mancal catavento superior | A4 |
| ESCALA 1:2 | PÁGINA 18 DE 20 | |

A

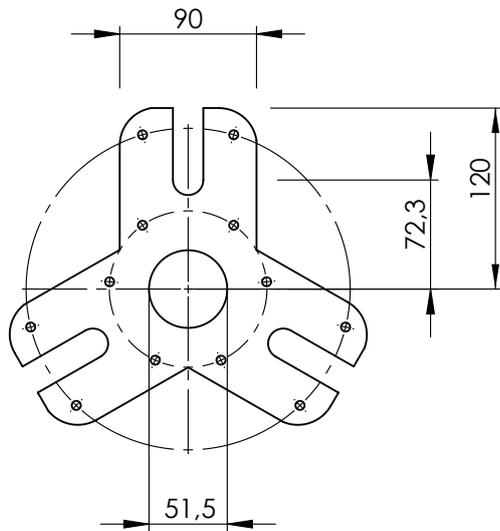
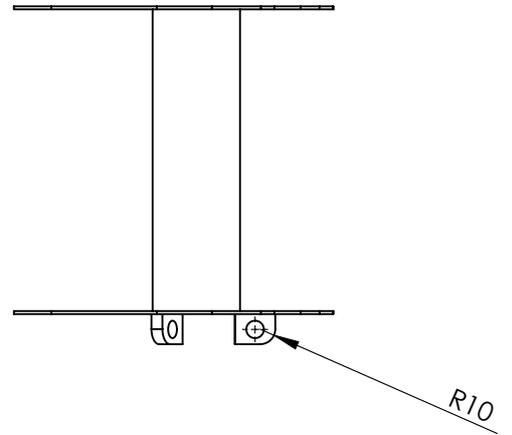
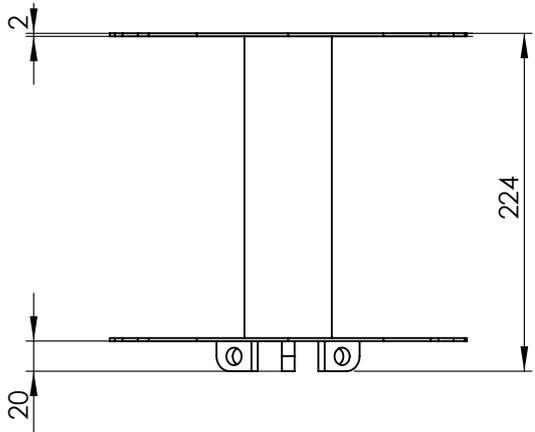
B

C

D

E

F



COTAS EM MILÍMETROS

| | | |
|------------|-----------------|----|
| MATERIAL | | |
| TÍTULO | Aerodiy | |
| DESENHO | motor suporte | A4 |
| ESCALA 1:5 | PÁGINA 19 DE 20 | |

A

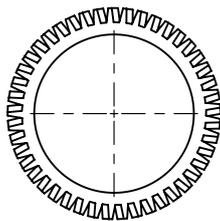
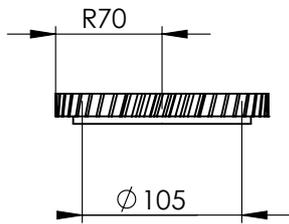
B

C

D

E

F



COTAS EM MILÍMETROS

| | | |
|------------|-------------------|-----------|
| MATERIAL | | |
| TÍTULO | Aerodiy | |
| DESENHO | engrenagem | A4 |
| ESCALA 1:5 | PÁGINA 20 DE 20 | |

6 – Bibliografia

BRAND, Stewart. *The Hole Earth Catalog*. U.S., 1968.

CEPEL, 2001. *Atlas do Potencial Eólico Brasileiro*. Ed. CEPEL, Rio de Janeiro, RJ

CHESSICK, Anthony. *Development of Wind Turbine Blade Design With Comments*. IntegEner-W, 2009.

Collaborative Communities, 2009. *Estudos de casos retirados de comunidades criativas e colaborativas*. Disponível em: <http://www.collaborativecommunities.org.uk/>. Acesso em: 10 de dezembro de 2010.

DUTRA, Ricardo. *Energia Eólica - Principios e Tecnologia*. CEPEL, 2009.

GARCIA, Sérgio Boscato. *Aspectos de desenvolvimento de turbina eólica de eixo vertical*. Nevada: PUCRS, 2006.

LUCRÉCIO, André. *Fontes alternativas de energia*. Niterói: Universidade Salgado de Oliveira, 2010.

ONU, Organização das nações unidas. *Citação sobre o relatório da ONU referente ao crescimento populacional*. Disponível em: http://www.bbc.co.uk/portuguese/economia/021203_natalidadeep.shtml. Acesso em: 05 de novembro de 2010.

MADSEN, Peter Hauge. *Predicting Ultimate Loads for Wind Turbine Design*. Nevada: NREL, 1999.

VALENCIA, James Locke and Ulyses. *DESIGN STUDIES FOR TWIST-COUPLED WIND TURBINE BLADES*. Kansas: Wichita State University, 2004.

Windpower Development Toolkit. U.S. Agency for International Development, 2004.

sites:

<http://www.eletronbras.gov.br>

<http://www.wikipedia.com.br>

<http://www.epe.gov.br>

<http://www.cepel.br>

<http://www.windstream.com>