



Instituto Politécnico de Tomar
Escola Superior de Tecnologia de Abrantes

Aerogerador com Turbina de Eixo Vertical

Projecto

João António Coelho Pires

Mestrado em Engenharia Mecânica

Projecto e Produção Mecânica

Abrantes/Dezembro/2016



Instituto Politécnico de Tomar
Escola Superior de Tecnologia de Abrantes

João António Coelho Pires

Aerogerador com Turbina de Eixo Vertical

Projecto

Orientado por:

Eng.º Bruno Chaparro - Instituto Politécnico de Tomar

Eng.º Flávio Chaves - Instituto Politécnico de Tomar

Projecto apresentado ao
Instituto Politécnico de Tomar para
comprimento dos requisitos necessários
à obtenção do grau de Mestre
em Engenharia Mecânica

Dedico este trabalho á minha família.

RESUMO

O presente documento tem como principal objectivo construir um projeto de aproveitamento eólico de pequena dimensão em que o eixo de rotação da turbina é vertical, para produção isolada da rede de abastecimento elétrico. Neste projeto contempla o dimensionamento todos os elementos principais, com a turbina, desenho mecânico, e todos os elementos elétricos adjacentes, no entanto, com o intuito de efetuar uma abordagem inovadora, concebeu-se uma proteção para a turbina de modo a aumentar a energia captada do vento tornando o sistema mais eficiente.

Palavras-chave: Energia Eólica, Aerogerador, Turbina de Eixo Vertical, Desenho Mecânico, Protecção Contra o Vento.

ABSTRACT

This document have as main objective build a project of small size in which the turbine rotation axis is vertical to isolated production of electric supply network. In this design include the design all the principal elements with turbine mechanical design, and all the adjacent electric elements, however, in order to make an innovative approach, conceived to be a protection for the turbine to increase power captured wind making the system more efficient.

Keywords: Wind Power, Wind Turbine, Vertical Shaft Turbine, Mechanical Design, Wind Protection.

AGRADECIMENTOS

Acima de toda a gente quero agradecer a minha família - Pai, Mãe, Irmão, Tios, Tias e Primos, pelo amor demonstrado e por sempre acreditarem nas minhas capacidades.

Aos meus amigos, pelos bons momentos passados e por toda a ajuda e confiança demonstrada.

Aos Srs. Professores Bruno Chaparro e Flávio Chaves, pela orientação no projecto, por todo o interesse demonstrado no projecto e por toda a ajuda e tempo disponibilizado.

ÍNDICE

Resumo	iv
Abstract.....	v
Agradecimentos	vi
Índice	vii
Índice de figuras	viii
Índice de tabelas	ix
Lista de abreviaturas e siglas	x
Lista de símbolos	xi
Introdução	1
1. Objectivo.....	2
2. Energia Eólica.....	2
3. Energia Eólica.....	3
4. Potencia eólica	3
4.1. Cálculo da eficiência com a colocação da proteção da turbina.....	4
4.2. Curva de potência do aerogerador.....	7
5. Turbina.....	8
6. Transmissão continuamente variável.....	13
7. Sistema eléctrico	14
8. Dimensionamento do aerogerador	16
8.1. Dimensionamento dos componentes eléctricos.....	16
8.1.1. Escolha da máquina eléctrica para gerador	16
8.1.2. Acumulação de energia	17
8.1.3. Sistema de conversão (inversor).....	19
8.2. Dimensionamento mecânico	20
8.2.1. Turbina	20
8.2.2. Transmissão CVT.....	22
9. Desenho mecânico	28
Conclusão	35
Referências Bibliográficas.....	36
Anexos	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Representação do vento sobre a turbina do tipo Savonius	5
Figura 2: Representação das forças aplicadas sem a proteção	5
Figura 3: Coeficientes de correção devido à geometria.....	6
Figura 4: Turbina Darrieus de duas pás de grandes dimensões	9
Figura 5: Turbina ECO 1200	10
Figura 6: Turbina Savonius	11
Figura 7: Representação do escoamento do vento numa turbina Savonius.....	12
Figura 8: Turbina Darrieus de pás torcidas.....	12
Figura 9: Turbina Savonius de conchas torcidas	13
Figura 10 – Princípio de funcionamento de uma transmissão CVT	14
Figura 11 - Princípio de funcionamento de uma transmissão CVT do tipo cone....	14
Figura 12 – Esquema de funcionamento de aerogerador equipado com uma máquina de indução duplamente alimentada.....	15
Figura 13: Esquema de produção e consumo para o aerogerador	16
Figura 14: Alternador de ímãs permanentes de neodímio	17
Figura 15: Controlador de carga das baterias	18
Figura 16 - Baterias para acumulação de energia	19
Figura 17: Inversor de 12Vdc para 230Vac de 600W	20
Figura 18 – Turbina Savonius modificada.....	21
Figura 19 – Conjunto CVT	23
Figura 20 - Cones da engrenagem CVT	25
Figura 21 - Polias convencionais de correia em V	26
Figura 22 - Sistema de posicionamento da correia	27
Figura 23 – Sensor de fim de curso do carro	27
Figura 24 - Motor de passo à esquerda e encoder absoluto à direita.....	28
Figura 25: Chassi do sistema eólico	29
Figura 26 - Estrutura de suporte do veio da turbina acoplado a restante estrutura..	30
Figura 27 - Mancal de acoplamento do veio da turbina	31
Figura 28: Chassi com o alternador e a caixa de velocidades instalada	31
Figura 29 - Estrutura com a caixa de velocidades instalada e o respetivo gerador .	32
Figura 30 - Proteção da turbina e respetivo leme de orientação	33
Figura 31 - Proteção acoplada na estrutura.....	34
Figura 32 - Aspecto final do aerogerador	34

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela das características técnicas do alternador	17
Tabela 2 - Tabela das características técnicas do controlador de carga das baterias	18
Tabela 3 - Tabela das características técnicas das baterias.....	19
Tabela 4 - Tabela das características técnicas do inversor	20

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

TEEH	Turbina Eólica de Eixo Horizontal
TEEV	Turbina Eólica de Eixo Vertical
MIDA	Máquina de Indução Duplamente Alimentada
MIRG	Máquina de Indução de Rotor em Gaiola
CVT	Transmissão Continuamente Variável (<i>Continuously Variable Transmisson</i>)
AC	Corrente alternada (<i>Alternating Current</i>)
DC	Corrente continua (<i>Direct Current</i>)
PWM	Modelação por largura de pulso (<i>Pulse-Width Modulation</i>)

LISTA DE SÍMBOLOS

E_{cin}	Energia Cinética
m	Massa de um corpo
v	Velocidade linear de um corpo
ρ	Densidade ou massa volúmica
A	Área transversal da turbina
P_{disp}	Potência disponível do vento
t	Tempo
F	Força
C_D	Coefficiente de correcção devido à geometria
i	Relação de transmissão
w	Velocidade angular

INTRODUÇÃO

As fontes de energia renováveis, cuja origem é principalmente derivada do enorme potencial da radiação solar, possuem a extraordinária particularidade de serem, simultaneamente, as fontes energéticas mais antigas e mais modernas usadas pela humanidade. A energia solar, quer na forma directa de radiação solar, quer em formas indirectas, como a bioenergia, a água ou o vento, foi a fonte de energia na qual as primitivas sociedades humanas se basearam para sobreviver na Terra, como por exemplo em que o vento era usado para propulsão dos barcos e para fazer mover os moinhos.

O presente relatório insere-se nos projetos de fim de curso para obtenção do grau de mestre em engenharia mecânica, pela Escola Superior de Tecnologia de Abrantes. Este projecto pretende conceber um sistema de aproveitamento eólico de pequena dimensão, para uso isolado da rede de abastecimento eléctrico.

1. Objectivo

O principal objectivo de qualquer aerogerador é obter energia eléctrica a partir da conversão de energia mecânica, que o vento induz numa turbina, em energia eléctrica produzida por uma máquina de indução eléctrica.

Outro objectivo é converter a energia mecânica em energia eléctrica com a maior eficiência possível, aumentando o rendimento do sistema de conversão.

O presente documento tem como objectivo dimensionar um sistema de aproveitamento eólico e de todos aspetos que constituem um sistema desta natureza para operar isolado da rede de abastecimento eléctrico.

2. Energia Eólica

As energias renováveis são um grande número de tecnologias que podem disponibilizar serviços de energia, na forma de eletricidade, aquecimento e arrefecimento assim com soluções de transporte de modo sustentável.

Do grande número de tecnologias associadas às energias renováveis disponíveis hoje em dia, em diferentes níveis de maturidade tecnológica e comercial, a energia eólica é conversão da energia cinética associada ao movimento do ar em energia eléctrica sendo efectuada por meio de equipamento eólicos. O rotor é composto por pás que rodam devido à acção do vento incidente e a energia mecânica assim obtida é transmitida a um gerador eléctrico nos terminais do qual é possível recolher energia eléctrica. Nos geradores eólicos recentes, o rendimento da conversão atinge um máximo próximo de 50%. Os geradores eólicos estão, na sua grande maioria, instalados em terra em zonas com potencial eólico adequado. O escoamento menos perturbado característico do vento do mar, em conjunto com um melhor conhecimento da tecnologia das fundações marítimas está a contribuir para aumentar a instalação de geradores eólicos no mar.

Os ventos são causados por diferenças de pressão ao longo da superfície terrestre, devidas ao facto da radiação solar recebida na terra ter maior intensidade nas zonas equatoriais do que nas zonas polares e portanto a origem do vento é derivado da radiação solar.

O potencial eólico com vista à produção de energia eléctrica tem de basear-se em medidas de vento efectuadas especificamente para esse efeito.

3. Energia Eólica

A energia eólica é hoje em dia vista como uma das mais promissoras fontes de energia renovável, caracterizada por uma tecnologia madura, desenvolvida principalmente na Europa e nos EUA. As turbinas eólicas, isoladas ou pequenos grupos, são um elemento habitual da paisagem de muitos países europeu.

4. Potencia eólica

A energia disponível para uma turbina eólica é energia cinética proveniente da deslocação de um volume de ar de massa m , que se desloca a uma velocidade uniforme e constante v , na direcção x :

$$E_{cin} = \frac{1}{2}mv^2 \quad (1)$$

Como massa do ar varia com forme a sua massa volúmica fica que:

$$m = \rho V = \rho Ax \quad (2)$$

Substituindo na equação 1, fica:

$$E_{cin} = \frac{1}{2}(\rho Ax)v^2 \quad (3)$$

Em que A (m^2) é a secção plana transversal, ρ (kg/m^3) é a massa volúmica (densidade) do ar e x é a espessura do volume de ar.

A potência disponível no vento é, portanto, proporcional ao cubo da velocidade do vento:

$$P_{disp} = \frac{dE_{cin}}{dt} = \frac{1}{2} \left(\rho A \frac{dx}{dt} \right) v^2 = \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad (4)$$

A equação (4) revela que a potência disponível é dependente da densidade do ar, da área das pás da turbina e da velocidade do vento. A densidade do ar e velocidade são dependentes da localização do sistema eólico, assim, a área das pás da turbina é a única variável que pode ser projetada para aumentar a potência disponibilizada pelo vento.

4.1. Cálculo da eficiência com a colocação da proteção da turbina

Apesar das turbinas de eixo vertical serem insensíveis à orientação do vento, têm uma falha, em que, apenas metade da turbina contribui para a produção de energia e a outra metade contraria o movimento de produção, visto que o vento incide sobre a turbina por inteiro, como mostra a Figura 1. Deste modo para proteger a parte da turbina que vem a recuperar do movimento da incidência do vento, desenvolveu-se uma proteção que circunda metade da turbina aumentando a sua eficiência.

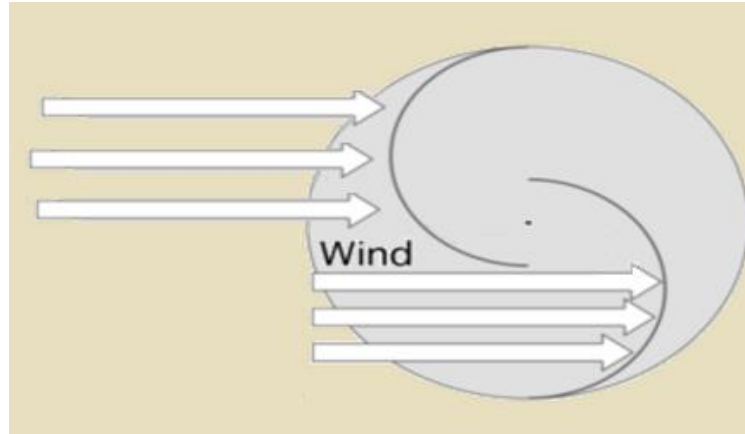


Figura 1: Representação do vento sobre a turbina do tipo Savonius

Para calcular o aumento da eficiência com a colocação da proteção, calcula-se através das forças aplicadas ao sistema sem proteção, como mostra a Figura 2:

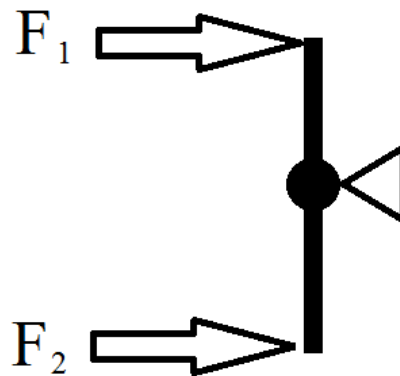


Figura 2: Representação das forças aplicadas sem a proteção

Assim fica que:

$$P_{disp} = \frac{dW_{F_1}}{dt} = F \frac{dx}{dt} = Fv \quad (5)$$

Igualando à equação (4), temos:

$$F \cdot v = \frac{1}{2} \rho A v^3 \Leftrightarrow F = \frac{1}{2} \rho A v^2 \quad (6)$$

Mas como cada metade das pás da turbina tem geometria diferente é necessário aplicar um factor de correção

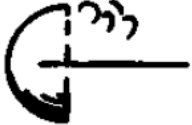

SHAPE	REF.	C_D
	(c)	0.38
	(b)	1.42

Figura 3: Coeficientes de correção devido à geometria

Então F_1 fica:

$$F_1 = \frac{1}{2} \rho A v^2 C_D \Leftrightarrow F_1 = \frac{1}{2} \rho A v^2 \times 0.38 \quad (7)$$

E F_2 fica:

$$F_2 = \frac{1}{2} \rho A v^2 C_D \Leftrightarrow F_2 = \frac{1}{2} \rho A v^2 \times 1.42 \quad (8)$$

Então a força total sem proteção fica:

$$F_{Total_{SP}} = F_1 + (-F_2) = \frac{1}{2} \rho A v^2 \times (1.42 - 0.38) = \frac{1}{2} \rho A v^2 \times (1.04) \quad (9)$$

Com a proteção só actua a força F_1 , porque a força F_2 é absorvida pela proteção, fica:

$$F_{Total_{CP}} = F_1 = \frac{1}{2} \rho A v^2 \times (1.42) \quad (10)$$

Assim:

$$\frac{F_{Total_{SP}}}{F_{Total_{CP}}} = \frac{1.04}{1.42} = 0.732 = 73.2\% \quad (11)$$

Deste modo fica provado que uma proteção aumentaria a força aproveitada pela turbina em 73.2%.

4.2. Curva de potência do aerogerador

A expressão da curva teórica de potência, que varia com a velocidade do vento, pode ser definida analiticamente como:

$$\begin{cases} P = 0 & 0 \leq v \leq v_0 \\ P = \frac{1}{2} \rho A v^3 & v_0 \leq v \leq v_N \\ P = P_N & v_N \leq v \leq v_{m\acute{a}x} \end{cases} \quad (12)$$

Onde v é a velocidade do vento, v_0 a velocidade do vento para arranque da turbina, v_N a velocidade nominal do vento e $v_{m\acute{a}x}$ a velocidade máxima de funcionamento do vento, onde resulta no gráfico seguinte:

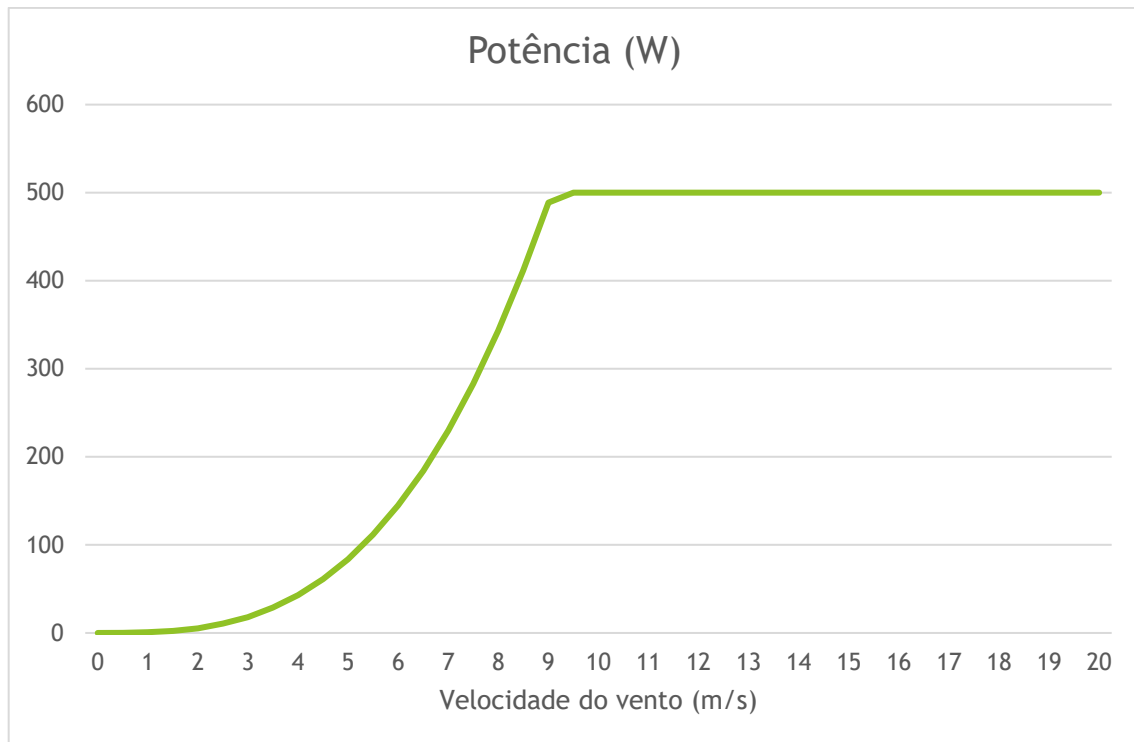


Gráfico 1 - Gráfico da relação entre a potência do aerogerador e a velocidade do vento

5. Turbina

As turbinas eólicas distinguem-se entre as de eixo horizontal e de eixo vertical. As turbinas eólicas de eixo horizontal (TEEH) têm o eixo de rotação paralelo da turbina com a direção do movimento do vento, enquanto, que as turbinas eólicas de eixo vertical (TEEV) têm o eixo de rotação orientado na mesma direção da torre que suporta a estrutura do rotor, ou seja numa direção que é perpendicular à direção do movimento do vento.

Neste tipo de sistemas a caixa de velocidades e o gerador elétrico podem instalar-se perto da base da torre e, normalmente, isto acontece quando a turbina apresenta grandes dimensões. O fato do gerador ficar instalado no solo faz com que a manutenção do próprio gerador e da caixa de velocidades seja mais fácil em comparação com a das Turbinas Eólicas de Eixo Horizontal (TEEHs).

As TEEVs não necessitam de ser orientadas na direção do vento, uma vez que o movimento de rotação do rotor é independente dessa direção. O funcionamento das TEEV é bastante silencioso em comparação com as TEEHs. A estrutura do rotor de uma TEEV é normalmente

menos complexa do que o de uma TEEH, isto facilita o fabrico da turbina e reduz os esforços estruturais na torre.

As turbinas *Darrieus* são TEEVs que possuem normalmente duas ou três pás curvadas, cujo perfil aerodinâmico tem a forma dos perfil alares. A força motriz neste caso é a força de sustentação aerodinâmica que se exerce sobre as pás. Estas turbinas apresentam normalmente um rendimento energético de aproximadamente 30%. A Figura 4 ilustra uma turbina *Darrieus* com duas pás:



Figura 4: Turbina Darrieus de duas pás de grandes dimensões

A turbina *Darrieus H* é um tipo de TEEV cujas pás estão direitas em contraste com as pás curvas da turbina *Darrieus* original. Este tipo de TEEVs apresenta um rendimento energético ligeiramente superior ao da Turbina *Darrieus* de pás curvas, uma vez que têm uma área de passagem do escoamento maior. No entanto os esforços estruturais a que estas turbinas estão sujeitas são mais elevados. Um exemplo de uma turbina *Darrieus H* é a turbina ECO 1200

da Figura 5. Esta turbina é normalmente instalada no telhado de habitações que se encontrem em meios rurais.



Figura 5: Turbina ECO 1200

A turbina *Savonius* é um tipo de TEEV que aproveita a força de resistência aerodinâmica como força motriz para o seu rotor. Em contraste com os outros tipos de turbinas o rotor é constituído por duas ou mais conchas em vez de pás. A Figura 6 ilustra uma turbina *Savonius* com duas conchas:

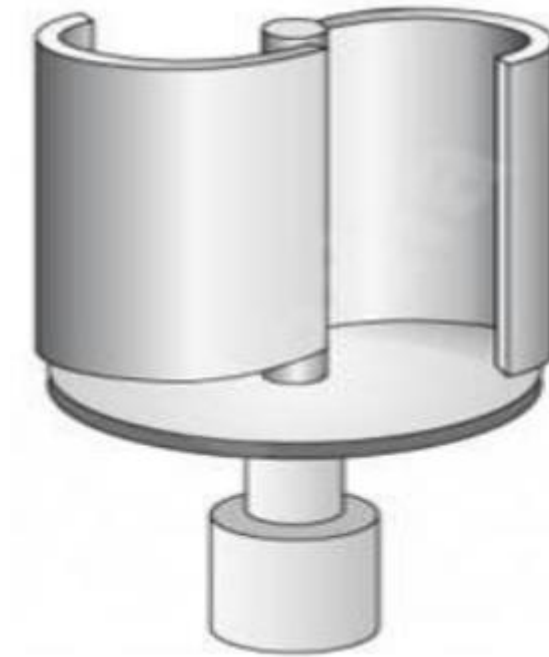


Figura 6: Turbina Savonius

O desenho do rotor é relativamente simples, o que torna o fabrico deste tipo de turbinas mais económico do que outros. Os esforços estruturais são geralmente menos intensos do que nas turbinas *Darrieus*, no entanto a turbina *Savonius* peca por apresentar um rendimento energético baixo, mais ou menos 15%. Isto é suficiente para tornar esta TEEV pouco atrativa para a produção de eletricidade.

A Figura 7 mostra um diagrama do escoamento de ar em torno do rotor de uma turbina Savonius com duas conchas:

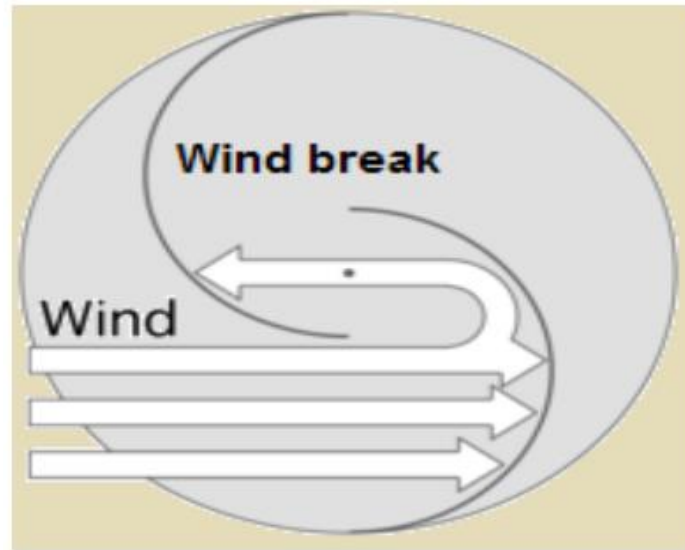


Figura 7: Representação do escoamento do vento numa turbina Savonius

As TEEVs estão normalmente sujeitas a grandes variações de binário durante cada período de rotação, o que pode provocar esforços de fadiga no eixo do rotor. O projeto de TEEVs com pás torcidas permite reduzir a variação de binário que se faz sentir no eixo do rotor. Este fenómeno de variação do binário também pode ser reduzido se o número de pás da turbina for elevado, uma vez que se distribui mais o binário em torno do rotor. A turbina MARC Twister-1000-T é um exemplo de turbina *Darrieus* com pás torcidas, cujo aspeto pode ser observado na Figura 8:



Figura 8: Turbina Darrieus de pás torcidas

As TEEVs do tipo *Savonius* também podem ser construídas com conchas torcidas. A Figura 9 representa uma turbina *Savonius* com duas conchas torcidas:



Figura 9: Turbina Savonius de conchas torcidas

O projeto das turbinas com pás ou conchas torcidas é um pouco mais complexo do que o das turbinas originais, no entanto a resistência estrutural do rotor é consideravelmente mais elevada.

6. Transmissão continuamente variável

O sistema de transmissão continuamente variável (*Continuously Variable Transmission – CVT*) foi idealizado por Leonardo da Vinci, sendo um tipo de transmissão que simula uma quantidade infinita de relações de velocidades. Este sistema funciona com duas polias de tamanhos diferentes e interligadas por uma correia em oposição às engrenagens tradicionais em que as engrenagens possuem vários tamanhos.

O tipo mais comum de *CVT* são duas polias interligadas entre si por uma correia em que conforme as polias variam o seu diâmetro altera a relação de velocidade de transmissão dos veios das polias, alterando a saída de transmissão de velocidade e binário mas mantendo a rotação e binário do lado da entrada. O seu rendimento teórico é perto de 88%.

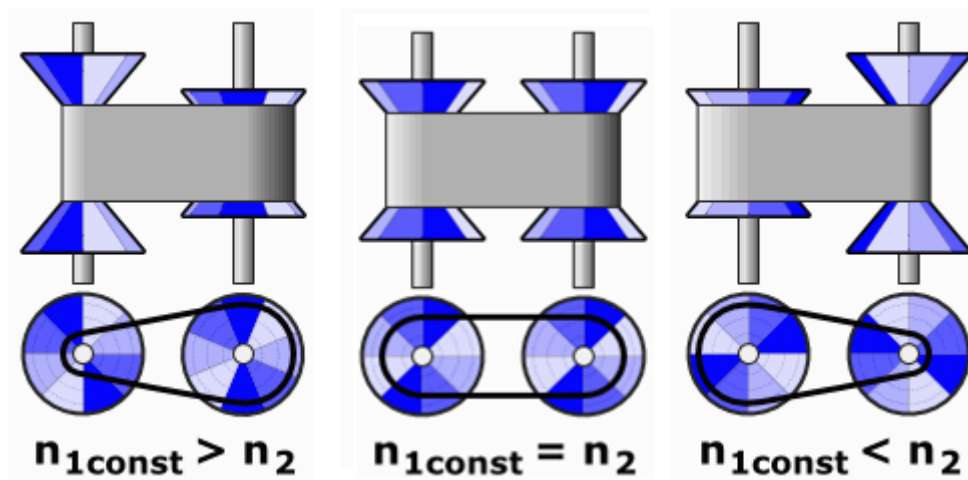


Figura 10 – Princípio de funcionamento de uma transmissão CVT

Outro tipo de funcionamento é por meio de cones interligados, também, por uma correnta em que ao posicionar a correnta em determinados pontos do cone confere a alteração de transmissão de velocidade e binário dos veios.

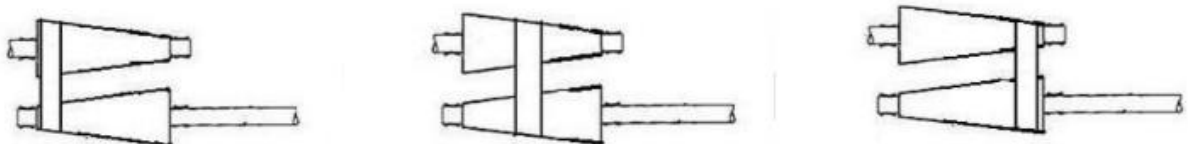


Figura 11 - Princípio de funcionamento de uma transmissão CVT do tipo cone

7. Sistema eléctrico

O sistema eléctrico de um aerogerador em que a ligação é feita directamente à rede é constituído por uma máquina eléctrica a funcionar como gerador, conversores de potência e transformadores de alta tensão para fazer a injeção da corrente na rede.

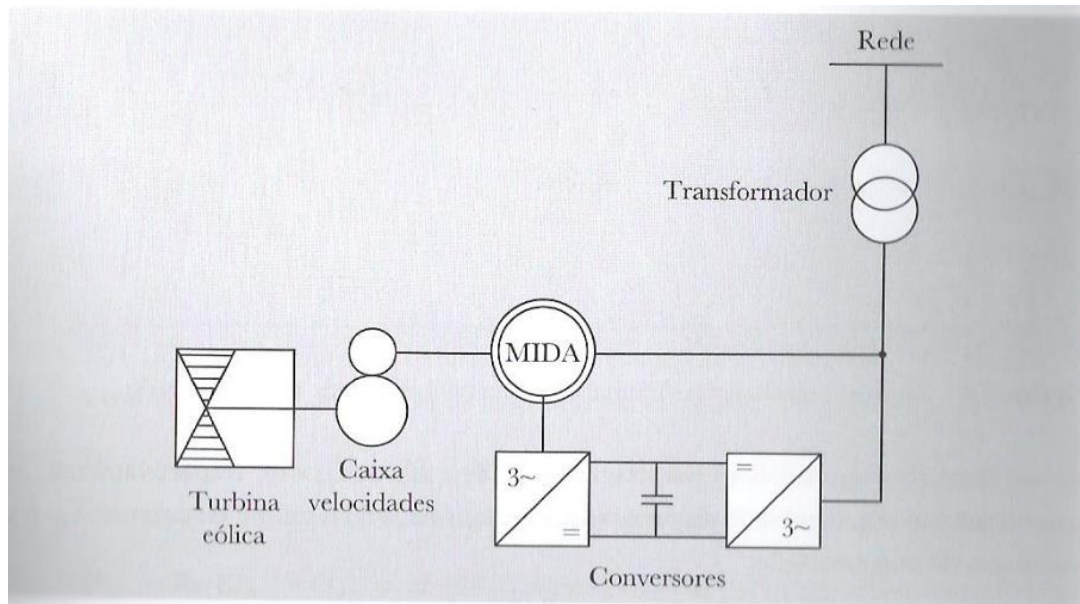


Figura 12 – Esquema de funcionamento de aerogerador equipado com uma máquina de indução duplamente alimentada

Predominantemente os geradores eólicos são equipados com máquinas de indução duplamente alimentadas (MIDA) que confere a possibilidade de controlar a velocidade por variação da resistência do rotor. Este princípio do controlo da velocidade otimiza a velocidade específica das pás da turbina, maximizando a potência eléctrica produzida pela máquina eléctrica. O contrário acontece nos aerogeradores em que são equipados máquinas de indução de rotor em gaiola (MIRG) em que o campo electromagnético é essencial para a conversão da energia mecânica em energia eléctrica e é estabelecido através do estator da máquina. Tal facto implica que a máquina absorva sempre a potência reactiva da rede e por isso terem de ser instalados com baterias de condensadores, de modo a compensar a potência das máquinas.

Os sistemas equipados com MIDA, o estator encontra-se ligado directamente à rede de energia eléctrica, enquanto o rotor está ligado à rede por um sistema de conversão AC/DC/AC e de um transformador elevador.

Os conversores AC/DC/AC que interligam o rotor da máquina à rede são pontes conversoras a seis pulsos equipados com transístores IGBT com um sistema de comando por modulação PWM. O conversor ligado à rede faz controlar a tensão contínua aos terminais do rotor da máquina de indução controlando assim a intensidade de corrente injectada e através da

modulação PWM impor a forma de onda sinusoidal com a frequência, amplitude e fase da rede.

8. Dimensionamento do aerogerador

O sistema do aerogerador é constituído por um sistema mecânico e um sistema eléctrico. O sistema mecânico é constituído por uma estrutura de suporte, uma turbina um caixa de velocidades, o sistema eléctrico é constituído por uma máquina eléctrica para produção de energia, um acumulador de energia e, como o sistema é para funcionar independente da rede de abastecimento eléctrico, um conversor de energia.

O sistema é idêntico ao que está representado pela Figura 13

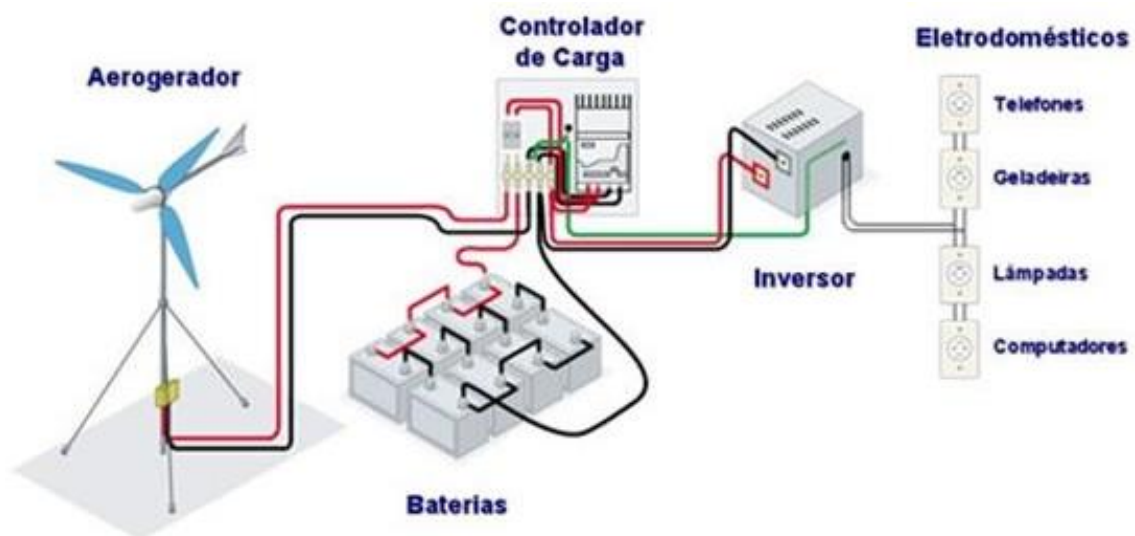


Figura 13: Esquema de produção e consumo para o aerogerador

8.1. Dimensionamento dos componentes eléctricos

8.1.1. Escolha da máquina eléctrica para gerador

A máquina eléctrica escolhida para produção de energia é constituído por um alternador de ímanes permanentes de neodímio, produzido da reciclagem de alternadores usados em automóveis. Este alternador é 24V com uma corrente de saída de 20A a para uma rotação de 750 rpm o que corresponde a uma potência de 480W.



Figura 14: Alternador de ímanes permanentes de neodímio

Características Técnicas

Potência	480 W
Corrente Nominal	20 A
Tensão Nominal	24 V
Rotação	750 rpm
Tipo	Ímanes Permanentes

Tabela 1 - Tabela das características técnicas do alternador

8.1.2. Acumulação de energia

O sistema de acumulação é constituído por um conjunto de baterias e um controlador de carga das mesmas. O controlador tem de suportar a corrente máxima produzida pelo alternador e a sua tensão de funcionamento.



Figura 15: Controlador de carga das baterias

Este controlador é para uma tensão de baterias 12V/24V com uma tensão de entrada de 24V a 20V e com uma corrente máxima de saída de 20A.

Características Técnicas

Potência	480 W
Corrente	20 A
Tensão	24 V

Tabela 2 - Tabela das características técnicas do controlador de carga das baterias

As baterias são adequadas para suportar várias cargas e descargas para termos uma grande longevidade e adequadas para o armazenamento de energias renováveis.



Figura 16 - Baterias para acumulação de energia

Características Técnicas

Autonomia	280 A/h
Tensão	2 V
Quantidade de baterias	12 Unidades

Tabela 3 - Tabela das características técnicas das baterias

8.1.3. Sistema de conversão (inversor)

Para que se possa usar a energia produzida pelo alternador ou acumulado nas baterias é necessário um inversor que converta a corrente e tensão contínua em alternada e que passe de 12V para o 230V, neste caso terá uma potência de 600W.



Figura 17: Inversor de 12Vdc para 230Vac de 600W

Este inversor é de onda completa com uma tensão de entrada de 24V e tensão de saída de 230V com uma frequência de 50Hz e potência de 600W.

Características Técnicas

Potência de saída	600W
Corrente Saída	2,6 A
Tensão Entrada	24 V
Tensão Saída	230V
Frequência de saída	50 Hz

Tabela 4 - Tabela das características técnicas do inversor

8.2. Dimensionamento mecânico

8.2.1. Turbina

A turbina escolhida será uma turbina do tipo Savonius com modificações. A turbina projectada possui a particularidade de ser seccionada em quatro partes e desfasadas entre si

de 90° e cada secção possui três meias canas desfasadas de 120° entre si, como se pode perceber pela Figura 18:

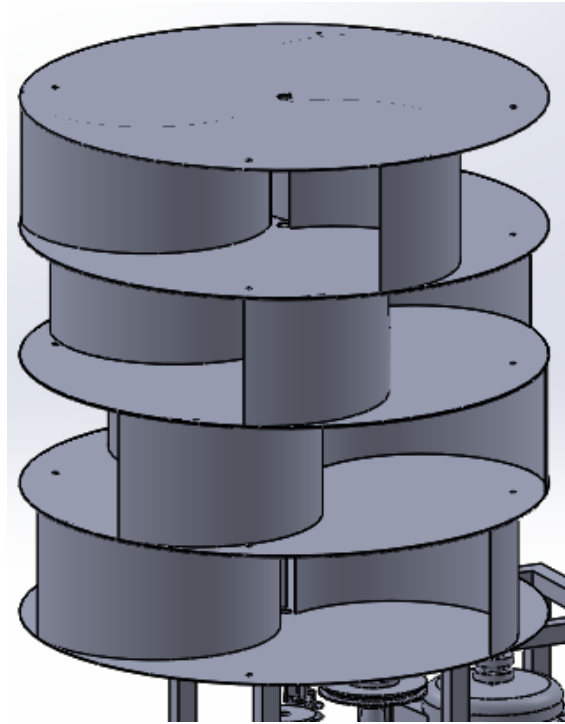


Figura 18 – Turbina Savonius modificada

Para que a turbina tenha as dimensões adequadas para produzir electricidade através do gerador é necessário calcular a sua área frontal, tal como se pode ver pela equação (6), para uma velocidade media de vento.

$$P = F \times v \Leftrightarrow P = \frac{1}{2} \rho A v^3 \Leftrightarrow A = \frac{2P}{\rho v^3} \quad (13)$$

Como o gerador escolhido tem uma potência de 500W, para um vento médio máximo de 36 km/h:

$$v = 36 \text{ km/h} = 10 \text{ m/s} \quad (14)$$

$$A = \frac{2P}{\rho v^2} \Leftrightarrow A = \frac{1000}{1,24 \times 1000} = 0,801 \text{ m}^2 \quad (15)$$

Deste modo atribuindo um diâmetro de 1,5 metros à turbina obtemos que é necessário uma altura de 1,068 metros, e assim temos as dimensões necessárias para a construção da turbina.

8.2.2. Transmissão CVT

A transmissão entre o veio da turbina e o alternador é efetuado por de uma caixa de velocidades variável (CVT - *Continuously variable transmission*) e posteriormente por meio de polias de correia em V, nos respetivos veios a montagem é feita por taper lock.

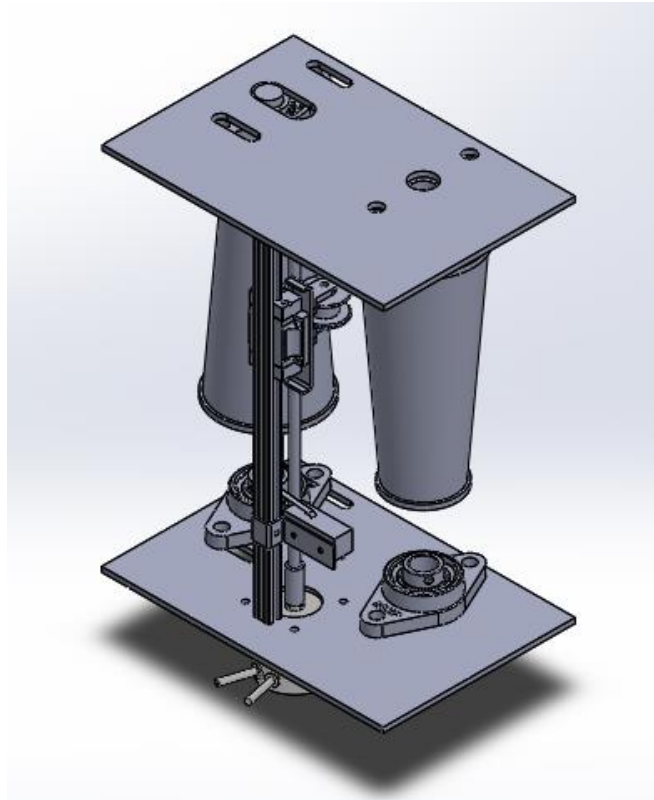


Figura 19 – Conjunto CVT

Os aerogeradores são dimensionados para as velocidades do vento normais para a região onde vão ser instalados. Quando a velocidade do vento é superior à velocidade para a qual foi concebida, estes possuem sistema de frenagem que bloqueiam as turbinas para não provocar danos materiais.

Como este aerogerador não possui sistema de bloqueio para grandes velocidades de vento dimensionou-se a caixa de velocidades para velocidades de vento maiores que é o pior caso possível, de modo a proteger o gerador. Assim sendo, para dimensionar os diâmetros dos cones é necessário saber a rotação do gerador, que para este caso é de 750 rpm e atribuir a velocidade nominal do vento (36 Km/h).

$$v_{vento} = 36 \text{ Km/h} = 10 \text{ m/s} \quad (16)$$

Para esta velocidade de vento irá originar a seguinte velocidade na turbina:

$$w_{turbina} = r \times v_{vento} = 0,75 \times 10 = 7,5 \text{ rad/s} \quad (17)$$

Como o gerador possui 750 rpm corresponde a:

$$w_{turbina} = 750 \text{ rpm} = 78,5 \text{ rad/s} \quad (18)$$

E assim sendo a relação de velocidade será:

$$i = \frac{w_{gerador}}{w_{turbina}} = \frac{78,5}{7,5} = 10,47 \quad (19)$$

Deste modo é necessário realizar uma relação de transmissão entre a turbina e o alternador uma transmissão de $i=10,47$, assim para que a CVT funcione na média da velocidade do vento para que foi dimensionada a relação da CVT será igual a 1 e a transmissão convencional terá a relação de $i=10,45$.

A CVT terá a o diâmetro mínimo de 60 mm e diâmetro máximo de 90 mm, o que fará uma relação de transmissão máxima de $i=15,68$ e uma relação mínima de $i=6,97$.

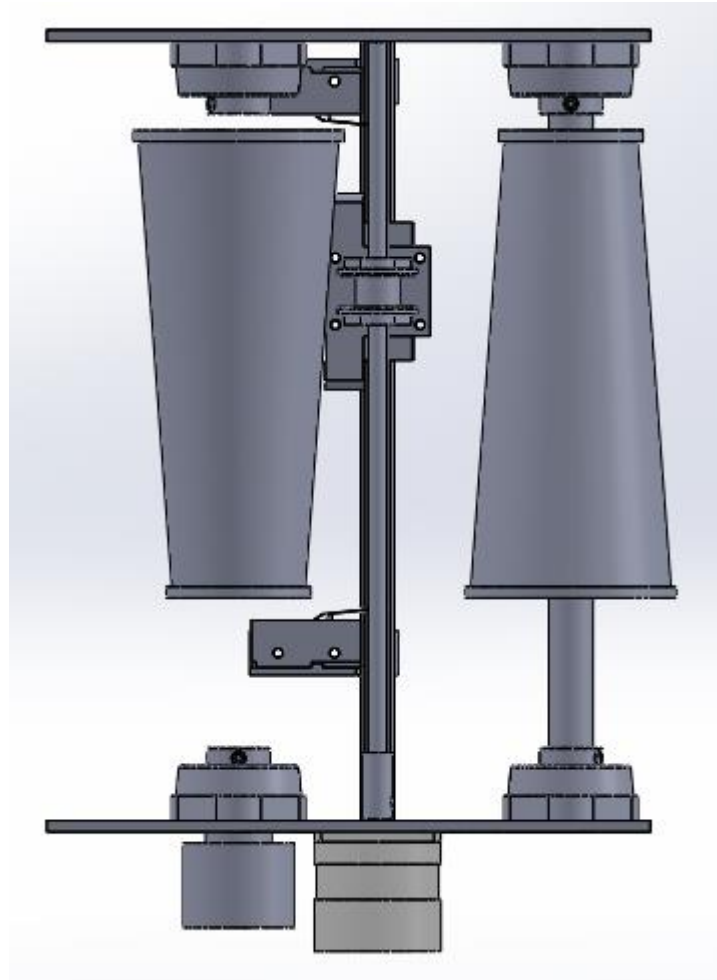


Figura 20 - Cones da engrenagem CVT

As polias escolhidas tem o diâmetro primitivos de 145 mm e de 42 mm, em que as suas referências se encontram em anexo, assim com a referência da correia a utilizar.

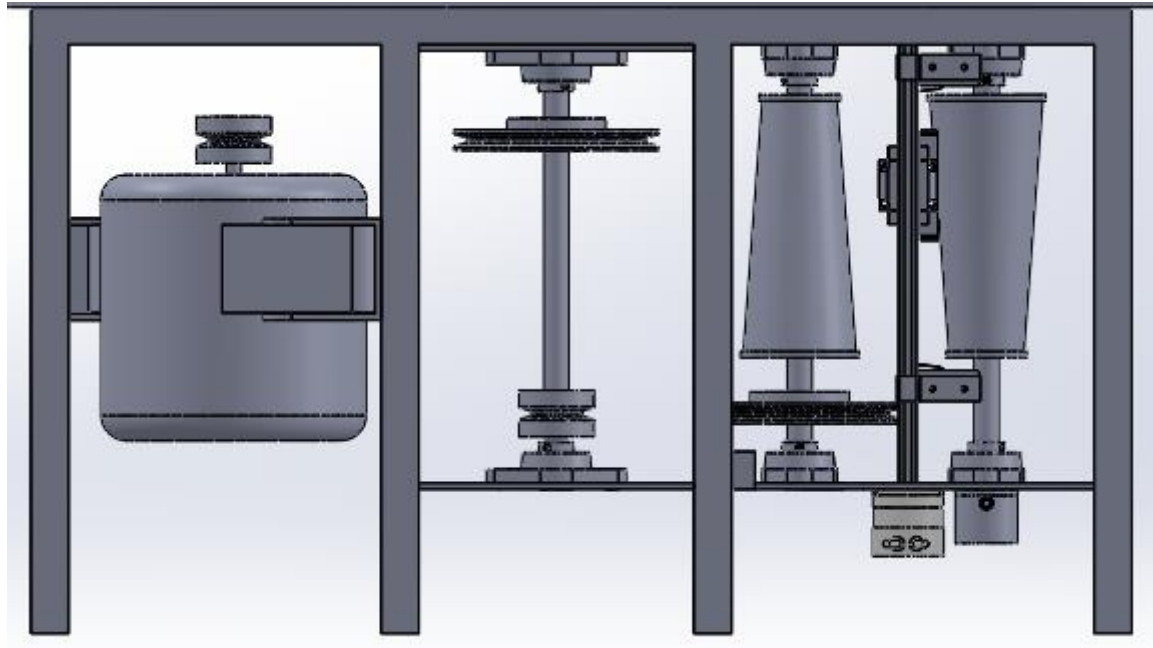


Figura 21 - Polias convencionais de correia em V e a transmissão CVT

Este tipo de transmissão necessita que seja ajustado por um sistema externo aos cones que posicione a correia na posição correta de modo a produzir a relação de engrenagem necessária.

Neste caso este sistema consiste em uma guia linear perfilada onde desliza um carro, que possui um veio roscado acionado por um motor de passo, que posiciona a polia posicionadora da correia nos diâmetros adequados dos cones.

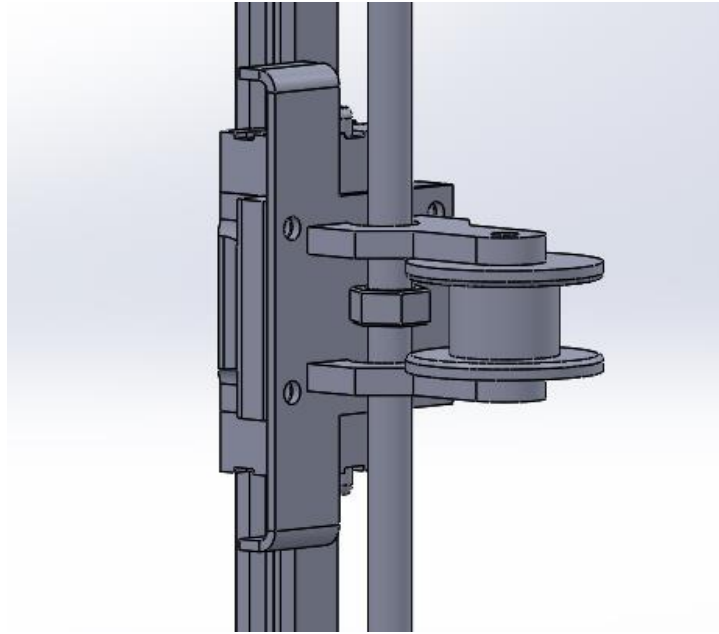


Figura 22 - Sistema de posicionamento da correia

Este sistema possui sensores de fim de curso para limitar o percurso do carro na guia perfilada.

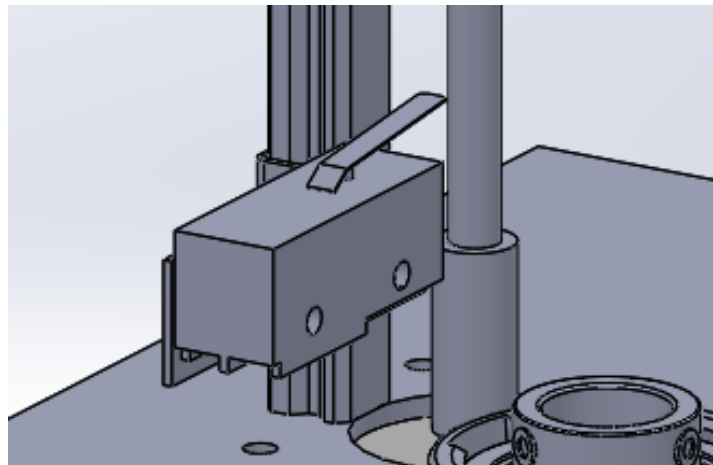


Figura 23 – Sensor de fim de curso do carro

De modo a posicionar correctamente a correia nos cones é necessário aplicar um encoder no veio da turbina por meio a calcular a velocidade do vento e calcular assim a relação de transmissão adequada.

Este sistema terá de ser controlado por um controlador, como por exemplo um Arduino em que receberá de entradas o encoder e os sensores de fim-de-curso, e terá como saída a rotação do motor de passo.

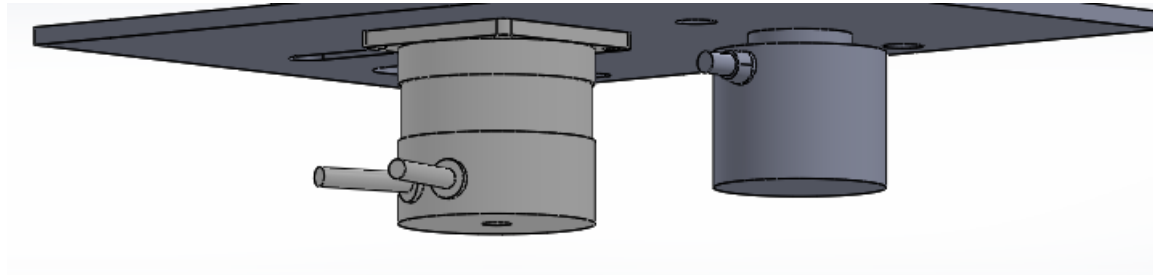


Figura 24 - Motor de passo à esquerda e encoder absoluto à direita

9. Desenho mecânico

Este sistema de produção eólica é constituído por uma estrutura de suporte de todo os restantes elementos, suporta o alternador, a caixa de velocidades e o veio da turbina. A estrutura foi executada com tubo de aço.

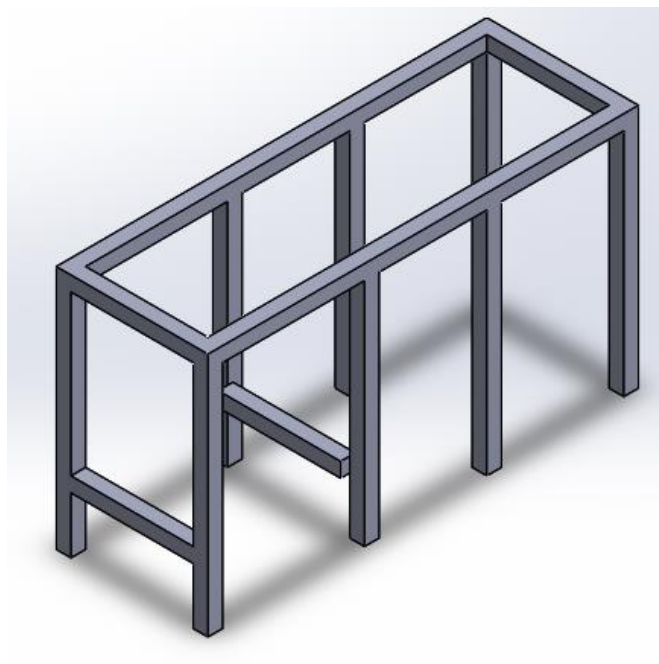


Figura 25: Chassi do sistema eólico

E pela estrutura de suporte da turbina, constituída por três pilares que suportam as bases de apoio do veio da turbina.

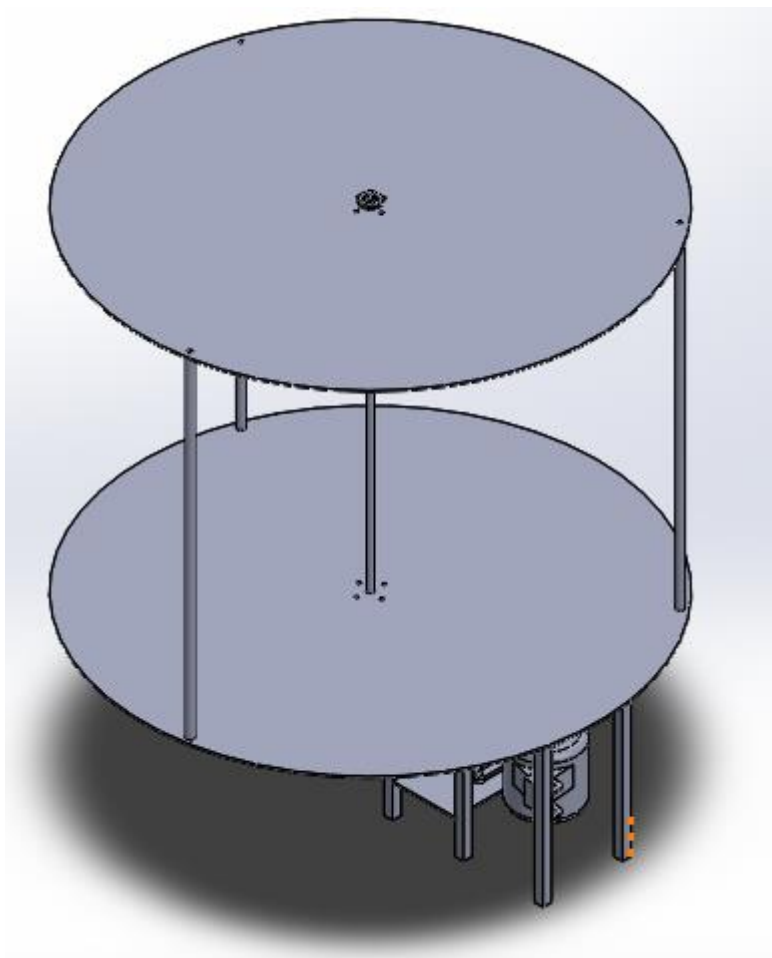


Figura 26 - Estrutura de suporte do veio da turbina acoplado a restante estrutura

O veio é acoplado nas bases por meio de mancais de rolamentos em Y, com é ilustrado na figura.

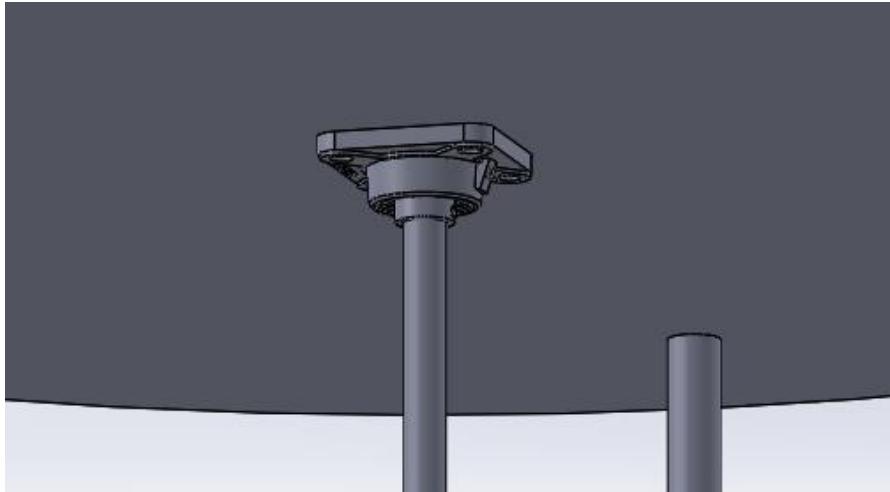


Figura 27 - Mancal de acoplamento do veio da turbina

De modo a dar tensão as correias das engrenagens, foi executado o sistema de ajuste da tensão, tanto da engrenagem CVT como das polias para o gerador.

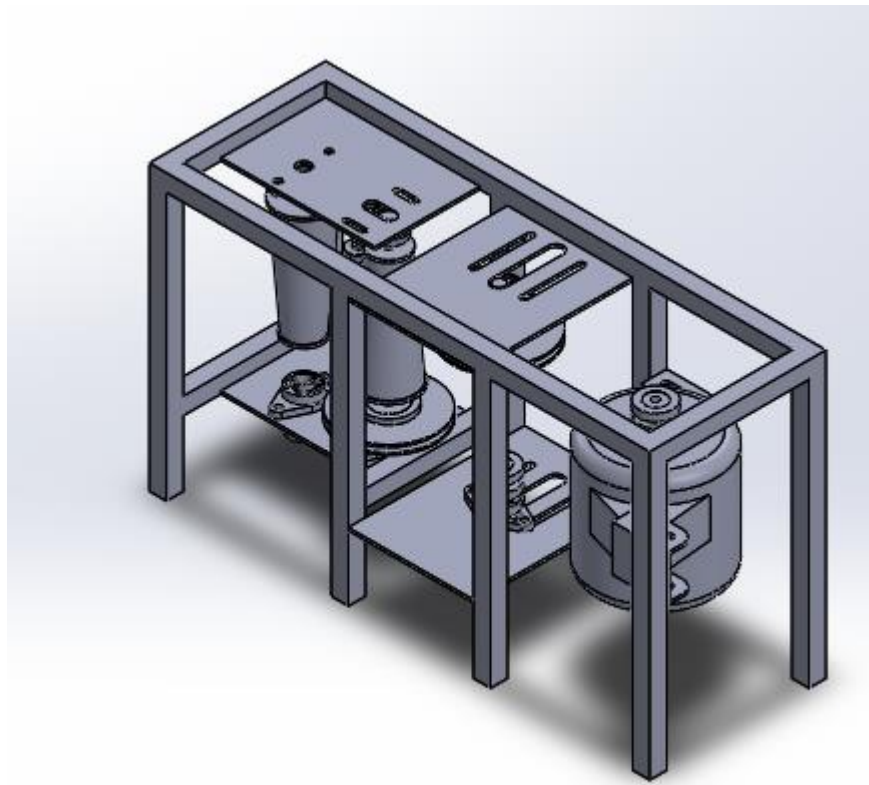


Figura 28: Chassi com o alternador e a caixa de velocidades instalada

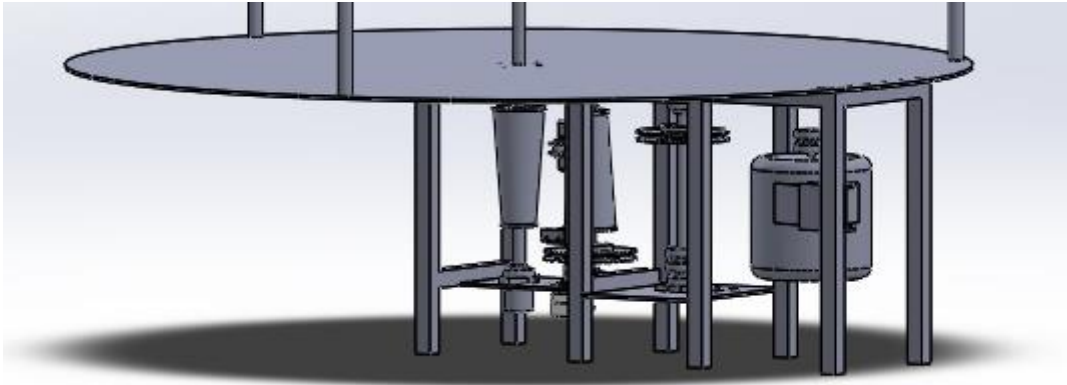


Figura 29 - Estrutura com a caixa de velocidades instalada e o respetivo gerador

De modo a guiar a proteção ao longo do diâmetro da turbina, aplicou-se uma guia perfilada na parte inferior e superior das bases com três carros que suportaram a proteção da turbina contra o vento desfavorável à rotação da turbina, como demonstra a figura.

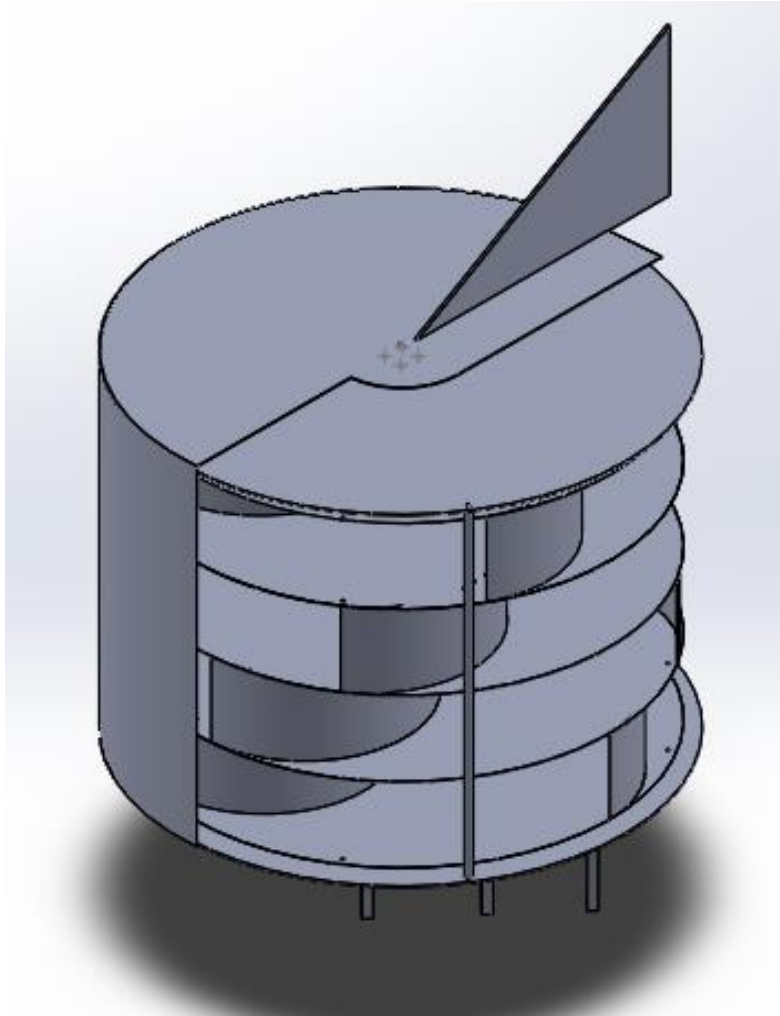


Figura 30 - Protecção da turbina e respectivo leme de orientação

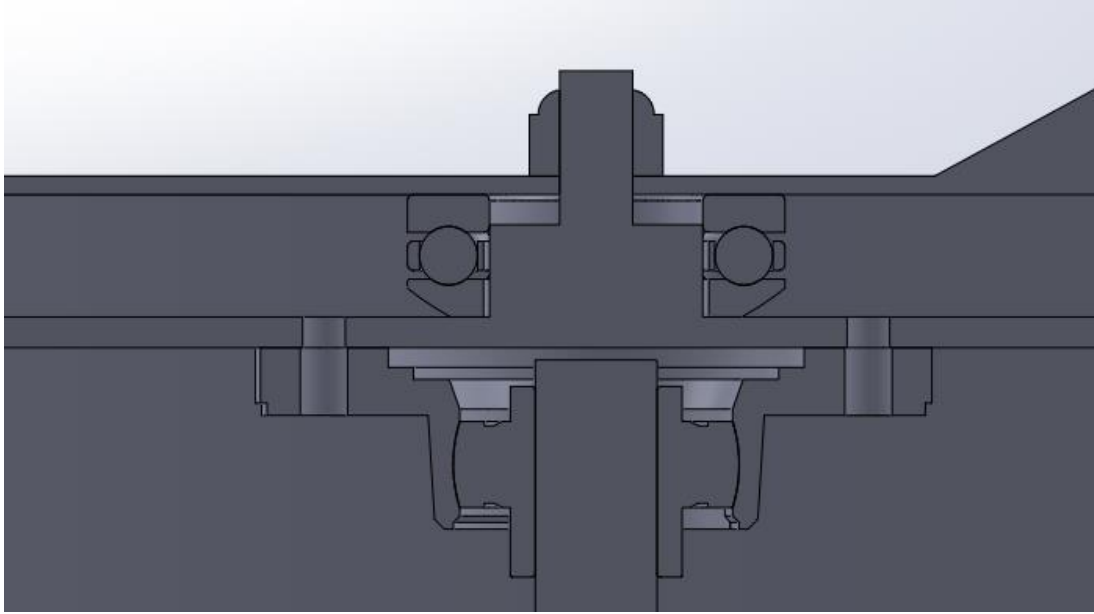


Figura 31 - Proteção acoplada na estrutura

Para realizar o guiamento da proteção da turbina em relação à orientação do vento, a proteção possui um leme de catavento para orientar a proteção e protegem a turbina do vento.

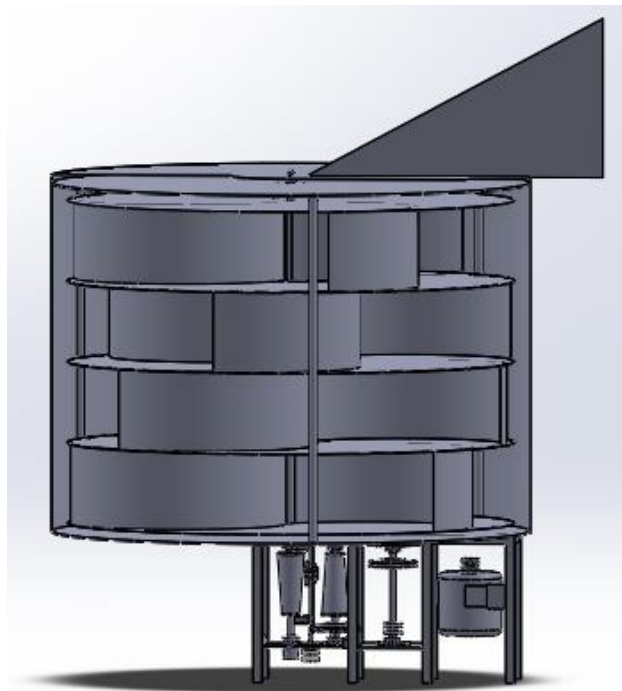


Figura 32 - Aspecto final do aerogerador

CONCLUSÃO

Após a realização deste projeto, algumas ilações podem ser tiradas. Em primeiro lugar, pode-se concluir que o processo de desenvolvimento de um sistema de acionamento é sem dúvida um processo iterativo e bastante exaustivo, com bastantes avanços e recuos. Tentar conjugar as várias variáveis em análise mostrou ser um desafio que se considerou superado.

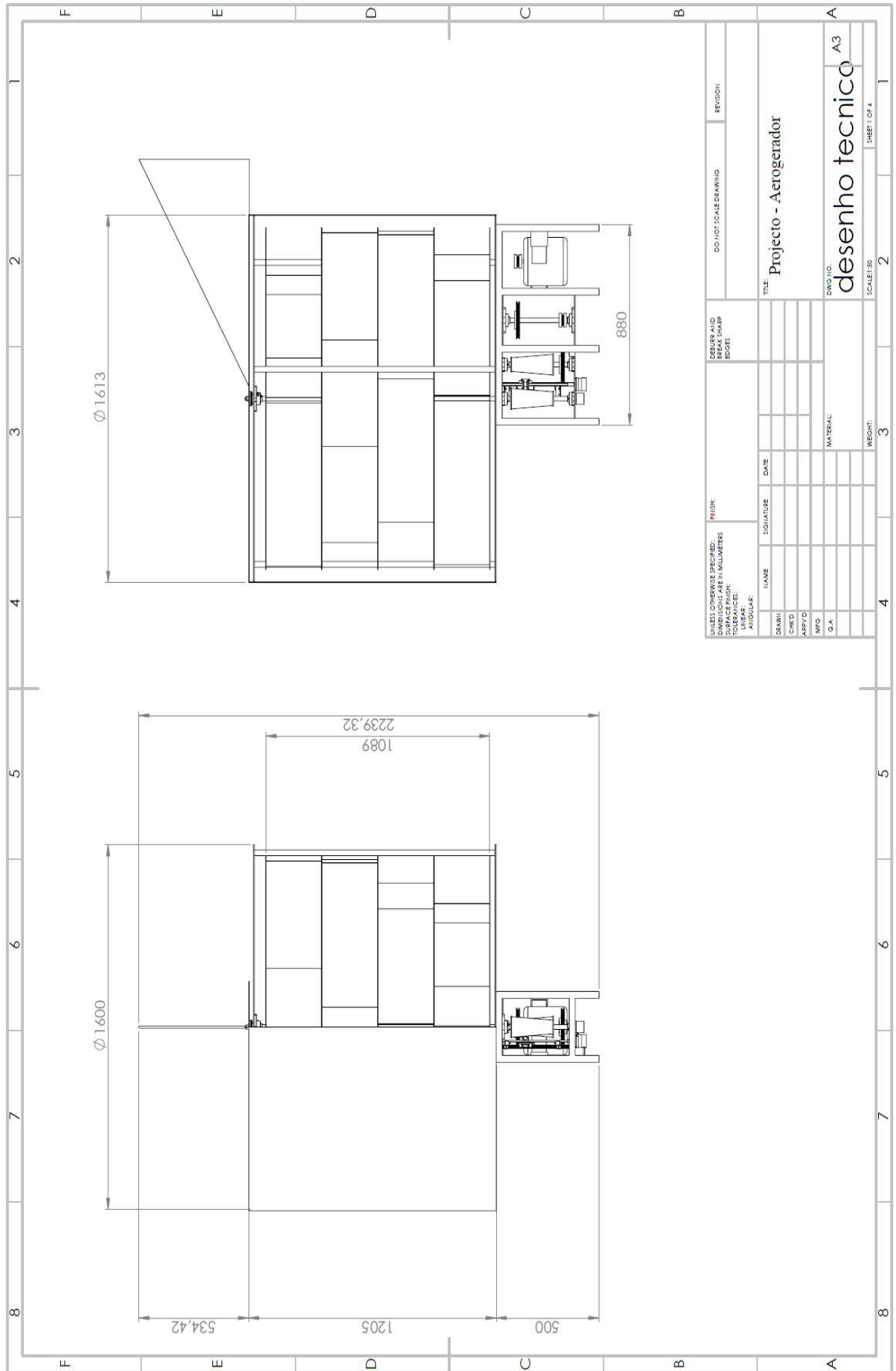
O sistema dimensionado permitiu manter as principais características do aerogerador, considerado a sua produção como microgeração de energia eléctrica.

Tendo em consideração a constituição dos elementos deste aerogerador pode-se concluir que este sistema tem capacidade para ser funcional e funcionar como está idealizado.

Fica a faltar análises estruturais para saber como se comporta a estrutura à força do vento e a própria construção de um protótipo físico para avaliar eventuais problemas construtivos e avaliações de desempenho.

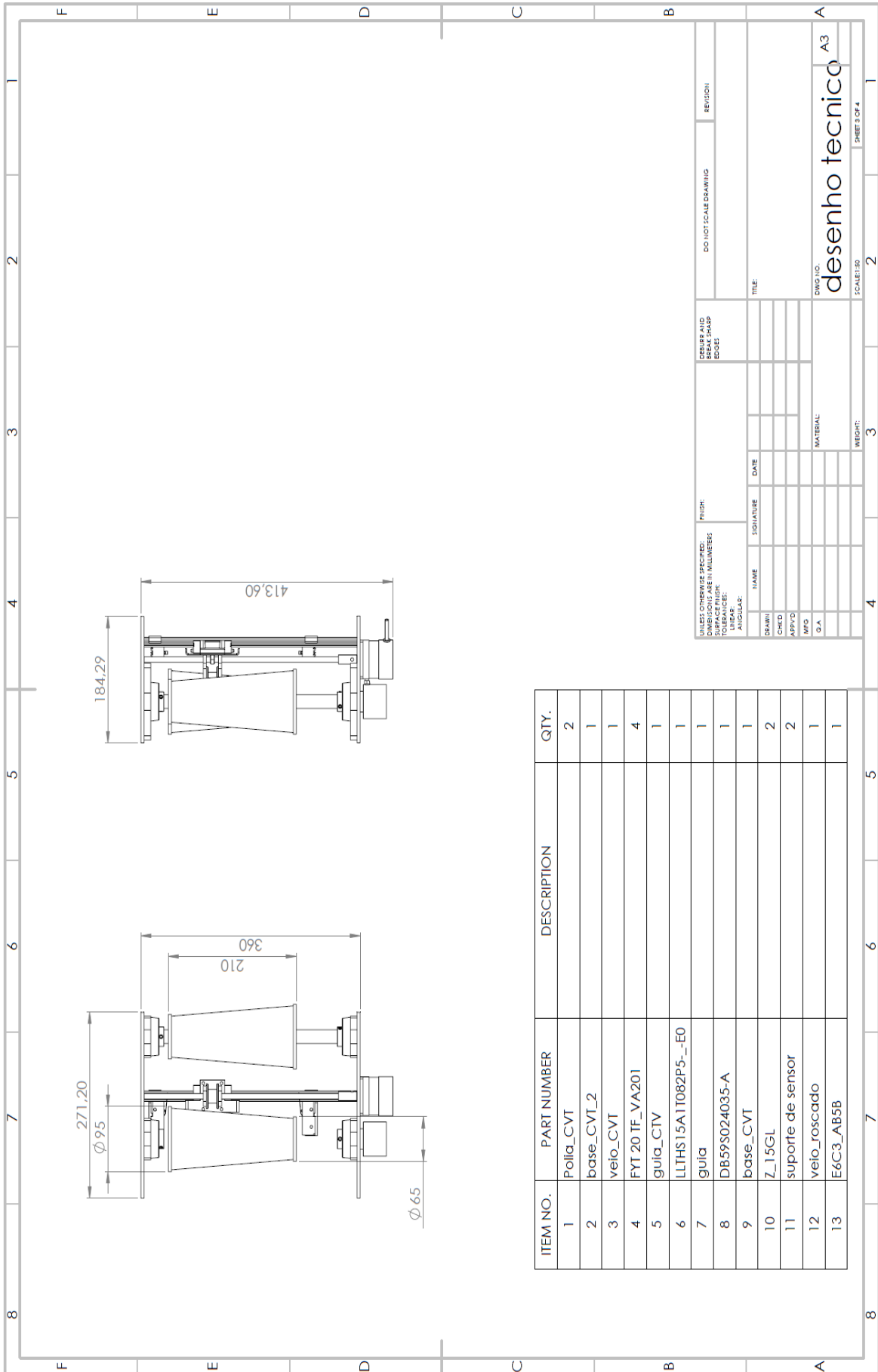
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Castro, Rui (2012). Uma introdução às energias renováveis: Eólica, Fotovoltaica e mini-hídrica. IST PRESS;
2. <http://www.igus.pt/>;
3. <https://omron.pt/pt/home>;
4. <http://www.skf.com/pt/index.html?switch=y>;
5. http://www.ecosources.info/en/topics/Darrieus_vertical_axis_wind_turbine;
6. <http://livre.pt/pt/>;
7. <http://meteoabrant.es.no-ip.info/>;
8. Moreira, Bessa (2007).Catálogo técnico – Transmissões, Rolisa, Lda;



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	pillares		3
2	base		1
3	base_inferior		1
4	FY 20 TF		1
5	Veio		1
6	Turbina_1		4
7	chassis		1
8	opoi_o alternador		1
9	alternador		1
10	opoi_o alternador_2		1
11	CTV		1
12	polia_s		2
13	polia_p		2
14	taper_lock_1610		2
15	bolacha do encoder		1
16	53207		1
17	protecção		1
18	porca		1
19	base para caixa		2
20	veio pra caixa		1
21	taper_lock_1008_2		1
22	taper_lock_1008		1
23	FYT 20 TF_VA201		2

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS FINISH: LINEAR SURFACES: RADIUS: ANGLES:		FINISH:		BREAK AND BREAK SHARP CROSS		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE					TITLE	
CHKD								Projecto Aerogerador	
APP'D								DWG. NO.	
MFG								desenho tecnico	
D.A.								SCALE: 1:50	
								SHEET 2 OF 4	
								A3	
								WEIGHT	



DB59

Brushless DC Motor



OPTIONS



VERSIONS

Type	Rated Power W	Rated Torque Ncm	Rated Current A	Rated Voltage V	Rated Speed rpm	Torque Constant Ncm/A	Rotor Inertia gcm ²	Weight kg	Length „A“ mm
DB59S024035	84	23	5	24	3500	4.5	75	0.52	53.6 mm - 54 mm
DB59M024035	135	37	8	24	3500	4.6	105	0.65	53.6 mm - 54 mm
DB59L024035	172	47	9.4	24	3500	5	119	0.72	53.6 mm - 73.6 mm
DB59C024035	220	60	13.6	24	3500	4.4	173	0.95	53.6 mm - 93.6 mm

ORDER IDENTIFIER

DB59S024035-

A* = single shaft

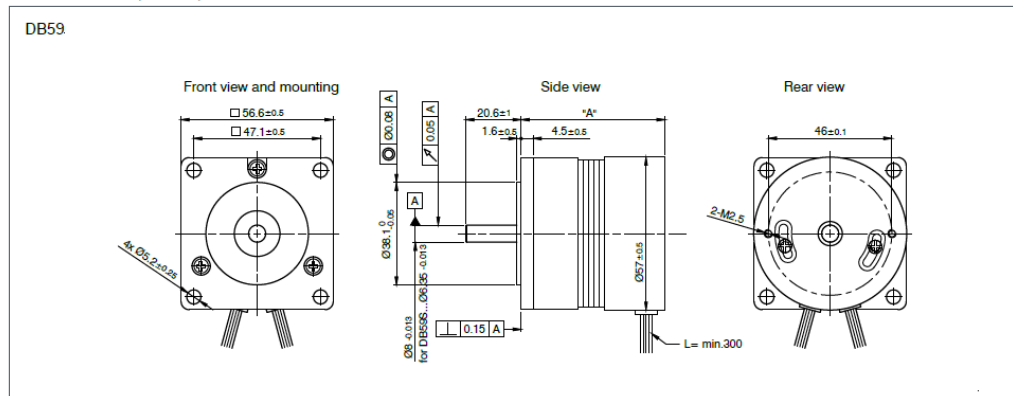
* also available for individual configuration with encoder and brake on our website

ACCESSORIES

ZD-DF56

Damper

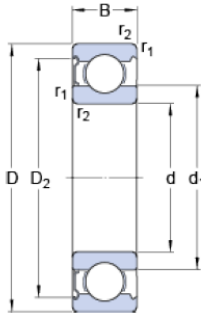
DIMENSIONS (IN MM)





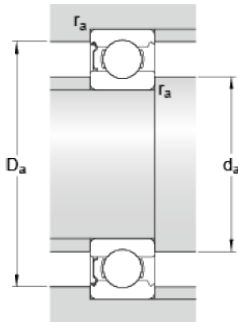
624-Z

Dimensões



d	4	mm
D	13	mm
B	5	mm
d ₁	≈ 6.7	mm
D ₂	≈ 11.2	mm
r _{1,2}	min. 0.2	mm

Dimensões do encosto



d _a	min. 5.8	mm
d _a	max. 6.6	mm
D _a	max. 11.2	mm
r _a	max. 0.2	mm

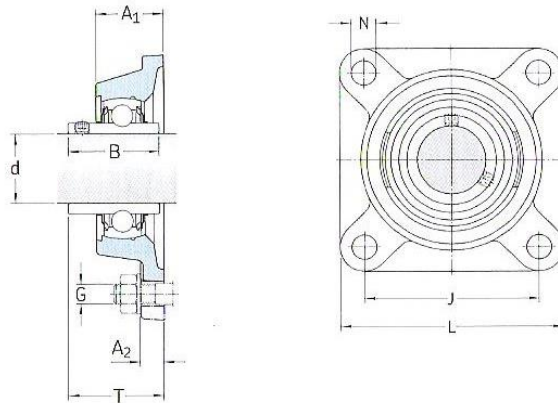
Dados de cálculo

Classificação de carga dinâmica básica	C	0.93	kN
Classificação de carga estática básica	C ₀	0.29	kN
Limite de carga de fadiga	P _u	0.01	kN
Velocidade de referência		110000	r/min
Velocidade-limite		67000	r/min
Fator de cálculo	k _r	0.025	
Fator de cálculo	f ₀	7.3	

Massa

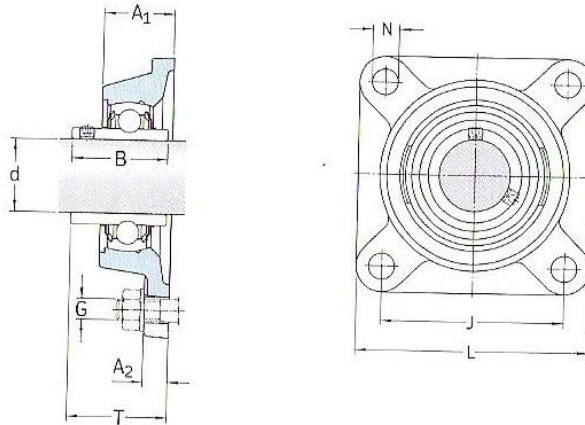
Massa do rolamento	0.0031	kg
--------------------	--------	----

Unidades de mancais Y com flange quadrado
para altas temperaturas e eixos em milímetros
d 20 – 60 mm



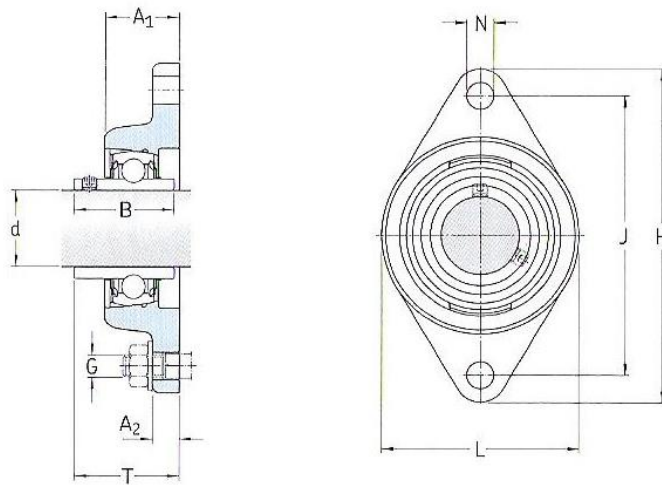
Dimensões									Capacidade de carga estática C_0	Massa	Designações Rolamento com gaiola de aço prensado	coroa de grafite de uma única peça
d	A ₁	A ₂	B	J	L	N	G	T				
mm									kN	kg	–	
20	29,5	11	31	63,5	86	11,1	10	37,3	6,55	0,60	FY 20 TF/VA201	FY 20 TF/VA228
25	30	12	34,1	70	95	12,7	10	38,8	7,8	0,77	FY 25 TF/VA201	FY 25 TF/VA228
30	32,5	13	38,1	82,5	108	12,7	10	42,2	11,2	1,10	FY 30 TF/VA201	FY 30 TF/VA228
35	34,5	13	42,9	92	118	14,3	12	46,4	15,3	1,40	FY 35 TF/VA201	FY 35 TF/VA228
40	38,5	14	49,2	101,5	130	14,3	12	54,2	19	1,90	FY 40 TF/VA201	FY 40 TF/VA228
45	39	14	49,2	105	137	15,9	14	54,2	21,6	2,10	FY 45 TF/VA201	FY 45 TF/VA228
50	43	15	51,6	111	143	15,9	14	60,6	23,2	2,50	FY 50 TF/VA201	FY 50 TF/VA228
55	47,5	16	55,6	130	162	19	16	64,4	29	3,60	FY 55 TF/VA201	FY 55 TF/VA228
60	52	17	65,1	143	175	19	16	73,7	36	4,60	FY 60 TF/VA201	FY 60 TF/VA228

Unidades de mancais Y com flange quadrado
para altas temperaturas e eixos em polegadas
d 3/4 – 2 7/16 in



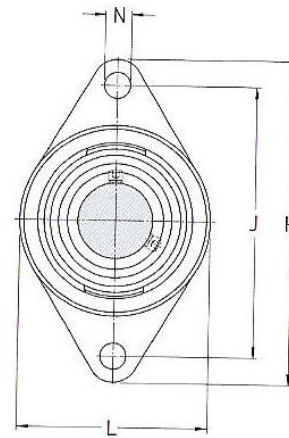
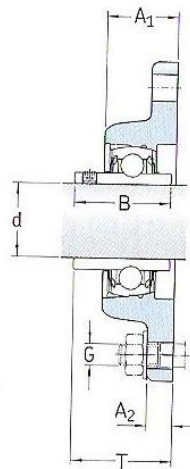
Dimensões									Capacidade de carga estática C ₀	Massa	Designações Rolamento com gaiola de aço prensado	coroa de grafite de uma única peça
d	A ₁	A ₂	B	J	L	N	G	T				
in	mm								kN	kg	-	
3/4	29,5	11	31	63,5	86	11,1	10	37,3	6,55	0,60	FY 3/4 TF/VA201	FY 3/4 TF/VA228
1	30	12	34,1	70	95	12,7	10	38,8	7,8	0,77	FY 1. TF/VA201	FY 1. TF/VA228
1 1/16	32,5	13	38,1	82,5	108	12,7	10	42,2	11,2	1,10	FY 1.3/16 TF/VA201	FY 1.3/16 TF/VA228
1 1/4	34,5	13	42,9	92	118	14,3	12	46,4	15,3	1,40	FY 1.1/4 TF/VA201	FY 1.1/4 TF/VA228
1 7/16	34,5	13	42,9	92	118	14,3	12	46,4	15,3	1,40	FY 1.7/16 TF/VA201	FY 1.7/16 TF/VA228
1 1/2	38,5	14	49,2	101,5	130	14,3	12	54,2	19	1,90	FY 1.1/2 TF/VA201	FY 1.1/2 TF/VA228
1 11/16	39	14	49,2	105	137	15,9	14	54,2	21,6	2,10	FY 1.11/16 TF/VA201	FY 1.11/16 TF/VA228
1 3/4	39	14	49,2	105	137	15,9	14	54,2	21,6	2,10	FY 1.3/4 TF/VA201	FY 1.3/4 TF/VA228
1 15/16	43	15	51,6	111	143	15,9	14	60,6	23,2	2,50	FY 1.15/16 TF/VA201	FY 1.15/16 TF/VA228
2	47,5	16	55,6	130	162	19	16	64,4	29	3,75	FY 2. TF/VA201	FY 2. TF/VA228
2 1/16	47,5	16	55,6	130	162	19	16	64,4	29	3,70	FY 2.3/16 TF/VA201	FY 2.3/16 TF/VA228
2 7/16	52	17	65,1	143	175	19	16	73,7	36	4,50	FY 2.7/16 TF/VA201	FY 2.7/16 TF/VA228

Unidades de mancais Y com flange quadrado
para altas temperaturas e eixos em milímetros
d 20 – 55 mm



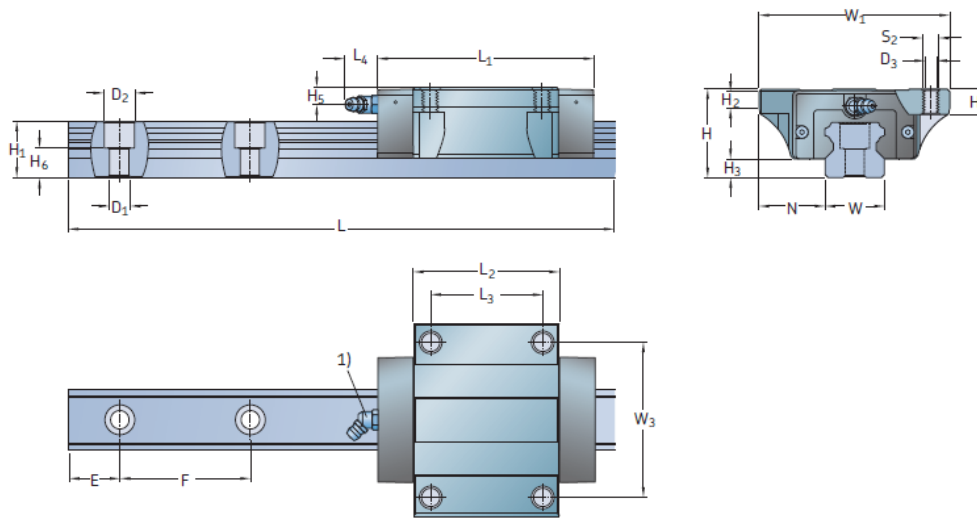
Dimensões										Capacidade de carga estática C_0	Massa	Designações Rolamento com gaiola de aço prensado	coroa de grafite de uma única peça
d	A ₁	A ₂	B	H	J	L	N	G	T				
mm										kN	kg	–	
20	24,6	11	31	112	89,7	60,3	11,1	10	32,6	6,55	0,50	FYT 20 TF/VA201	FYT 20 TF/VA220
25	30	12	34,1	124	98,9	70	12,7	10	38,8	7,8	0,63	FYT 25 TF/VA201	FYT 25 TF/VA220
30	32,5	13	38,1	141,5	116,7	83	12,7	10	42,2	11,2	0,93	FYT 30 TF/VA201	FYT 30 TF/VA220
35	34,5	13	42,9	156	130,2	96	14,3	12	46,4	15,3	1,25	FYT 35 TF/VA201	FYT 35 TF/VA220
40	38,5	14	49,2	171,5	143,7	102	14,3	12	54,2	19	1,65	FYT 40 TF/VA201	FYT 40 TF/VA220
45	39	14	49,2	178,5	148,5	111	15,9	14	54,2	21,6	1,80	FYT 45 TF/VA201	FYT 45 TF/VA220
50	43	15	51,6	189	157,2	116	15,9	14	60,6	23,2	2,15	FYT 50 TF/VA201	FYT 50 TF/VA220
55	47,6	20,6	55,6	215,9	184,2	127	19	16	62,8	29	3,30	FYT 55 TF/VA201	FYT 55 TF/VA220

Unidades de mancais Y com flange quadrado
para altas temperaturas e eixos em polegadas
d 3/4 - 2 3/16 in



Dimensões										Capacidade de carga estática C_0	Massa kg	Designações Rolamento com gaiola de aço prensado	coroa de grafite de uma única peça
d	A ₁	A ₂	B	H	J	L	N	G	T				
in	mm									kN		-	
3/4	24,6	11	31	112	89,7	60,5	11,1	10	32,6	6,55	0,50	FYT 3/4 TF/VA201	FYT 3/4 TF/VA228
1	30	12	34,1	124	98,9	70	12,7	10	38,8	7,8	0,63	FYT 1. TF/VA201	FYT 1. TF/VA228
1 1/16	32,5	13	38,1	141,5	116,7	83	12,7	10	42,2	11,2	0,93	FYT 1.3/16 TF/VA201	FYT 1.3/16 TF/VA228
1 1/4	34,5	13	42,9	156	130,2	96	14,3	12	46,4	15,3	1,25	FYT 1.1/4 TF/VA201	FYT 1.1/4 TF/VA228
1 7/16	34,5	13	42,9	156	130,2	96	14,3	12	46,4	15,3	1,20	FYT 1.7/16 TF/VA201	FYT 1.7/16 TF/VA228
1 1/2	38,5	14	49,2	171,5	143,7	102	14,3	12	54,2	19	1,65	FYT 1.1/2 TF/VA201	FYT 1.1/2 TF/VA228
1 11/16	39	14	49,2	178,5	148,5	111	15,9	14	54,2	21,6	1,80	FYT 1.11/16 TF/VA201	FYT 1.11/16 TF/VA228
1 3/4	39	14	49,2	178,5	148,5	111	15,9	14	54,2	21,6	1,80	FYT 1.3/4 TF/VA201	FYT 1.3/4 TF/VA228
1 13/16	43	15	51,6	189	157,2	116	15,9	14	60,6	23,2	2,15	FYT 1.15/16 TF/VA201	FYT 1.15/16 TF/VA228
2	47,6	20,6	55,6	215,9	184,2	127	19	16	62,8	29	3,30	FYT 2. TF/VA201	FYT 2. TF/VA228
2 3/16	47,6	20,6	55,6	215,9	184,2	127	19	16	62,8	29	3,25	FYT 2.3/16 TF/VA201	FYT 2.3/16 TF/VA228

Carriage LLTHC ... A







Size	Assembly dimensions					Carriage dimensions									
	W ₁	N	H	H ₂	H ₃	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	W ₃	H ₄	H ₅	D ₃	S ₂	
-	mm														-
15	47	16	24	5,9	4,6	63,3	40	30	4,3	38	8	4,3	4,3	M5	
20	63	21,5	30	6,9	5	73,3	50	40	15	53	9	5,7	5,2	M6	
25	70	23,5	36	11	7	84,4	57	45	16,6	57	12	6,5	6,7	M8	
30	90	31	42	9	9	100,4	67,4	52	14,6	72	11,5	8	8,5	M10	
35	100	33	48	12,3	9,5	114,4	77	62	14,6	82	13	8	8,5	M10	
45	120	37,5	60	12,3	14	136,5	96	80	14,6	100	15	8,5	10,4	M12	

Size	Rail dimensions										Weight carriage rail		Load ratings ²⁾		Moments			
	W	H ₁	H ₆	F	D ₁	D ₂	E _{min} -0,75	E _{max} -0,75	L _{max} -1,5			dynamic C	static C ₀	dynamic M _x	static M _{x0}	dynamic M _{y/z}	static M _{y0/z0}	
-	mm										kg	kg/m	N		Nm			
15	15	14	8,5	60	4,5	7,5	10	50	3 920	0,21	1,4	8 400	15 400	56	103	49	90	
20	20	18	9,3	60	6	9,5	10	50	3 920	0,4	2,3	12 400	24 550	112	221	90	179	
25	23	22	12,3	60	7	11	10	50	3 920	0,57	3,3	18 800	30 700	194	316	155	254	
30	28	26	13,8	80	9	14	12	70	3 944	1,1	4,8	26 100	41 900	329	528	256	410	
35	34	29	17	80	9	14	12	70	3 944	1,6	6,6	34 700	54 650	535	842	388	611	
45	45	38	20,8	105	14	20	16	90	3 917	2,7	11,3	59 200	91 100	1215	1869	825	1270	

¹⁾ For detailed information on grease nipples, please refer to page 27.

²⁾ Dynamic load capacities and moments are based on a travel life of 100 km. Please refer to page 9 for further details.

Basic Models (Drip-proof Models)		High-sensitivity
Classification		High-sensitivity
Contact gap		H (0.25 mm)
Drip-proof terminal protective cover		Not provided
Actuator		Terminal *
Terminal *		Model
Flexible rod (steel wire)		Z-15HNJS55
		Z-15HNJS55-B

*  : Solder terminal  : Screw terminal

Minimum Order Lot

The following models are available at the minimum order lot specified below.

Orders must be placed per lot.

Actuator	Classification	Contact gap	High-sensitivity	Minimum order lot (pcs)
			H (0.25 mm)	
Flexible rod (steel wire)			Z-15HNJS55-B	10

Specifications

Ratings (Basic, Split-contact and Maintained contact Models)

Z-15 (Except Micro Load and Flexible Rod Models)

Contact gap	Item	Non-inductive load (A)				Inductive load (A)			
		Resistive load		Lamp load		Inductive load		Motor load	
		NC	NO	NC	NO	NC	NO	NC	NO
G, H, H2, E	125 VAC	15 (10) *		3	1.5	15 (10) *		5	2.5
	250 VAC	15 (10) *		2.5	1.25	15 (10) *		3	1.5
	500 VAC *	10		1.5	0.75	6		1.5	0.75
G	8 VDC	15		3	1.5	15		5	2.5
	14 VDC	15		3	1.5	10		5	2.5
	30 VDC	6		3	1.5	5		5	2.5
	125 VDC	0.5		0.5	0.5	0.05		0.05	0.05
	250 VDC	0.25		0.25	0.25	0.03		0.03	0.03
H, H2	8 VDC	15		3	1.5	15		5	2.5
	14 VDC	15		3	1.5	10		5	2.5
	30 VDC	2		2	1.4	1		1	1
	125 VDC	0.4		0.4	0.4	0.03		0.03	0.03
	250 VDC	0.2		0.2	0.2	0.02		0.02	0.02
E	8 VDC	15		3	1.5	15		5	2.5
	14 VDC	15		3	1.5	15		5	2.5
	30 VDC	15		3	1.5	10		5	2.5
	125 VDC	0.75		0.75	0.75	0.4		0.4	0.4
	250 VDC	0.3		0.3	0.3	0.2		0.2	0.2

* Figures in parentheses are for the Z-15HW52, Z-15HW78(-B) and Z-15H2(-B) models, the AC ratings of these models are 125 and 250 V only.

Z-15 (Flexible Rod Models)

Rated voltage	Non-inductive load (A)				Inductive load (A)			
	Resistive load		Lamp load		Inductive load		Motor load	
	NC	NO	NC	NO	NC	NO	NC	NO
125 VAC	15		2	1	7		2.5	2
250 VAC	15		1	0.5	5		1.5	1
8 VDC	15		2	1	7		3	1.5
14 VDC	15		2	1	7		3	1.5
30 VDC	2		2	1	1		1	0.5
125 VDC	0.4		0.4	0.4	0.03		0.03	0.03
250 VDC	0.2		0.2	0.2	0.02		0.02	0.02

Z-10F

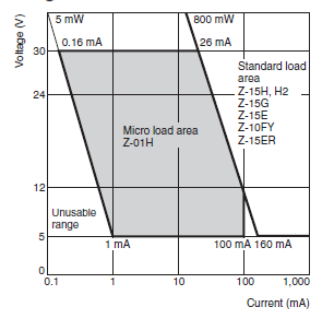
Contact gap	Item	Non-inductive load (A)				Inductive load (A)			
		Resistive load		Lamp load		Inductive load		Motor load	
		NC	NO	NC	NO	NC	NO	NC	NO
Series connection	125 VAC	10		4	2	6		5	2.5
	250 VAC	10		2.5	1.5	6		3	1.5
Parallel connection	30 VDC	10		4	2	6		6	3
	125 VDC	1		1	1	0.1		0.1	0.1
	250 VDC	0.6		0.6	0.6	0.05		0.05	0.05
Parallel connection	125 VAC	6		3	1.5	4		4	2
	250 VAC	6		2.5	1.25	4		2	1
	30 VDC	6		4	2	4		6	3
	125 VDC	0.6		0.6	0.6	0.1		0.1	0.1
250 VDC	0.3		0.3	0.3	0.05		0.05	0.05	

Z-01H

Rated voltage	Resistive load (A)	
	NC	NO
125 VAC	0.1	
8 VDC	0.1	
14 VDC	0.1	
30 VDC	0.1	

- Note: 1. The above current ratings are the values of the steady-state current.
 2. Inductive load has a power factor of 0.4 min. (AC) and a time constant of 7 ms max. (DC).
 3. Lamp load has an inrush current of 10 times the steady-state current.
 4. Motor load has an inrush current of 6 times the steady-state current.
 5. The normally closed and normally open ratings of reverse hinge lever models are opposite to each other.
 6. The AC ratings of molded terminals are 125 and 250 V only.
 7. The ratings values apply under the following test conditions:
 (1) Ambient temperature: 20±2°C
 (2) Ambient humidity: 65±5%RH
 (3) Operating frequency: 20 operations/min

Use the switch within the operating range.



	Z-01H	Z-15, Z-10FY
Minimum applicable load	5 VDC 1 mA	5 VDC 160 mA

Absolute Rotary Encoder E6C3-A

An Encoder That Offers Durability and Convenience

- IP65f drip-proof, oil-proof construction achieved with seal bearing.
- 8-mm-dia stainless steel shaft withstands a shaft loading of 80 N and 50 N respectively in the radial and thrust directions.
- Absolute Rotary Encoders have a metal slit plate to ensure high resistance to shock.
- Combining Absolute Rotary Encoders with a Programmable Controller or Cam Positioner allows ideal angle control.
- Bears CE markings (EMC Directives) and conforms to EN/IEC standards, making it suitable for the European market.



Ordering Information

Sensors

Supply voltage	Output form	Output code	Resolution (pulse/rotation)	Connection method	Model
12 to 24VDC	NPN open collector output	Gray code	256	Connector type	E6C3-AG5C-C
			256, 360, 720, 1,024		E6C3-AG5C
		Binary	32, 40		E6C3-AN5C
	PNP open collector output	BCD	6, 8, 12		E6C3-AB5C
		Gray code	256, 360, 720, 1,024		E6C3-AG5B
		Binary	32, 40		E6C3-AN5B
5 VDC 12 VDC	NPN voltage output	BCD	6, 8, 12	Pre-wired type	E6C3-AB5B
		Binary	256		E6C3-AN1E
					E6C3-AN2E

Note: 1. When ordering, specify the resolution in addition to the model numbers. (Example: E6C3-AG5C 360P/R 1M)
 2. Models with 2-m cables are also available as standard products. Specify the cable length at the end of the model number. (Example: E6C3-AG5C 360P/R 2M)
 3. When connecting to the H8PS, be sure to use the E6C3-AG5C-C 256P/R.

Accessories (Order Separately)

Item	Model	Remarks
Coupling	E69-C08B	---
	E69-C68B	Diameters of ends: 6 to 8 dia.
Flange	E69-FCA03	---
	E69-FCA04	E69-2 Servo Mounting Bracket provided.
Servo Mounting Bracket	E69-2	Provided with the E69-FCA04 Flange.
Extension Cable	E69-DF5	5 m
	E69-DF10	10 m
	E69-DF20	30 m
		Applicable for the E6C3-AG5C-C. 15- and 98-m-long Extension Cables are also available.

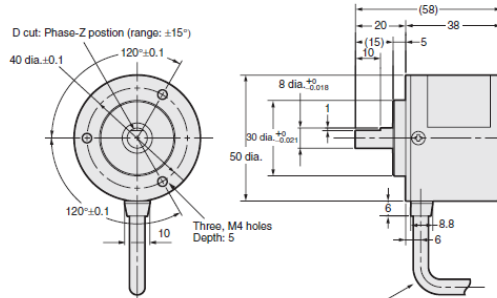
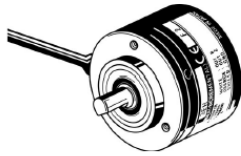
E6C3-A



Dimensions (Unit: mm)

Sensors

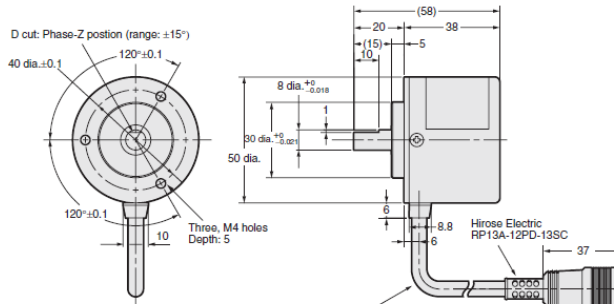
E6C3-A□5□
E6C3-AN□E



6 dia. oil-proof PVC, shielded 12-conductor cable
(conductor cross-section: 0.2 mm²; insulation diameter: 1.1 mm)
Standard length: 1 m

Note: E69-C08B is sold separately.

E6C3-AG5C-C



6-dia. oil-proof PVC, shielded 12-conductor cable
(conductor cross-section: 0.2 mm²; insulation diameter: 1.1 mm)
Standard length: 1 m

Note: E69-C08B is sold separately.

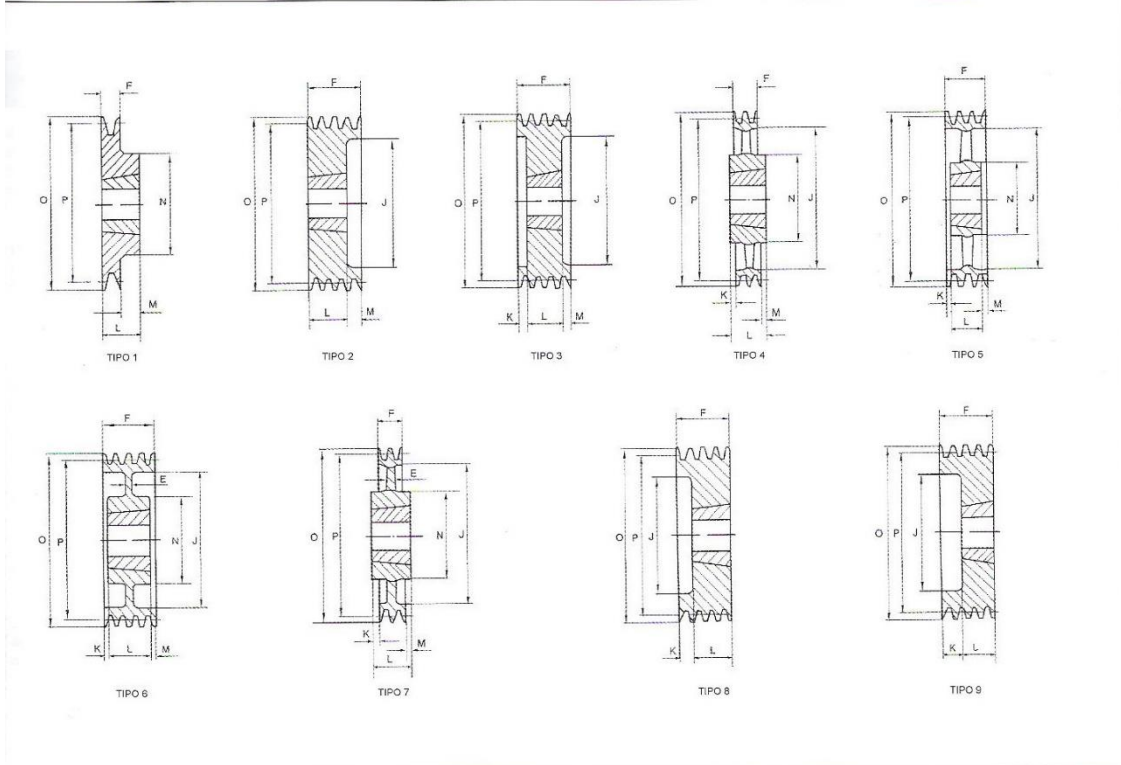
ALL DIMENSIONS SHOWN ARE IN MILLIMETERS.
To convert millimeters into inches, multiply by 0.03937. To convert grams into ounces, multiply by 0.03527.

Cat. No. F058-E2-01-X

In the interest of product improvement, specifications are subject to change without notice.



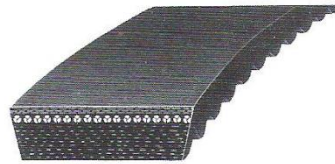
Polias Trapezoidais para Bússola Cônica



SPZ / Z - 1 GORNE

Referência	Nº Gornes	Diâmetro Primitivo	Diâmetro Externo	Tipo	Bussola Nº	Furo Máximo	E	F	J	K	L	M	N
Z 50-01	1	50,0	54,0	9	1008	25	-	37	28	15	22	-	-
Z 56-01	1	56,0	60,0	9	1008	25	-	37	23	15	22	-	-
Z 60-01	1	60,0	64,0	9	1008	25	-	22	-	-	22	-	-
Z 63-01	1	63,0	67,0	1	1108	28	-	16	-	-	22	6	62
Z 67-01	1	67,0	71,0	1	1108	28	-	16	-	-	22	6	62
Z 71-01	1	71,0	75,0	1	1108	28	-	16	-	-	22	6	62
Z 75-01	1	75,0	79,0	1	1108	28	-	16	-	-	22	6	62
Z 80-01	1	80,0	84,0	1	1210	32	-	16	-	-	25	9	75
Z 85-01	1	85,0	89,0	1	1210	32	-	16	-	-	25	9	75
Z 90-01	1	90,0	94,0	1	1210	32	-	16	-	-	25	-	75
Z 95-01	1	95,0	99,0	1	1210	32	-	16	-	-	25	9	75
Z 100-01	1	100,0	104,0	1	1210	32	-	16	-	-	25	9	75
Z 106-01	1	106,0	110,0	1	1610	42	-	16	-	-	25	9	80
Z 112-01	1	112,0	116,0	1	1610	42	-	16	-	-	25	9	80
Z 118-01	1	118,0	122,0	1	1610	42	-	16	-	-	25	9	80
Z 125-01	1	125,0	129,0	1	1610	42	-	16	-	-	25	9	80
Z 132-01	1	132,0	136,0	1	1610	42	-	16	-	-	25	9	80
Z 140-01	1	140,0	144,0	1	1610	42	-	16	-	-	25	9	80
Z 150-01	1	150,0	154,0	1	1610	42	-	16	-	-	25	9	80
Z 160-01	1	160,0	164,0	1	1610	42	-	16	-	-	25	9	80
Z 170-01	1	170,0	174,0	1	1610	42	-	16	-	-	25	9	80
Z 180-01	1	180,0	184,0	1	1610	42	-	16	-	-	25	9	80
Z 190-01	1	190,0	194,0	7	1610	42	-	16	161	-	25	9	80
Z 200-01	1	200,0	204,0	7	2012	50	-	16	172	-	32	16	100
Z 224-01	1	224,0	228,0	7	2012	50	15	16	196	-	32	16	100
Z 250-01	1	250,0	254,0	4	2012	50	-	16	222	8	32	8	100
Z 280-01	1	280,0	284,0	4	2012	50	-	16	252	8	32	8	100
Z 315-01	1	315,0	319,0	4	2012	50	-	1	287	8	32	8	100
Z 355-01	1	355,0	359,0	4	2012	50	-	16	326	8	32	8	112
Z 400-01	1	400,0	404,0	4	2012	50	-	16	371	8	32	8	112
Z 450-01	1	450,0	454,0	4	2517	60	-	16	421	14,5	45	14,5	120

Correias Variadoras



Referência	Perímetro Interno	ISO	Perímetro Primitivo	Referência	Perímetro Interno	ISO	Perímetro Primitivo
13 x 6 x 450	450	-	479	26 x 9 x 630	630	-	672
13 x 6 x 475	475	-	504	26 x 12 x 830	830	-	886
13 x 6 x 750	750	-	779	28 x 8 x 530	530	-	567
13 x 6 x 1000	1000	-	1029	28 x 8 x 605	605	-	642
17 x 6 x 471	471	W16	500	28 x 8 x 630	630	-	667
17 x 6 x 531	531	W16	560	28 x 8 x 650	650	-	687
17 x 6 x 550	550	-	579	28 x 8 x 700	700	-	737
17 x 6 x 570	570	-	599	28 x 8 x 750	750	-	787
17 x 6 x 601	601	W16	630	28 x 8 x 765	765	-	802
17 x 6 x 650	650	-	679	28 x 8 x 805	805	-	842
17 x 6 x 681	681	W16	710	28 x 8 x 850	850	-	887
17 x 6 x 1050	1050	-	1079	28 x 8 x 900	900	-	937
17 x 6 x 1151	1151	W16	1180	28 x 8 x 950	950	-	987
21 x 7 x 527	527	W20	560	28 x 8 x 1000	1000	-	1037
21 x 7 x 597	597	W20	630	28 x 8 x 1060	1060	-	1097
21 x 7 x 677	677	W20	710	28 x 8 x 1120	1120	-	1157
21 x 7 x 767	767	W20	800	28 x 8 x 1185	1185	-	1222
21 x 7 x 867	867	W20	900	28 x 8 x 1255	1255	-	1292
21 x 7 x 967	967	W20	1000	28 x 8 x 1305	1305	-	1342
22 x 8 x 550	550	-	587	28 x 8 x 1320	1320	-	1357
22 x 8 x 575	575	-	612	28 x 8 x 1400	1400	-	1437
22 x 8 x 600	600	-	637	28 x 8 x 1500	1500	-	1537
22 x 8 x 610	610	-	647	28 x 8 x 1705	1705	-	1742
22 x 8 x 650	650	-	687	30 x 10 x 755	755	-	802
22 x 8 x 675	675	-	712	30 x 10 x 800	800	-	847
22 x 8 x 700	700	-	737	30 x 10 x 875	875	-	922
22 x 8 x 750	750	-	787	30 x 10 x 900	900	-	947
22 x 8 x 800	800	-	837	30 x 10 x 925	925	-	972
22 x 8 x 850	850	-	887	30 x 10 x 950	950	-	997
22 x 8 x 900	900	-	937	30 x 10 x 1000	1000	-	1047
22 x 8 x 950	950	-	987	30 x 10 x 1120	1120	-	1167
22 x 8 x 1000	1000	-	1037	30 x 10 x 1180	1180	-	1227
22 x 8 x 1060	1060	-	1097	32 x 10 x 790	790	-	837
22 x 8 x 1120	1120	-	1157	32 x 10 x 1000	1000	-	1047
22 x 8 x 1180	1180	-	1217	33 x 10 x 748	748	W31,5	795
22 x 8 x 1250	1250	-	1287	33 x 10 x 788	788	W31,5	835
22 x 8 x 1400	1400	-	1437	33 x 10 x 818	818	W31,5	865
25 x 8 x 630	630	-	667	33 x 10 x 853	853	W31,5	900
25 x 8 x 655	655	-	692	33 x 10 x 898	898	W31,5	945
25 x 8 x 800	800	-	837	33 x 10 x 953	953	W31,5	1000
26 x 8 x 628	628	W25	665	33 x 10 x 1073	1073	W31,5	1120
26 x 8 x 655	655	-	692	33 x 10 x 1203	1203	W31,5	1250
26 x 8 x 673	673	W25	710	33 x 10 x 1353	1353	W31,5	1400
26 x 8 x 680	680	-	717	33 x 10 x 1553	1553	W31,5	1600
26 x 8 x 748	748	W25	785	33 x 10 x 1953	1953	W31,5	2000
26 x 8 x 750	750	-	787				
26 x 8 x 763	763	W25	800				
26 x 8 x 798	798	W25	835				
26 x 8 x 800	800	-	837				
26 x 8 x 850	850	-	887				
26 x 8 x 863	863	W25	900				
26 x 8 x 963	963	W25	1000				
26 x 8 x 1083	1083	W25	1120				
26 x 8 x 1213	1213	W25	1250				
26 x 8 x 1363	1363	W25	1400				
26 x 8 x 1563	1563	W25	1600				



SPZ



SPZ

Correias secção "SPZ"				Correias secção "SPZ"			
Referência	Perímetro Primitivo	Referência	Perímetro Primitivo	Referência	Perímetro Primitivo	Referência	Perímetro Primitivo
SPZ 487	487	SPZ 1037	1037	SPZ 1537	1537	SPZ 2750	2750
SPZ 500	500	SPZ 1047	1047	SPZ 1550	1550	SPZ 2800	2800
SPZ 512	512	SPZ 1050	1050	SPZ 1562	1562	SPZ 2840	2840
SPZ 562	562	SPZ 1060	1060	SPZ 1587	1587	SPZ 2850	2850
SPZ 587	587	SPZ 1080	1080	SPZ 1600	1600	SPZ 2900	2900
SPZ 600	600	SPZ 1087	1087	SPZ 1612	1612	SPZ 3000	3000
SPZ 612	612	SPZ 1090	1090	SPZ 1637	1637	SPZ 3070	3070
SPZ 630	630	SPZ 1100	1100	SPZ 1650	1650	SPZ 3150	3150
SPZ 637	637	SPZ 1112	1112	SPZ 1662	1662	SPZ 3250	3250
SPZ 650	650	SPZ 1120	1120	SPZ 1675	1675	SPZ 3350	3350
SPZ 657	657	SPZ 1125	1125	SPZ 1687	1687	SPZ 3450	3450
SPZ 662	662	SPZ 1137	1137	SPZ 1700	1700	SPZ 3505	3505
SPZ 670	670	SPZ 1140	1140	SPZ 1732	1732	SPZ 3550	3550
SPZ 675	675	SPZ 1147	1147	SPZ 1737	1737	SPZ 3650	3650
SPZ 687	687	SPZ 1150	1150	SPZ 1750	1750	SPZ 3750	3750
SPZ 710	710	SPZ 1162	1162	SPZ 1762	1762	SPZ 3850	3850
SPZ 722	722	SPZ 1180	1180	SPZ 1787	1787	SPZ 4100	4100
SPZ 725	725	SPZ 1187	1187	SPZ 1800	1800		
SPZ 730	730	SPZ 1200	1200	SPZ 1837	1837		
SPZ 737	737	SPZ 1202	1202	SPZ 1850	1850		
SPZ 750	750	SPZ 1212	1212	SPZ 1882	1882		
SPZ 760	760	SPZ 1220	1220	SPZ 1887	1887		
SPZ 762	762	SPZ 1237	1237	SPZ 1900	1900		
SPZ 772	772	SPZ 1250	1250	SPZ 1937	1937		
SPZ 787	787	SPZ 1262	1262	SPZ 1950	1950		
SPZ 800	800	SPZ 1270	1270	SPZ 1987	1987		
SPZ 810	810	SPZ 1275	1275	SPZ 2000	2000		
SPZ 812	812	SPZ 1280	1280	SPZ 2030	2030		
SPZ 825	825	SPZ 1287	1287	SPZ 2037	3037		
SPZ 837	837	SPZ 1300	1300	SPZ 2060	2060		
SPZ 850	850	SPZ 1302	1302	SPZ 2120	2120		
SPZ 862	862	SPZ 1312	1312	SPZ 2137	2137		
SPZ 875	875	SPZ 1320	1320	SPZ 2160	2160		
SPZ 887	887	SPZ 1337	1337	SPZ 2180	2180		
SPZ 890	890	SPZ 1340	1340	SPZ 2240	2240		
SPZ 900	900	SPZ 1347	1347	SPZ 2280	2280		
SPZ 912	912	SPZ 1350	1350	SPZ 2300	2300		
SPZ 925	925	SPZ 1360	1360	SPZ 2360	2360		
SPZ 937	937	SPZ 1362	1362	SPZ 2410	2410		
SPZ 950	950	SPZ 1387	1387	SPZ 2430	2430		
SPZ 962	962	SPZ 1400	1400	SPZ 2437	2437		
SPZ 975	975	SPZ 1412	1412	SPZ 2500	2500		
SPZ 987	987	SPZ 1420	1420	SPZ 2540	2540		
SPZ 1000	1000	SPZ 1437	1437	SPZ 2550	2550		
SPZ 1010	1010	SPZ 1450	1450	SPZ 2580	2580		
SPZ 1012	1012	SPZ 1462	1462	SPZ 2650	2650		
SPZ 1020	1020	SPZ 1487	1487	SPZ 2680	2680		
SPZ 1024	1024	SPZ 1500	1500	SPZ 2690	2690		
SPZ 1025	1025	SPZ 1512	1512	SPZ 2700	2700		
SPZ 1030	1030	SPZ 1520	1520	SPZ 2720	2720		



Instituto Politécnico de Tomar

www.ipt.pt