INSTITUTO POLITÉCNICO
DE VIANA DO CASTELO

José Manuel Patrício Carreiras

SISTEMA HÍBRIDO DE PRODUÇÃO DE ENERGIA PARA SISTEMA DE COMUNICAÇÕES RÁDIO

Mestrado em Sistemas de Energias Renováveis
Área / Designação do Mestrado

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor Paulo Costa

Escola Superior de Tecnologia e Gestão, 31 de dezembro de 2013

RESUMO

SISTEMA HÍBRIDO DE PRODUÇÃO DE ENERGIA PARA SISTEMA DE COMUNICAÇÕES RÁDIO

Este trabalho de projeto incidiu sobre o dimensionamento de cinco sistemas Autónomos de produção de energia para alimentação de Pontos repetidores do sistema de comunicação e sua implementação.

O presente trabalho iniciou-se em 2006 quando por motivos profissionais foi necessário construir um sistema de comunicação de suporte ao sistema de telegestão para gestão da água nas bacias hidrográficas dos rios Minho e Lima (ETAR's, ETA's, Estações elevatórias e Reservatórios).

A área de implantação do referido sistema é extremamente acidentada em termos de relevo, tornando-se um desafio interessante no desenvolvimento de solução de comunicação de baixo custo de exploração controlado por sistema rádio frequência.

O sistema híbrido para alimentação de energia a torres de comunicações surge quando dos primeiros levantamentos no terreno se verificou que muitas das torres de suporte ao sistema principal (rede *Backbone*), se situavam em locais onde seria muito difícil a construção de ramais de alimentação de energia em baixa tensão. Nesse sentido foi solicitada a escolha de uma solução fiável que permitisse o funcionamento e continuidade de serviço para esses locais.

Foi desenhada a solução com uma equipa de projeto responsável pela área da energia e instalações elétricas e após conclusão do processo de concurso passou-se à instalação. A solução adotada foi um sistema hibrido de sistema fotovoltaico, eólico e um sistema de emergência suportado por gerador a *diesel*. Após implementação verifica-se que o sistema funciona com 80% de eficiência com recurso a energias renováveis e 100% com recurso ao sistema de emergência (gerador a *diesel*). No entanto os custos deste sistema ultrapassaram 25% o valor esperado.

Neste trabalho é apresentado um exemplo completo de um sistema hibrido, com resultados obtidos e tratamento de dados. O exemplo selecionado foi o ponto repetidor localizado em Formariz – Paredes de Coura.

Como conclusão deste trabalho sobressai a evidência de funcionamento do sistema a 100% garantindo assim a interligação completa do anel de *Backbone* do sistema de comunicações e a correta monitorização ambiental do sistema de gestão de águas das bacias dos rios Minho e Lima.

31 de dezembro de 2013

ABSTRACT

HYBRID SYSTEM OF ENERGY PRODUCTION FOR RADIO COMMUNICATION SYSTEM

Project work focused on the design and sizing five autonomous systems of energy production to power repeaters Points of communication and its implementation system.

This work was initiated in 2006 for professional reasons when it was necessary to build a communication system to support remote management system for water management in the basins of rivers Minho and Lima (ETAR's, ETA 's, pumping stations and reservoirs).

The area of deployment of such a system is extremely rugged in terms of relief, making it an interesting challenge in developing communication solution with cost of operation controlled by radio frequency system.

The hybrid power supply system for the communications towers arises when the first field surveys we found that many of the strut towers to the main system (backbone network), were located in places where it would be very difficult to build extensions power supply at low voltage. This direction was prompted to choose a reliable solution that would allow the operation and continuity of service to these locations.

The solution has been designed with a project team responsible for the energy and electrical installations and after completion of the tendering process was passed to the installation.

The solution adopted was a hybrid system of photovoltaic and wind and supported by diesel generator backup system. After implementation it appears that the system operates with 80 % efficiency with the use of renewable energy and 100 % using the local emergency system (diesel generator). However the costs of the system exceeded 25 %, the expected value.

In this work a complete example of a hybrid system, with results and treatment data is presented. The selected example was the point repeater located in Formariz - Paredes de Coura.

As a conclusion of this work stands the evidence system operating at 100 % thus ensuring full interconnection of the ring backbone of the communications system and the correct environmental monitoring of water management in the basins of the rivers Lima and Minho system.

31st December 2013

Agradecimentos

Embora se trate de um trabalho de projeto/estágio, há contributos que não podem ficar esquecidos nem devem deixar de ser realçados.

Desde o início do mestrado, contei com a confiança e o apoio de inúmeras pessoas. Sem esses contributos, esta aventura não teria sido possível.

Ao Professor Doutor Paulo Costa e Professora Doutora Preciosa Pires, orientador da dissertação e Coordenadora do Curso, agradeço o apoio, a partilha do saber e as valiosas contribuições para o trabalho. Pela competência com que orientaram este meu trabalho e pela sua crítica sempre tão atempada, como construtiva.

Um sentido agradecimento aos meus colegas de trabalho pela amizade companheirismo e encorajamento e de um modo especial ao Narciso Pegas que me ajudou na recolha de elementos.

Sou muito grato a todos os meus familiares pelo incentivo recebido ao longo destes anos, principalmente à minha Esposa, Daniela Carreiras e aos meus filhos Margarida, Rita e José Miguel, que agradeço toda a atenção, tempo, apoio e o amor que me dedicaram, sem reservas.

Por último, e não menos importante, quero agradecer às colegas de Mestrado Joana Montenegro e Diana Kaná pelo incentivo e apoio em todos os trabalhos de grupo realizados.

O meu profundo e sentido agradecimento a todas as pessoas que contribuíram para a concretização desta dissertação, estimulando-me intelectual e emocionalmente.

Obrigado

Índice:

Índice de Figuras

Índice de Tabelas

SÍMBOLO	UNIDADE	DENOMINAÇÃO
Vcc	Volts(V)	Tensão contínua
VB	Volts(V)	Tensão nos terminais da bateria
DC	(A)	Corrente contínua
AC	(A)	Corrente alternada
IN	(A)	Corrente nominal
VN	(A)	Tensão nominal
CB	(Ah)	Capacidade de corrente da bateria
VE	(V)	Tensão no emissor do transistor
VB	(V)	Tensão na base do transistor
VTurb	(V)	Tensão gerada pela turbina eólica
F	Hertz(Hz)	Freqüência
Vdc	(V)	Tensão em corrente continua
Vac	(V)	Tensão em corrente alternada
CC	(A)	Corrente contínua
CA	(A)	Corrente Alternada
Ccg	(A)	Capacidade do controlador de carga
Isc	(A)	Intensidade de sobre corrente (corrente de curto circuito)
BLO		Battery life Optimization (Coeficiente de optimização da vida útil da bateria)
Ce	(Ah)	Capacidade maxima energetica de uma bateria
Ah	(Ah)	Capacidade de corrente de uma bateria
P (dmax)		Profundidade maxima de descarga de uma bateria
Cb		Capacidade energetica util de uma bateria
N	(dias)	Numero de dias de autonomia sem presença de elementos naturais (Sol e vento)
Cd		Capacidade diária estimada do sistema mais as perdas
PBb	(Ohms)	Perdas no banco de baterias
Cbb	(Wh)	Consumo Total
nb		Numero de baterias do banco (numero sempre par)
Fce		Factor de capacidade do gerador eólico
Pge	(W)	Potencia do gerador
Pce	(W)	Potencia de consumo estimada
Fc		Factor de carga da instalação
Pd	(W)	Potencia de dimensionamento
Cdc	(A)	Consumo diário estimado do sistema acrescido das perdas
HS	(h)	Horas de Sol
Psist.	(Ohms)	Perdas do sistema
AdNW		Águas do Noroeste, S.A.
VAWT		Turbina eólica de eixo vertical *(Vertical Axis Wind Turbine)*
HAWT		Turbina eólica de eixo horizontal *(Horizontal Axis Wind Turbine)*
BLO		BATTERY LIFE OPTIMIZATION
S	mm^2	Secção dos condutores
L	m	Comprimento
P	W	Potencia
U	V	Tensão

Capítulo 1

1 Introdução

No decorrer do ano de 2006 e na sequência da necessidade de instalação de rede de comunicações, para monitorização de sistema de gestão de abastecimento público e tratamento de água nas bacias hidrográficas dos rios Minho e Lima.

Foi constituído um grupo de trabalho formado por técnicos de diferentes áreas ao serviço da empresa, para o levantamento das condições de implantação, construção e colocação em serviço de rede de comunicações, cuja intenção é a cobertura total do sistema multimunicipal de abastecimento e saneamento dos Municípios limítrofes das bacias hidrográficas dos Rios Minho e Lima.

Seguiu- se o lançamento de projeto a nível comunitário para eventual concretização e financiamento.

Após a seleção do tipo de rede de comunicações, surgiram à equipa 4 opções:

1. Instalação em fibra ótica, construção de rede de tubagem subterrânea e enfiamento de cabos, esta opção não foi autorizada por imposição de diretiva legal aplicada a empresas do Grupo Águas de Portugal, foi a empresa obrigada a suspender a sua instalação.
2. Rede de comunicações em radio frequência
3. Rede de comunicações mista, rádio frequência na rede principal e comunicação suportada por operadores na capilaridade
4. Rede de comunicações na totalidade suportada por operadores de redes de comunicações.

A rede selecionada foi a segunda opção na condição de utilizar a largura de banda de frequência cuja utilização é gratuita, que teria esse fator como principal vantagem, a gratuitidade de utilização durante o período de concessão.

Esta seleção despoletou um processo de levantamento das condições de instalação no terreno, observando as orientações e necessidades levantadas pelas características da área geográfica a servir.

Verificou-se então que para construção da rede principal de suporte à circulação de dados através de sistema rádio, seria necessário implantar torres em locais (cinco) onde não existe rede pública de distribuição de energia de forma utilizável, em baixa tensão.

1.1 Motivação

A dificuldade atrás referida obrigou o Departamento de instalações elétricas e energia a procurar formas de alimentação de energia aos referidos locais, para permitir a continuidade do processo.

Grande parte dos locais de implantação das torres são Parques eólicos, ou com relevo bastante elevado a maioria destes pontos apesar de serem produtores de energia, não permite a ligação de energia direta ao local.

O nível de tensão de produção do local e as condicionantes legais associadas ao ponto de interligação com a rede e o regime de exploração, não permitiriam uma alimentação próxima e constante que seria sempre em Média Tensão, obrigando à existência de Postos de transformação, que não teriam uma implantação fácil.

Esta dificuldade possibilitou que na qualidade de técnico responsável à data pelo Departamento de instalações elétricas e energia realizasse estudo com vista à determinação das potências necessárias de consumo elétrico em cada uma das antenas, tendo-se chegado à conclusão que as potências necessárias são reduzidas.

Este estudo e o conhecimento que o tipo de alimentação de energia possível a partir da rede pública obrigava à construção de posto de transformação e ramal em Média Tensão, infra estruturas que implicam valores consideráveis de investimento, aliado ao conhecimento que neste tipo de infra estruturas teríamos como maior potência de consumo as perdas por efeito de Joule, ou perdas no ferro no transformador de potência, motivaram a realização de proposta à equipa de projeto para desenvolvimento de sistema baseado principalmente na utilização de energias renováveis existentes em cada local.

Estas dificuldades motivaram já no ano de 2008 o desenvolvimento de projeto de sistema hibrido que permitisse a produção de energia de forma fiável e com continuidade de fornecimento, por forma a evitar interrupções de serviço.

Foi então desenhado sistema hibrido isolado com recurso a energias renováveis disponíveis em cada local (eólica e solar) socorrido pela utilização de Grupo gerador acionado por motor de combustão.

Este sistema seria dimensionado de acordo com as potências dos equipamentos a instalar em cada um dos locais, o projeto e respetivo orçamento foi aprovado superiormente na empresa e a nível europeu tendo sido lançado o concurso para concretização do projeto no ano de 2009/2010.

O concurso mencionado foi adjudicado a uma das empresas concorrentes tendo-se iniciado a sua construção no último trimestre do ano de 2011, a obra tinha um período de execução estimado de um ano e meio, estimando-se a sua colocação em serviço no final de 2012. O facto de ser necessário a disponibilização de terrenos, licenças e a concretização dos trabalhos, motivou uma derrapagem temporal, tendo o inicio de testes e validação de funcionamento sido iniciada no 1º semestre de 2013.

1.2 Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é apresentar um projeto de dimensionamento de um exemplar dos sistemas híbridos dimensionados e instalados para alimentação de energia a torres de comunicações rádio, localizada em local que não é servido pela rede pública de distribuição de energia.

Como fator complementar tornou-se também objetivo principal, minimizar o funcionamento do sistema de alimentação de energia de reserva (Grupo Gerador a combustível fóssil), rentabilizando ao máximo a utilização de energias renováveis e minimizando os custos de exploração.

Como em qualquer outro sistema de dimensionamento estes sistemas não foram dimensionados de uma forma estanque pelo que lhe foi conferido um coeficiente multiplicativo em relação à potência de utilização que permitirá possíveis aumentos de potência de consumo.

1.3 Estrutura do trabalho de projeto

O presente trabalho de projeto pretende documentar o encadeamento de processos conducentes à correta instalação de um sistema hibrido de produção de energia em locais onde o fornecimento de energia a partir da Distribuição Publica não é possível ou obriga a investimentos elevados em equipamentos cuja mínima potência de instalação é bastante elevada em relação à real necessária.

1. Identificação dos locais
2. Avaliação do potencial de aproveitamento de energias renováveis
3. Implantação no local
4. Projeto e Construção
5. Colocação em serviço

1.4 Etapas do projeto

O relatório abaixo pretende esquematizar todas as etapas percorridas desde a ideia até à colocação em funcionamento de um Sistema híbrido de produção de energia para alimentação de antena de telecomunicações via rádio.

As etapas percorridas foram a ideia e a caracterização do Projeto onde se explora todas as possibilidades de fornecimento de energia elétrica à antena na localização pretendida.

Na etapa seguinte de desenvolvimento do projeto ocorre a avaliação do mercado tecnológico mediante a seleção de equipamentos, forma de montagem e de funcionamento.

A etapa seguinte denominada por Implantação e caracterização dos recursos é o momento de todos os projetos em que se passa do papel para o terreno, nesta fase escolhe-se o melhor posicionamento dos diferentes equipamentos levando em consideração as formas do local e a melhor forma de aproveitar as características naturais do local para a produção de energia.

Após a instalação chegou o momento de verificar o funcionamento do sistema, procedeu-se então à recolha de dados constantes nos equipamentos e a monitorização dos equipamentos da antena após sua colocação em serviço, ainda que em testes tendo-se obtido os resultados apresentados e permitido as conclusões presentes no último capítulo.

Capítulo 2

2 Caracterização do Projeto

2.1 Caracterização do projeto

Quando se torna necessário garantir a alimentação de energia a um determinado local a 1ª opção é sempre o recurso ao distribuidor público de energia, esta opção configura um grau de segurança elevado na garantia de fornecimento mas nem sempre se torna a solução mais económica. Acrescidos aos custos de investimento (construção de ramal, condições de alimentação, etc.) aparecem os custos relacionados com o consumo de energia.

Os custos relacionados com o consumo são cada ano que passa mais elevados, tornando a energia um bem cada vez mais essencial e dispendioso.

Conforme referido anteriormente e porque as redes públicas nem sempre satisfazem a disponibilidade de energia em todos os locais foram desenvolvidos numerosos equipamentos e sistemas que permitem garantir o fornecimento de energia nesses locais.

1. Grupos geradores a combustíveis fósseis
2. Sistemas de painéis fotovoltaicos
3. Turbinas eólicas
4. Sistemas híbridos

Todos estes sistemas com exceção dos grupos geradores a combustíveis fósseis, permitem de uma forma ecológica, garantir o fornecimento de energia num determinado local.

2.2 Soluções tecnológicas

2.2.1 Grupos geradores a combustíveis fósseis

Os grupos geradores a combustíveis fósseis (figura 1) têm uma grande facilidade de implementação e colocação em serviço, são equipamentos pouco ecológicos, mas que com grande rapidez e facilidade de instalação permitem garantir a disponibilidade de energia para qualquer potência e em alguns casos com elevada portabilidade e mobilidade.

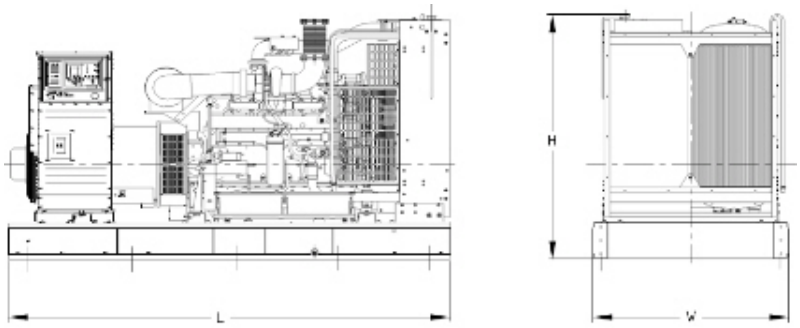


Figura 1 - Esquema Gráfico de Grupo Gerador

Para garantia de funcionamento o equipamento consome combustível obtido a partir de combustível fóssil (*diesel*, gasolina ou gás) tornando o equipamento pouco amigo do ambiente pois tem elevadas emissões de dióxido de carbono, a potência afeta proporcionalmente o aumento e diminuição de consumo de combustível.

Os fabricantes têm desenvolvido inúmeras melhorias nestes equipamentos a nível da sua insonorização, melhoria de desempenho, dimensões, proteções, etc.

Tornou-se um equipamento necessário para qualquer sistema de emergência onde se pretende garantir o funcionamento de equipamentos dependentes de eletricidade, até retorno das garantias normais de abastecimento ou de reposição de condições de segurança (sistemas de pressurização de águas para incêndios, elevadores, iluminação de emergência, etc.) este facto associado à facilidade de instalação tornou este equipamento uma referência sempre que não é possível o fornecimento de energia elétrica da forma tradicional e a mesma é necessária a que um determinado equipamento funcione.

2.2.2 Sistemas de painéis fotovoltaicos

A cada minuto incide sobre a superfície da terra mais energia vinda do sol do que a energia total solicitada por todos os habitantes de nosso planeta num ano. Por meio da conversão fotovoltaica a energia contida na luz do sol pode ser transformada diretamente em energia elétrica. (1)

Este método de conversão energética apresenta como grandes vantagens sua extrema simplicidade, a inexistência de qualquer peça mecânica móvel, a sua característica modular (desde mW até MW), os curtos prazos de instalação e colocação em funcionamento, o elevado grau de confiança dos sistemas e sua baixa manutenção.

Além disto, os sistemas solares fotovoltaicos representam uma fonte silenciosa, não-poluente e renovável de energia elétrica bastante adequada à integração no meio urbano e rural, reduzindo quase que completamente as perdas por transmissão da energia devido à proximidade entre produção e consumo. (2)

Esta fonte de energia, tradicionalmente atrativa em sítios onde a rede elétrica convencional por qualquer motivo não é distribuída, começa agora também a ser economicamente interessante em aplicações ligadas à rede elétrica pública.

Os Painéis solares fotovoltaicos baseados na tecnologia tradicional do silício cristalino (tanto na forma monocristalina m-Si, como na forma policristalina p-Si, denominados genericamente por c-Si), sofreram uma redução de custos apreciável desde suas primeiras aplicações no fornecimento de energia elétrica para satélites. (3)

Os sistemas híbridos baseados na utilização de painéis solares caracterizam-se pela necessidade de um sistema acumulador de energia, onde a energia produzida pelos painéis fotovoltaicos é armazenada e distribuída aos pontos de consumo.

Dada a característica intermitente da produção fotovoltaica, o sistema acumulador é parte imprescindível, constituindo um dos componentes com mais elevado custo e o “tendão de Aquiles” do sistema, porque são os equipamentos de mais elevado custo, em contraste com os painéis fotovoltaicos necessitam muita manutenção e têm uma vida útil quatro a seis vezes inferior à dos painéis.

No entanto, este é o tipo de sistema atualmente economicamente competitivo com formas mais convencionais de produção, os elevados custos envolvidos por estes sistemas são facilmente comparáveis à construção de extensão da rede elétrica pública para atender a pequenas potencias elétricas de consumo.

Sistemas autônomos deste tipo, são normalmente utilizados quando o custo de prolongar a rede elétrica pública for proibitivo, ou quando o local é de difícil acesso. Numa instalação fotovoltaica, os painéis solares podem ser montados com uma orientação fixa, ou podem estar acoplados a uma estrutura que permita, em um ou dois eixos, o acompanhamento do deslocamento relativo do sol ("tracking systems"), procurando desta forma maximizar a extração de energia. Existem dois tipos de sistemas seguidores passivos e seguidores ativos.

Seguidores passivos

Os painéis fotovoltaicos fixos não dispõem de qualquer tipo de sistema que permita mobilidade.

Seguidores ativos

Este tipo de seguidor é baseado na expansão térmica de um líquido do tipo *Freon* (15). Este tipo de gás aumenta de volume quando sujeito ao aumento de temperatura, o gás ao expandir vai provocar o movimento dos painéis solares de uma forma já definida no sentido de os apontar para o sol. Na Figura 2 pode ver-se um exemplo deste tipo de seguidor. Nesta figura o gás é colocado em tubos, um de cada lado do painel, ao aquecer o gás vai passar para o estado gasoso e condensar no tubo do lado oposto, provocando o movimento.

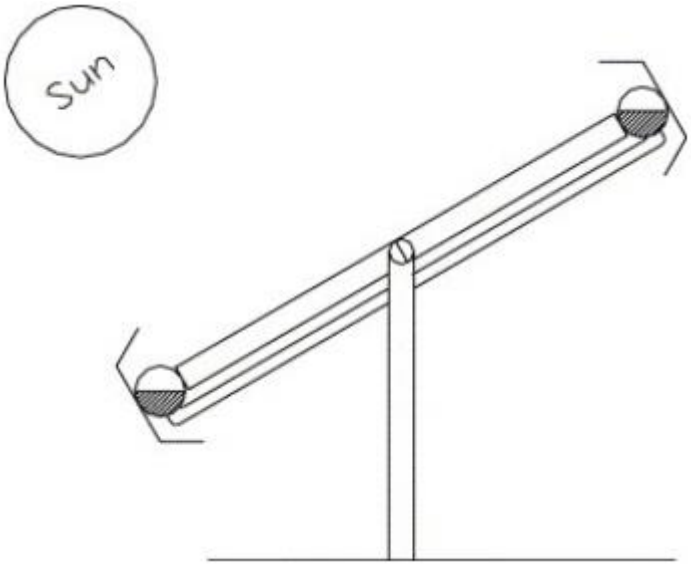


FIGURA 2 - SEGUIDOR SOLAR PASSIVO

O problema deste tipo de seguidor é o facto de ter baixa precisão e só ser aplicável em locais que sofram uma variação térmica suficiente para provocar a expansão do gás. A vantagem é o facto de ser muito simples e de não usar motores para o movimento

Seguidores ativos (dois eixos)

São seguidores que podem fazer o seguimento por diferentes métodos, podem utilizar sensores ou algoritmos cronológicos do "movimento" do sol e vão ser responsáveis por fazer o seguimento do sol de forma ativa ao fazer atuar algum tipo de motor. A sua classificação pode ser feita em relação ao seu movimento eixo, da seguinte forma um dos mais utilizados é o seguidor de dois eixos. (3)

Este seguidor (figura 3) tem um poste vertical que vai permitir movimento segundo o eixo E-W e uma travessa horizontal que vai permitir movimento segundo o eixo N-S. A armação sobre a qual os painéis vão ser montados está presa ao poste que permite o movimento N-S. Até hoje são o tipo de seguidor mais comum, usado principalmente nos parques solares e em instalações de grandes dimensões.
A grande desvantagem deste tipo de seguidor é o esforço a que estão sujeitos, principalmente devido ao seu peso e ao facto de que tem que ser bloqueados sempre que se registar muito vento.

FIGURA 3 - SEGUIDOR SOLAR DOIS EIXOS

Em sistemas fotovoltaicos autônomos de orientação fixa, o conjunto de painéis é normalmente orientado de forma a maximizar a captação solar nos meses de inverno, quando a disponibilidade solar é menor e o consumo muitas vezes maior que o dos meses de verão (perfil de consumo sazonal).

2.2.3 Turbina micro-eólica

A energia eólica tem sido utilizada há milhares de anos, nas aplicações mais diversas. A história da navegação regista o acionamento dos barcos usando a energia dos ventos desde os primórdios da humanidade.

A história faz registos do uso de moinhos de vento no Japão e na China em 2000 a.C. e na Babilônia em 1700 a.C.. Por volta do ano 200 a.C., na Pérsia (atual Iraque), usava-se a força da energia eólica para bombeamento de água e moagem de grãos (Figura 4).
As novas formas de utilizar a energia do vento, espalharam-se pelo mundo. Até ao século 11, as pessoas do Médio Oriente usavam moinhos de vento para a produção de alimentos (sistemas de captação de água, rega, etc.).
Com as visitas de comerciantes e a passagem de cruzados nas diversas invasões históricas trouxeram estas ideias para a Europa. Os holandeses refinaram o moinho de vento e adaptaram-no para drenar lagos e pântanos no delta do rio Reno.

Quando os colonos levaram essa tecnologia para o Novo Mundo no final do século 19, começaram a usar-se os moinhos de vento para captar água para fazendas e ranchos, e mais tarde, para produzir energia elétrica para residências e indústrias.
A industrialização, primeiro na Europa e depois nos Estados Unidos, levou a um declínio gradual no uso de moinhos de vento. O motor a vapor substituiu os moinhos de vento de bombeamento de água europeus. Na década de 1930, os programas da Administração de Eletrificação Rural trouxeram energia elétrica barata para a maioria das áreas rurais nos Estados Unidos e Europa.
Na Dinamarca, o uso da energia eólica para produção de energia elétrica já completou seu primeiro centenário. (4)

FIGURA 4 - MINHO DE VENTO CAPTAÇÃO DE ÁGUA

A energia eólica é "limpa" com baixo custo operacional e de manutenção, assim como a hidroelétrica, pois o seu "combustível" é fornecido gratuitamente pela natureza.

A energia eólica compete diretamente com a energia solar e a hídrica, no entanto os custos de instalação e potência instalada são mais favoráveis para esta ultima.

Para aproveitamento da energia eólica em eletricidade, existem hoje em dia no mundo, duas opções turbinas eólicas de eixo vertical VAWT (do inglês *Vertical Axis Wind Turbine*) e turbinas eólicas de eixo horizontal HAWT (do inglês Horizontal *Axis Wind Turbine*).

As turbinas eólicas de eixo vertical VAWT (Figura 5) derivam a sua força a partir de princípios aerodinâmicos com base no arrasto, principalmente na microprodução onde estas parecem trazer mais vantagens pois são de fácil manutenção, produzem menor ruído e não necessitam de alinhamento com o vento reduzindo os custos de produção de energia.

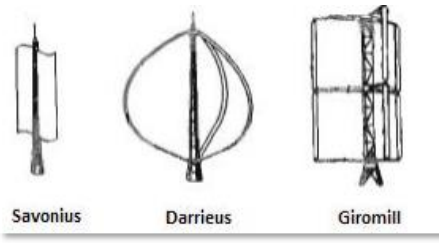


FIGURA 5 - FORMAS DE TURBINAS EÓLICAS DE EIXO VERTICAL

O uso das turbinas tipo VAWT apresenta vantagens estéticas na sua utilização no caso de ambientes urbanos ou locais com condições atmosféricas intensas.

Este tipo de turbina tem uma desvantagem enorme pois, necessita normalmente de sistema de arranque, o alinhamento vertical do eixo permite a localização do gerador a alturas mais baixas, inclusive, no chão. No entanto o rendimento é inferior às HAWT.

As turbinas tipo HAWT (Figura 6) produzem energia que não é aproveitada durante o alinhamento da turbina com o vento. No caso do sistema de alinhamento ser do tipo ativos, existe consumo de energia.

Os rotores de eixo horizontal são mais comuns, e grande parte das experiências internacionais estão voltadas para a sua utilização.

São predominantemente movidos por forças de sustentação, atuam perpendicularmente ao escoamento e devem possuir mecanismos capazes de permitir que o disco varrido pelas pás esteja sempre em posição perpendicular ao vento.

As turbinas tipo HAWT apresentam um rendimento aerodinâmico superior às de eixo vertical, estão menos expostas aos esforços mecânicos e o seu custo de produção e instalação é mais baixo.

A colocação da turbina no topo é a forma mais utilizada por ser a mais simples e a que conduz a melhores resultados para grandes potências; são menores os esforços de manobra e melhor a estabilidade. As pás da turbina devem sempre ser orientadas segundo a direção do vento, para o que existem dispositivos
Mecânicos de orientação.

Atualmente, as eólicas de eixo horizontal com um rotor do tipo hélice, representam um interesse importante para a produção de electricidade em grande escala. (16)

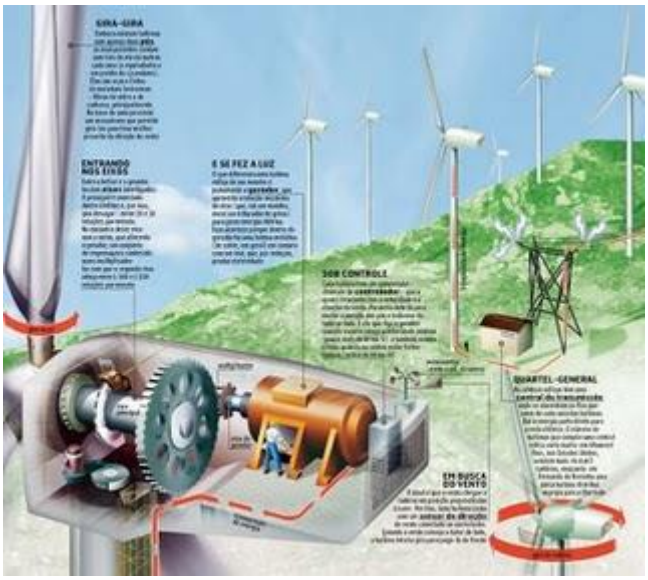


FIGURA 6 - TURBINA EIXO HORIZONTAL

Desde então, muito já se pesquisou para que a produção de energia elétrica obtida a partir de turbinas eólicas seja cada vez mais atrativa tanto do ponto de vista técnico como econômico.

2.2.4 Sistemas híbridos

Os sistemas híbridos conjugam a utilização de várias fontes de energia, de preferência com características renováveis. Este tipo de sistema tem um custo elevado de instalação e destina-se principalmente a locais onde não existam condições de estabelecimento de rede elétrica, como locais isolados com relevo ou condições naturais a preservar. (5)

O desenvolvimento tecnológico que tem vindo a ocorrer nos sistemas de captura de fontes renováveis solares, eólicos, hídricos e os sistemas eletrónicos de conversão e de acumulação de energia permitiu o projeto de diferentes configurações para sistemas híbridos, permitindo a existência de sistemas que utilizam só Corrente Continua (CC), sistemas que utilizam formas mistas de corrente (CC/CA) e sistemas que utilizam só Corrente Alternada (CA).

O sistema desenvolvido e aprovado por AdNW assenta na utilização de Corrente Continua (CC) em todo o barramento primário, devido ao facto dos equipamentos selecionados para produção de energia a partir de fonte renovável já realizarem de forma direta ou indireta este tipo de produção (Painéis fotovoltaicos e turbina eólica) a única fonte de produção de energia em CA (Grupo Gerador a *diesel*) considerado sistema de emergência, sendo pretensão da Equipa Técnica, a sua mínima utilização. O sistema de comutação entre os sistemas produtores em CC e o sistema de emergência que produz energia em CA é controlado por uma fonte de alimentação comutada com regulação de tensão.
A tensão na entrada da fonte é comparada entre a saída de tensão do banco de baterias destinado a garantir a autonomia do sistema e o nível de tensão estabelecido na entrada da fonte de alimentação. O nível de tensão estabelecido corresponde a – 10% do valor da tensão nominal correspondendo a 48V – 4,8 V= 43,2 V (CC).
Se a tensão do barramento CC (baterias) descer abaixo de 43,2V é dada uma ordem de arranque ao gerador *diese*l e após este arranjar alimenta dois retificadores que retificam a tensão carregando as baterias e garantindo que o fornecimento de energia às cargas não é interrompido.

Quando este valor é atingido a fonte de alimentação dispõe de contacto seco que permitirá sinalizar e dar ordem de arranque ao grupo de emergência que injetará na entrada de Corrente Alternada (CA) da fonte de alimentação e iniciando desta forma em regime de emergência o carregamento do banco de baterias.

O Grupo eletrogéneo e fonte de conversão CA/CC foram calculados para que os níveis de tensão do banco de baterias sejam repostos no máximo em 2 h, reduzindo os tempos de funcionamento do grupo e melhorando e aperfeiçoando a dependência das fontes renováveis, eólica e fotovoltaica.

2.3 Configurações para Sistemas híbridos

Como pode ser verificado, são diversos os tipos de configurações para sistemas híbridos. Dentre esses, os que podem ser destacados como principais, são:

1- Sistema eólico-diesel;
2- Sistema fotovoltaico-diesel;
3- Sistema fotovoltaico-eólico-diesel;
4- Sistema fotovoltaico-eólico.

2.3.1 Sistema eólico-diesel

A expressão sistema híbrido eólico-*diesel* refere-se a um sistema de produção de electricidade baseado nos aproveitamentos eólico e *diesel* - elétrico operando de maneira combinada, com a finalidade de fornecer uma determinada carga. (6)

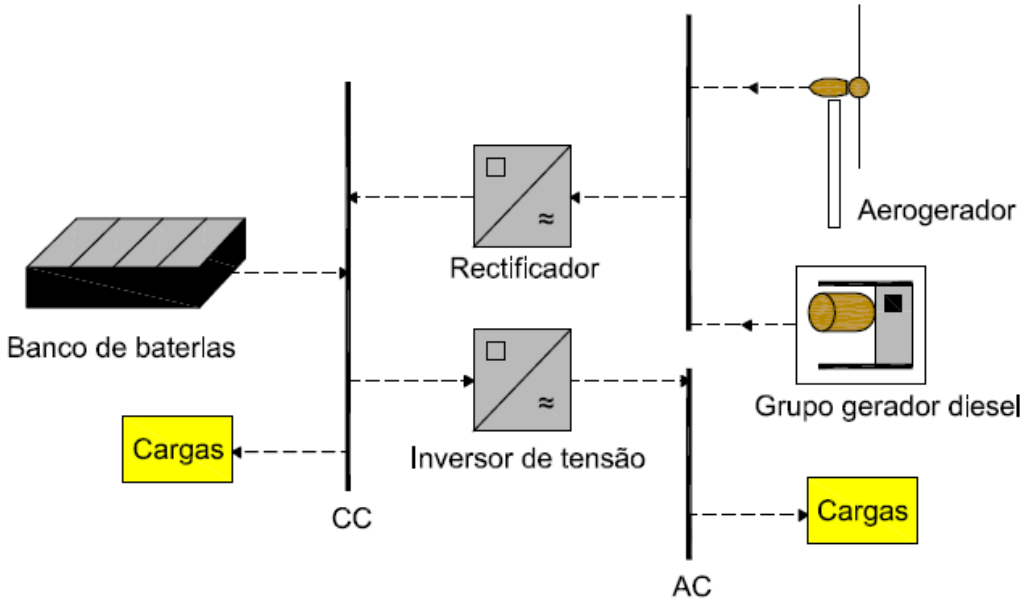


FIGURA 7-CONFIGURAÇÃO SISTEMA EÓLICO DIESEL

A figura 7 representa a combinação de sistema eólico e grupo gerador a *diesel* acoplados a sistema de baterias para acumulação de energia. Esta combinação é utilizada em locais com elevada exposição ao vento em que a componente solar é desprezível ou não aplicável. Em zonas com sazonalidade solar muito baixa deve ser privilegiada a utilização do sistema eólico, promovendo a carga do banco de baterias. A gestão das cargas será feita por sistema regulador não representado na figura que promoverá o arranque do gerador a *diesel* em caso de necessidade.

De realçar que todos os componentes produzem a energia em CA sendo necessário retificar para carga do banco de baterias. No entanto conforme pode ser verificado na figura 7 pode ser utilizada de imediato pois a injeção é feita diretamente no barramento de CA.

2.3.2 Sistema Fotovoltaico-eólico-diesel

A combinação dos aproveitamentos renováveis solar fotovoltaico e eólico com unidades geradoras a *diesel* num único sistema de produção de electricidade introduz o conceito de sistema híbrido fotovoltaico-eólico-*diesel*. O sistema em questão funciona de maneira semelhante aos anteriores, porém com a vantagem de incorporar duas fontes renováveis, que atuam permitindo principalmente maior redução do consumo de combustíveis fósseis- *diesel* e, portanto, dos custos referentes ao uso desse combustível, além do aumento da fiabilidade do sistema de produção. (6)

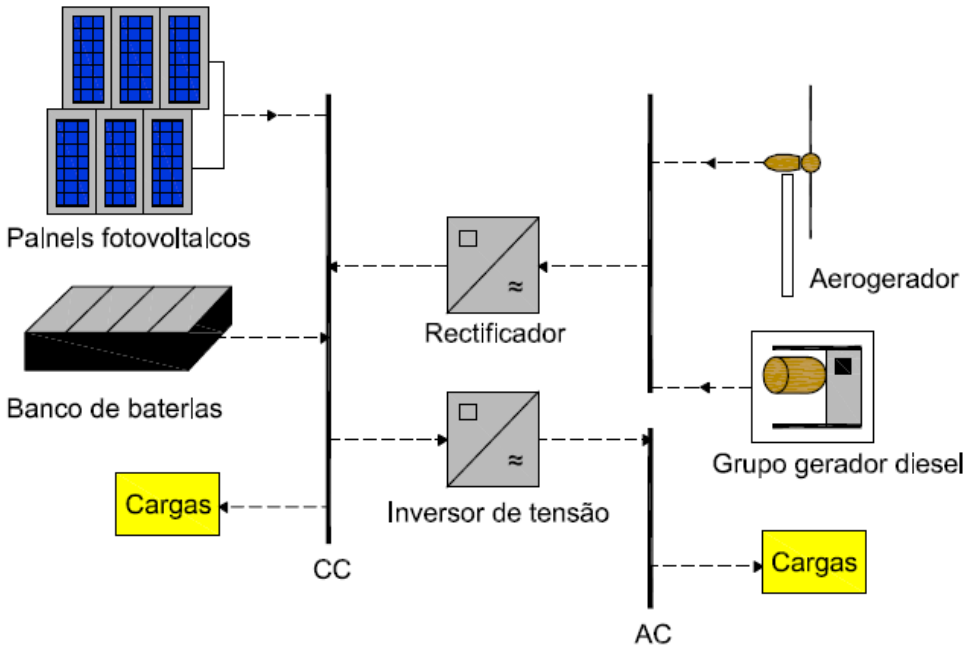


FIGURA 8- CONFIGURAÇÃO SISTEMA EÓLICO - FOTOVOLTAICO - DIESEL

A figura 8 representa a combinação de sistema eólico, fotovoltaico e grupo gerador a *diesel* acoplados a sistema de baterias para acumulação de energia. Esta combinação é utilizada em locais com exposição ao vento e presença solar e pretende privilegiar a utilização do sistema eólico e fotovoltaico. Este sistema permite a carga do banco de baterias e a gestão das cargas será feito por sistema regulador não representado na figura 8 promovendo o arranque do gerador a *diesel* em caso de necessidade. De realçar que todos estes componentes produzem a energia em CA com exceção dos painéis fotovoltaicos, sendo necessário retificar a energia produzida pela carga do banco de baterias. Conforme pode ser verificado na figura 8 a energia pode ser utilizada de imediato pois a injeção é feita diretamente no barramento de CA.

2.3.3 Sistema fotovoltaico-eólico

Um sistema híbrido de produção do tipo fotovoltaico-eólico é baseado nos aproveitamentos solar fotovoltaico e eólico. A combinação dessas fontes procura explorar satisfatoriamente a complementaridade entre ambas no tempo. Uma importante vantagem do sistema híbrido fotovoltaico-eólico é não empregar recursos não renováveis, como, por exemplo o *diesel*. Entretanto, devido à característica intermitente e aleatória das fontes, faz-se necessário o uso de um sistema de armazenamento de energia maior que o utilizado nas configurações que possuem produção *diesel*-elétrica. (6)

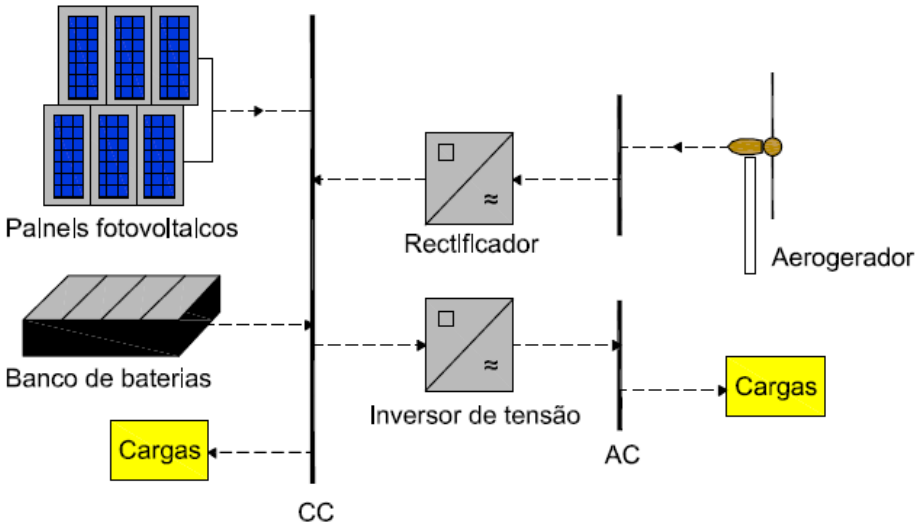


FIGURA 9 - CONFIGURAÇÃO FOTOVOLTAICO EÓLICO

A figura 9 representa a combinação de sistema eólico e foto voltaico acoplados a sistema de baterias para acumulação de energia. Esta combinação é utilizada em locais com exposição ao vento e presença solar garantindo a produção de energia mediante a utilização do sistema eólico e fotovoltaico. Este sistema promove a carga do banco de baterias e a gestão das cargas será feita por um sistema regulador não representado na figura. De realçar que o gerador eólico produz a energia em CA e os painéis fotovoltaicos produzem em CC carregando diretamente o banco. A energia produzida pelo aerogerador necessita de retificação para carregar as baterias. Posteriormente é preciso um inversor para injetar a energia produzida para as cargas AC.

Num sistema destes (isolado) no lado AC é sempre necessário ter 2 barramentos independentes, um ligado ao processo de produção de energia e outro à saída.

Na tabela seguinte (tabela 1) resumem-se as vantagens e desvantagens na utilização dos sistemas híbridos

TABELA 1- VANTAGENS E DESVANTAGENS NA UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS HÍBRIDOS

Condições	Vantagens	Desvantagens
Local de implantação	Recursos energéticos - utilização dos recursos que estão disponíveis no local.	Recursos energéticos – a disponibilidade energética dos recursos precisa ser favorável para produção de electricidade.
Equipamento e investimento	Flexibilidade - sistemas facilmente ampliáveis, devido à modularidade dos subsistemas de produção.	Investimento inicial - bastante elevado em face da necessidade da importação dos principais equipamentos de produção.
Operação e manutenção	Sistemas independentes - não precisam estar ligados à rede de energia elétrica convencional. Confiabilidade - pouca necessidade de manutenção para as tecnologias de produção renovável e sua redução para os sistemas diesel-elétricos de pequeno porte. Produção - proximidade da carga a ser atendida (forma de produção descentralizada). Qualidade de energia - qualidade maior da energia fornecida, em comparação com a diesel-elétrica.	Sistema de armazenamento - necessidade de armazenamento de energia, em função da intermitência das fontes primárias. Baterias - ciclo de vida relativamente curto comparado aos demais equipamentos do sistema. Sistema de controlo - pode ser bastante complexo, dependendo do porte do sistema
Questões ambientais	Ambientalmente benigno, dado o baixo nível de emissão de CO2 e outros gases, comparado à produção exclusivamente a partir de combustíveis fósseis.	Baterias - descarte e reciclagem das baterias são pontos fracos. Porte do sistema - para sistemas de grande porte tem-se a ocupação de grandes áreas (arranjo fotovoltaico), além do aspeto visual (aerogeradores).
Organização	Utilizadores - completamente adaptável às necessidades energéticas dos Utilizadores.	Utilizadores - necessidade de maior envolvimento do utilizador com os sistemas durante e após a implantação, através do uso racional da energia.

(6)

2.4 Conclusões

Face ao atrás exposto e em virtude da necessidade de garantia contínua de funcionamento, a escolha recaiu sobre o sistema fotovoltaico-eólico-diesel. Este sistema permitirá utilizar o máximo de energias renováveis, pretendendo garantir a menor dependência possível da utilização de combustíveis fosseis, sendo a mesma necessária como garantia de funcionamento em caso de ausência das anteriores.

Capítulo 3

3 *Implantação, caracterização dos recursos energéticos*

3.1 *Avaliação preliminar*

A avaliação preliminar, permite identificar as áreas onde os aproveitamentos solar e eólico são potencialmente viáveis. Essa avaliação apresenta como vantagens a rapidez e o baixo custo. Como desvantagem apresenta uma incerteza elevada na avaliação.

Neste caso, a forma de avaliação preliminar detém um outro elemento de incerteza, que é o facto de as torres de comunicações estarem localizadas, sem grandes possibilidades de alteração ou deslocamento e a necessidade de adequar os sistemas de produção aos locais de implantação (Figura 10).

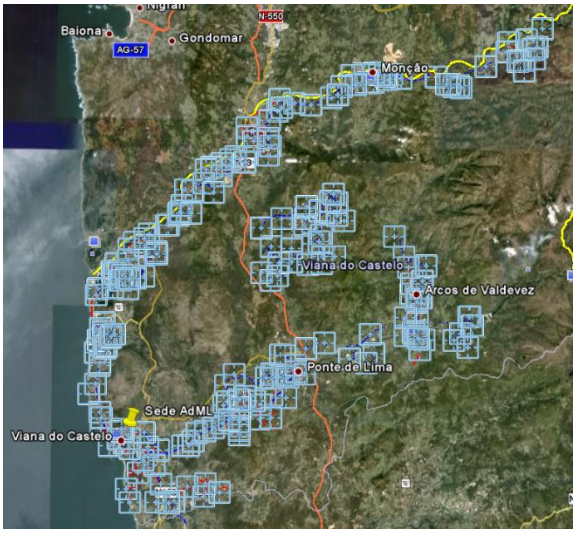


FIGURA 10 - REDE DE ANTENAS NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS MINHO E LIMA **(13)**

Após indicação por parte do projetista da rede de comunicações foram identificados os locais de implantação de torres por forma a configurar a rede de Backbone. Após confirmação das coordenadas dos locais, foi avaliado local a local a existência de rede de distribuição de energia em baixa tensão nos locais. Os locais de implantação que sobraram situavam-se em locais bastante elevados, na sua maior parte em Parques eólicos, onde a energia produzida não está disponível pois destina-se a ser inserida na Rede de Distribuição em MT, mas que dispunham de grandes áreas de exposição solar e muito vento, situação que ajudou a ultrapassar condicionante da avaliação preliminar.

3.2 Caracterização dos recursos solares e eólicos

Após obter as coordenadas GPS de cada local procedeu-se à análise e tratamento dos dados obtidos para exposição solar e comportamento do vento no local de implantação de cada torre.

Mediante o uso do programa NSOL (dados fornecidos pela EFACEC ENGENHARIA), após introdução das coordenadas do local pretendido, o mesmo permite realizar uma serie de simulações, e obter dados que nos permitem dimensionar e configurar da forma mais adequada o sistema de produção de energia (Figura 11)

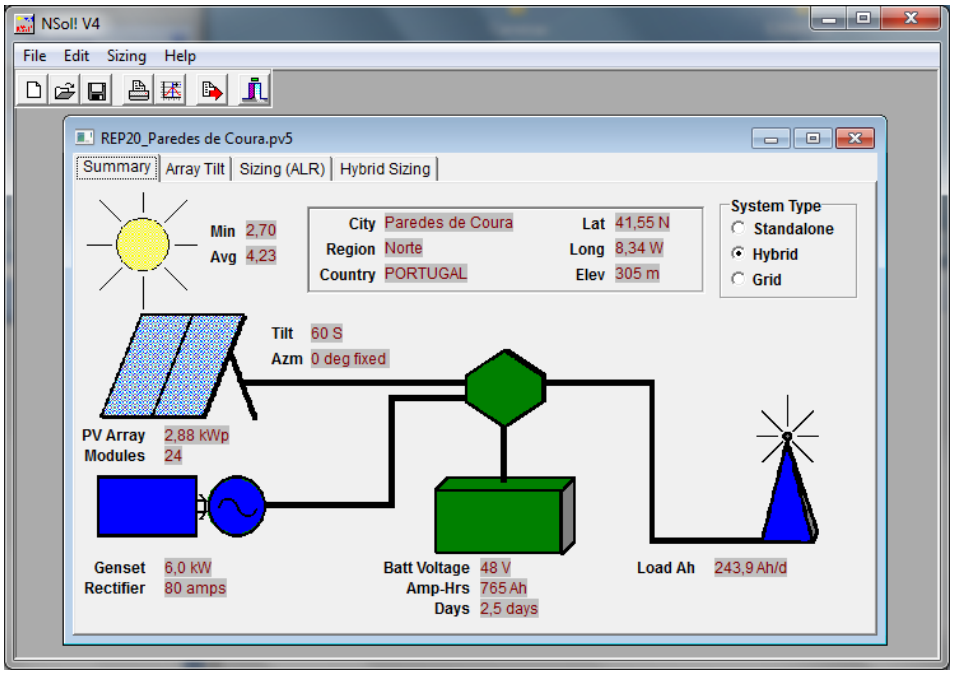


FIGURA 11 - RESUMO DO SISTEMA INICIALMENTE DIMENSIONADO PARA REP 20 PAREDES DE COURA (CARGA 230VCA 500W DURANTE 24H)

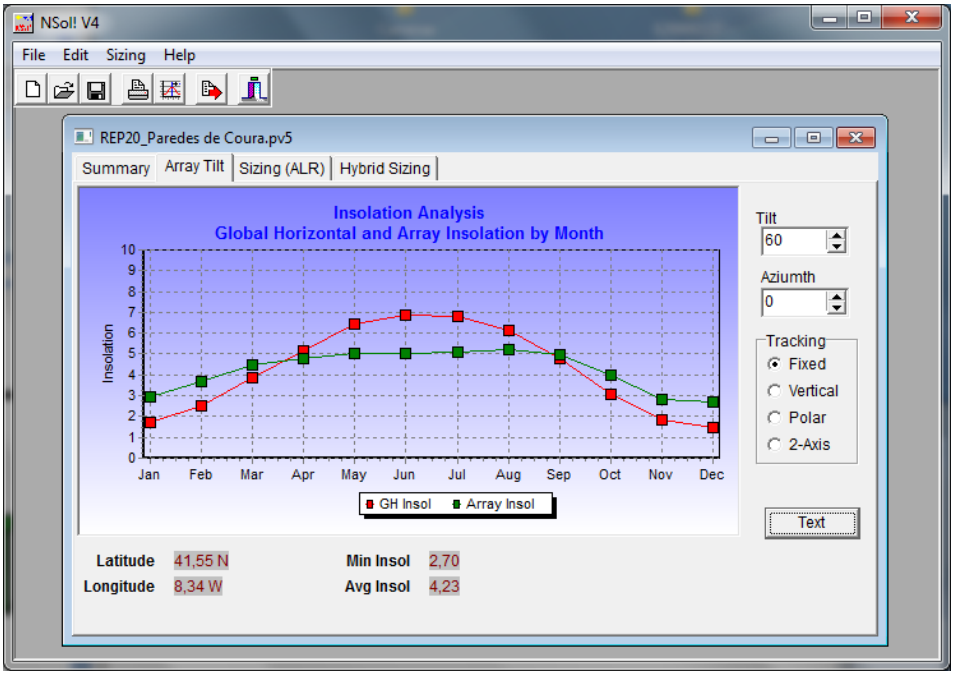
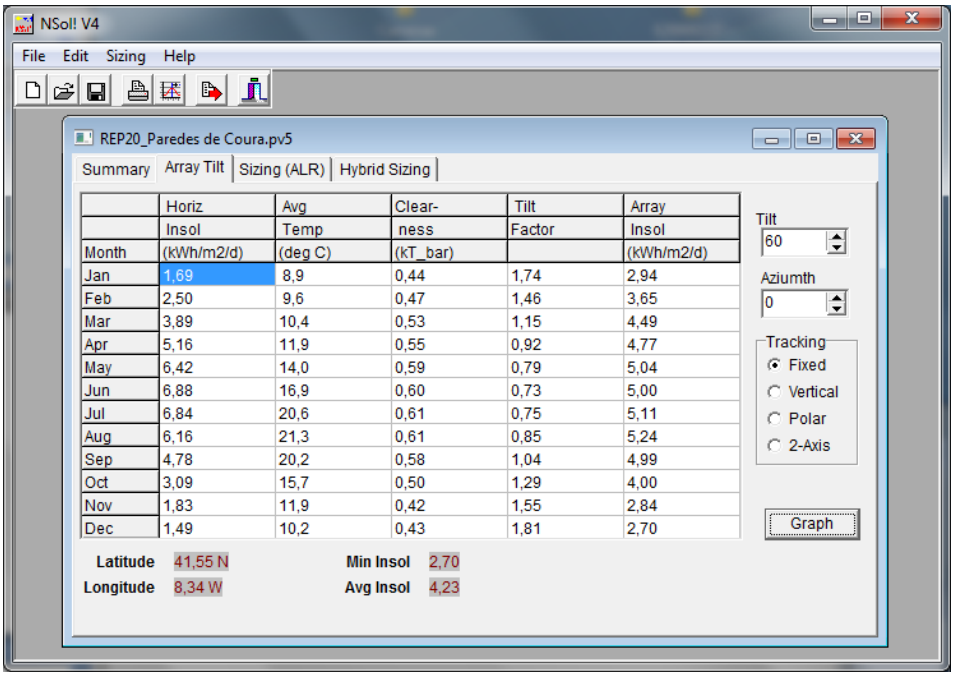


FIGURA 12 - GRÁFICO DE COMPARAÇÃO INSOLAÇÃO (14)



Month	Horiz Insol (kWh/m2/d)	Avg Temp (deg C)	Clear-ness (kT_bar)	Tilt Factor	Array Insol (kWh/m2/d)
Jan	1,69	8,9	0,44	1,74	2,94
Feb	2,50	9,6	0,47	1,46	3,65
Mar	3,89	10,4	0,53	1,15	4,49
Apr	5,16	11,9	0,55	0,92	4,77
May	6,42	14,0	0,59	0,79	5,04
Jun	6,88	16,9	0,60	0,73	5,00
Jul	6,84	20,6	0,61	0,75	5,11
Aug	6,16	21,3	0,61	0,85	5,24
Sep	4,78	20,2	0,58	1,04	4,99
Oct	3,09	15,7	0,50	1,29	4,00
Nov	1,83	11,9	0,42	1,55	2,84
Dec	1,49	10,2	0,43	1,81	2,70

FIGURA 13 - DADOS DE COMPARAÇÃO ENTRE POSICIONAMENTO HORIZONTAL E INCLINADO A 60º (14)

O gráfico da Figura 12 mostra a energia que os painéis solares absorvem durante o ano. A linha vermelha representa a energia consumida pelas cargas e a verde a energia que eles (realmente) conseguem fornecer com a inclinação de 60 graus. Esta inclinação é para "compensar" a pouca insolação durante o inverno em detrimento a "muita" insolação durante o verão.

A Figura 13 apresenta em tabela os dados que dão origem ao gráfico apresentado na Figura 12, nesta tabela obteve-se o valor mínimo de insolação que permitiu o cálculo evidenciado na Tabela 6.

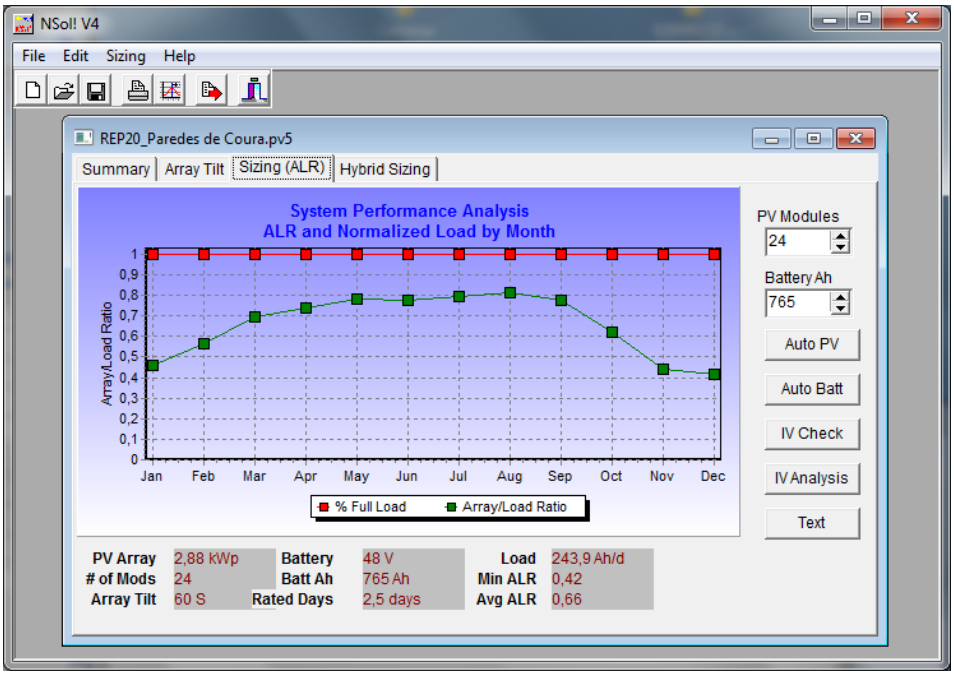
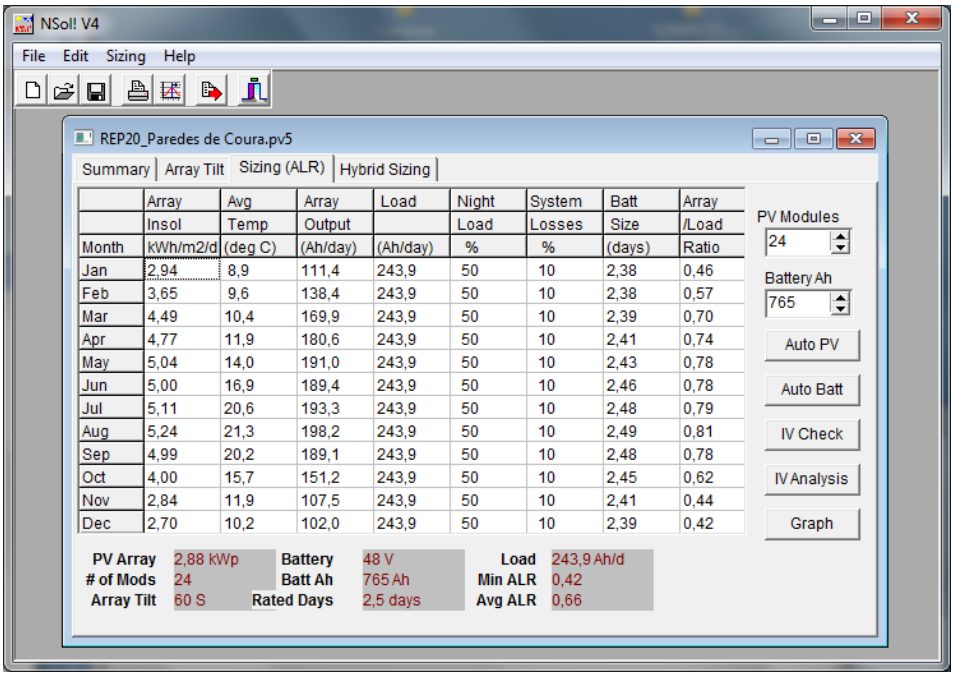


FIGURA 14 - COMPARAÇÃO ENTRE A CARGA E PRODUÇÃO DE ENERGIA (14)



Month	Array Insol kWh/m2/d	Avg Temp (deg C)	Array Output (Ah/day)	Load (Ah/day)	Night Load %	System Losses %	Batt Size (days)	Array /Load Ratio
Jan	2,94	8,9	111,4	243,9	50	10	2,38	0,46
Feb	3,65	9,6	138,4	243,9	50	10	2,38	0,57
Mar	4,49	10,4	169,9	243,9	50	10	2,39	0,70
Apr	4,77	11,9	180,6	243,9	50	10	2,41	0,74
May	5,04	14,0	191,0	243,9	50	10	2,43	0,78
Jun	5,00	16,9	189,4	243,9	50	10	2,46	0,78
Jul	5,11	20,6	193,3	243,9	50	10	2,48	0,79
Aug	5,24	21,3	198,2	243,9	50	10	2,49	0,81
Sep	4,99	20,2	189,1	243,9	50	10	2,48	0,78
Oct	4,00	15,7	151,2	243,9	50	10	2,45	0,62
Nov	2,84	11,9	107,5	243,9	50	10	2,41	0,44
Dec	2,70	10,2	102,0	243,9	50	10	2,39	0,42

FIGURA 15 - DADOS DE COMPARAÇÃO DE CARGA (CONSUMO) / PRODUÇÃO (14)

Na Figura 14 a linha vermelha representa a energia consumida pelas cargas (linearidade de consumo *full time* 500 W) a linha verde representa a energia que os painéis solares produzem.

A Figura 15 apresenta em tabela os dados que dão origem ao gráfico apresentado na Figura 14.

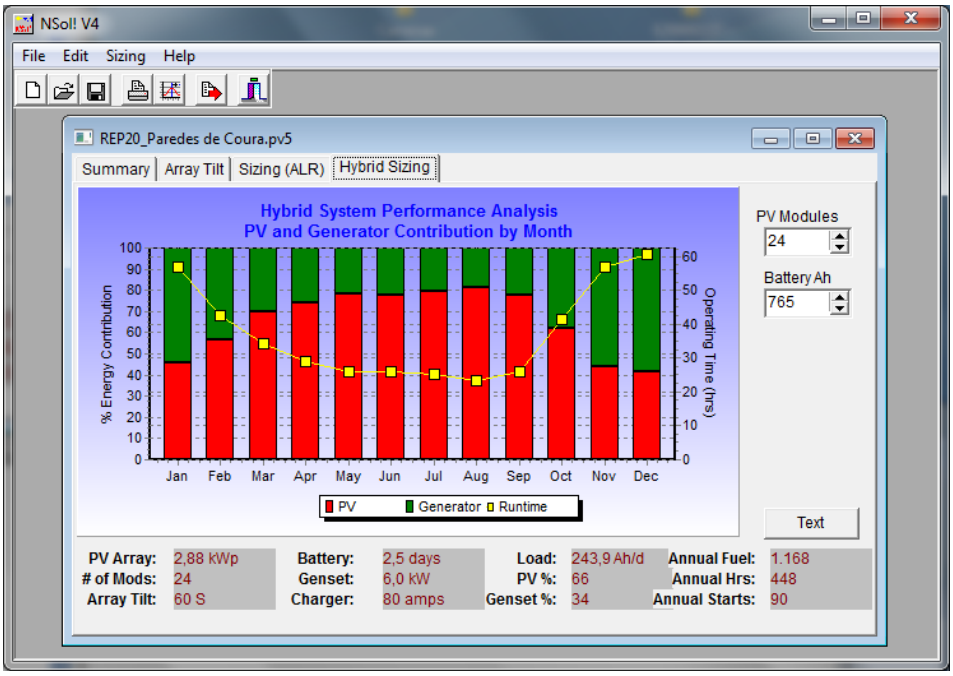
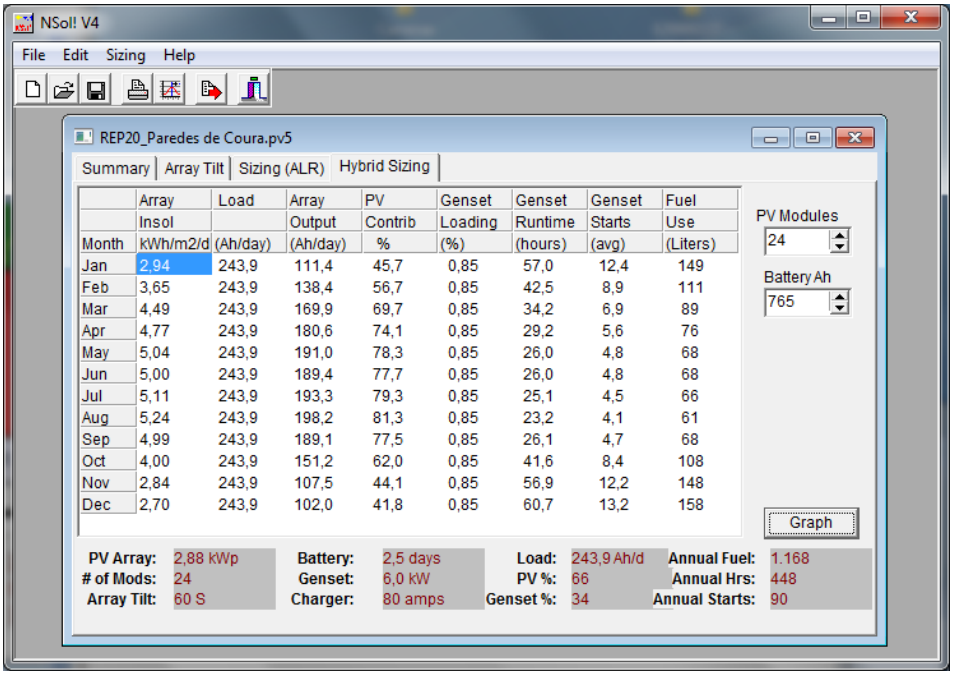


FIGURA 16 - DETERMINAÇÃO DA COMPENSAÇÃO OBTIDA PELO FUNCIONAMENTO DO GG (14)



Month	Array Insol kWh/m2/d	Load (Ah/day)	Array Output (Ah/day)	PV Contrib %	Genset Loading (%)	Genset Runtime (hours)	Genset Starts (avg)	Fuel Use (Liters)
Jan	2,94	243,9	111,4	45,7	0,85	57,0	12,4	149
Feb	3,65	243,9	138,4	56,7	0,85	42,5	8,9	111
Mar	4,49	243,9	169,9	69,7	0,85	34,2	6,9	89
Apr	4,77	243,9	180,6	74,1	0,85	29,2	5,6	76
May	5,04	243,9	191,0	78,3	0,85	26,0	4,8	68
Jun	5,00	243,9	189,4	77,7	0,85	26,0	4,8	68
Jul	5,11	243,9	193,3	79,3	0,85	25,1	4,5	66
Aug	5,24	243,9	198,2	81,3	0,85	23,2	4,1	61
Sep	4,99	243,9	189,1	77,5	0,85	26,1	4,7	68
Oct	4,00	243,9	151,2	62,0	0,85	41,6	8,4	108
Nov	2,84	243,9	107,5	44,1	0,85	56,9	12,2	148
Dec	2,70	243,9	102,0	41,8	0,85	60,7	13,2	158

FIGURA 17 - DETERMINAÇÃO DA COMPENSAÇÃO NECESSÁRIA PELO GG (14)

Na Figura 16 as áreas a vermelho, representam a energia produzida pelos painéis solares. As áreas a Verde representam a energia produzida pelo gerador Diesel ou no nosso caso compensadas pela utilização do aerogerador. As áreas a verde corresponderiam ao tempo em horas que o gerador *diesel* estaria a funcionar.

Este *software* só permite a introdução de uma segunda fonte de energia ou seja na prática se houver vento o aerogerador poderá compensar esta necessidade sem recurso ao gerador diesel definido desde o início como sistema de emergência.

Por precaução o sistema manda arrancar o gerador todos os meses para ver se este está a funcionar e dar uma carga as baterias. Em caso contrario o gerador *diesel* só liga por tensão baixa nas baterias, desligando quando as baterias estão carregadas.

A Figura 17 apresenta em tabela os dados que dão origem ao gráfico apresentado na Figura 16.

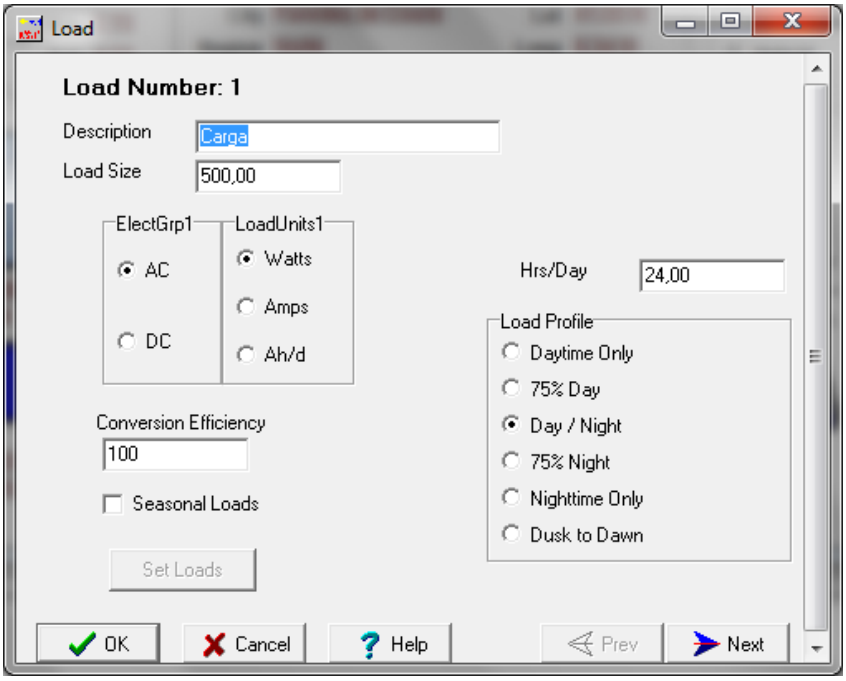


FIGURA 18- CONFIRMAÇÃO DO VALOR DE CARGA ESTABELECIDO (14)

A utilização do sistema prevê 500 W de potencia útil em AC durante 24h. Na realidade constata-se que a utilização durante este período, tem uma média inferior a esta potencia. Esta observação verifica-se a partir das Figuras 19 -25 através do sistema modulador NSOL. O sistema em teste localizado em Paredes de Coura onde foram introduzidos os consumos Reais para uma carga constante de 125W durante 24H.

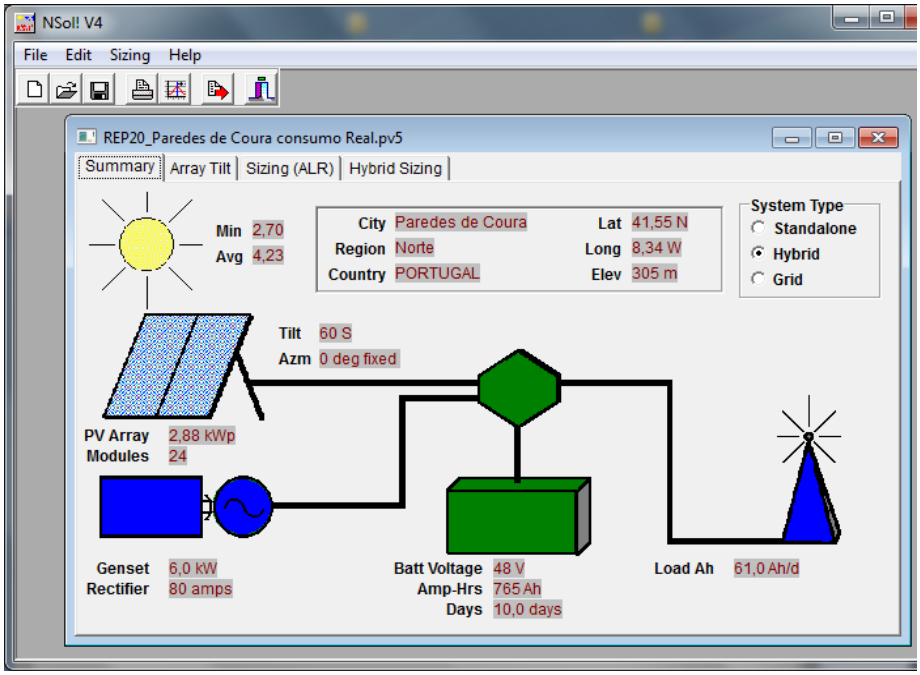


FIGURA 19 - CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA PARA DADOS REAIS DE CONSUMO (SOMA DO TOTAL DOS RADIOS E APLICAÇÃO DE COEFICIENTE **(14)**

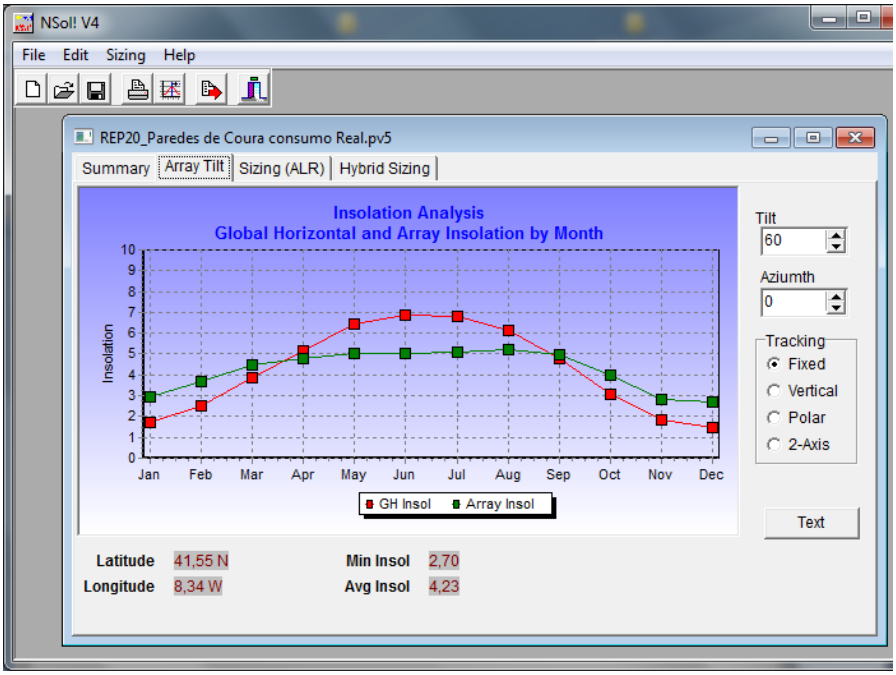
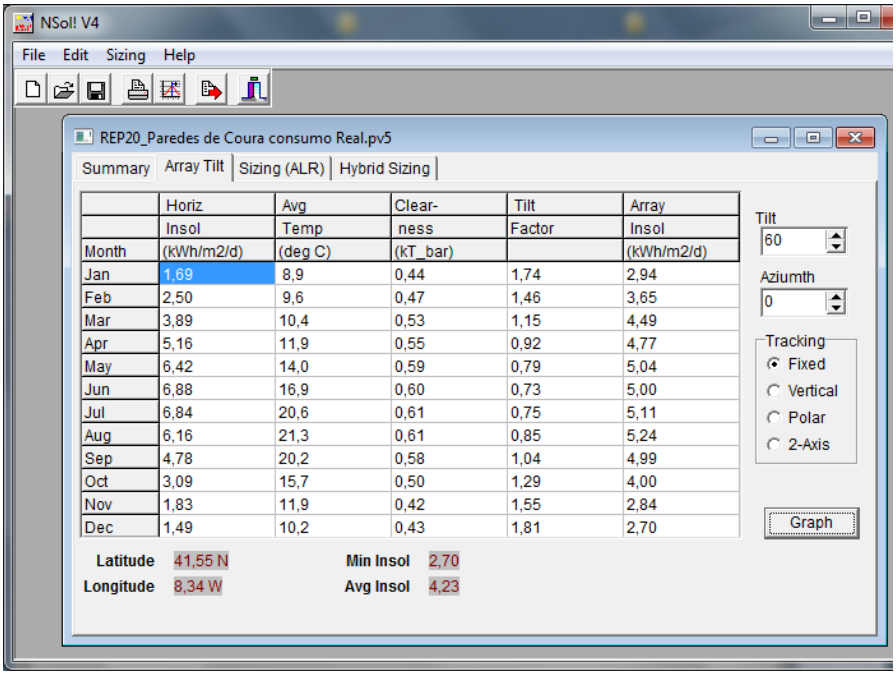


FIGURA 20 - COMPARAÇÃO DOS RENDIMENTOS EM RELAÇÃO À INSOLAÇÃO DO LOCAL FACE À INCLINAÇÃO DOS PAINEIS (14)



Month	Horiz Insol (kWh/m2/d)	Avg Temp (deg C)	Clear-ness (kT_bar)	Tilt Factor	Array Insol (kWh/m2/d)
Jan	1,69	8,9	0,44	1,74	2,94
Feb	2,50	9,6	0,47	1,46	3,65
Mar	3,89	10,4	0,53	1,15	4,49
Apr	5,16	11,9	0,55	0,92	4,77
May	6,42	14,0	0,59	0,79	5,04
Jun	6,88	16,9	0,60	0,73	5,00
Jul	6,84	20,6	0,61	0,75	5,11
Aug	6,16	21,3	0,61	0,85	5,24
Sep	4,78	20,2	0,58	1,04	4,99
Oct	3,09	15,7	0,50	1,29	4,00
Nov	1,83	11,9	0,42	1,55	2,84
Dec	1,49	10,2	0,43	1,81	2,70

FIGURA 21 - DADOS E RENDIMENTOS REAIS (14)

O gráfico da Figura 20 mostra a energia que os painéis solares absorvem durante o ano agora para uma carga bastante próxima da amostragem real. A linha vermelha representa a energia se os mesmos estivessem paralelos ao chão e a verde a energia que eles (realmente) absorvem com a inclinação de 60 graus. Esta inclinação é para "compensar" a pouca insolação durante o inverno em detrimento a "muita" insolação durante o verão.

A linha vermelha representa a energia consumida pelas cargas e a linha verde representa a energia que os painéis solares conseguem fornecer;

A Figura 21 apresenta em tabela os dados que dão origem ao gráfico apresentado na Figura 20.

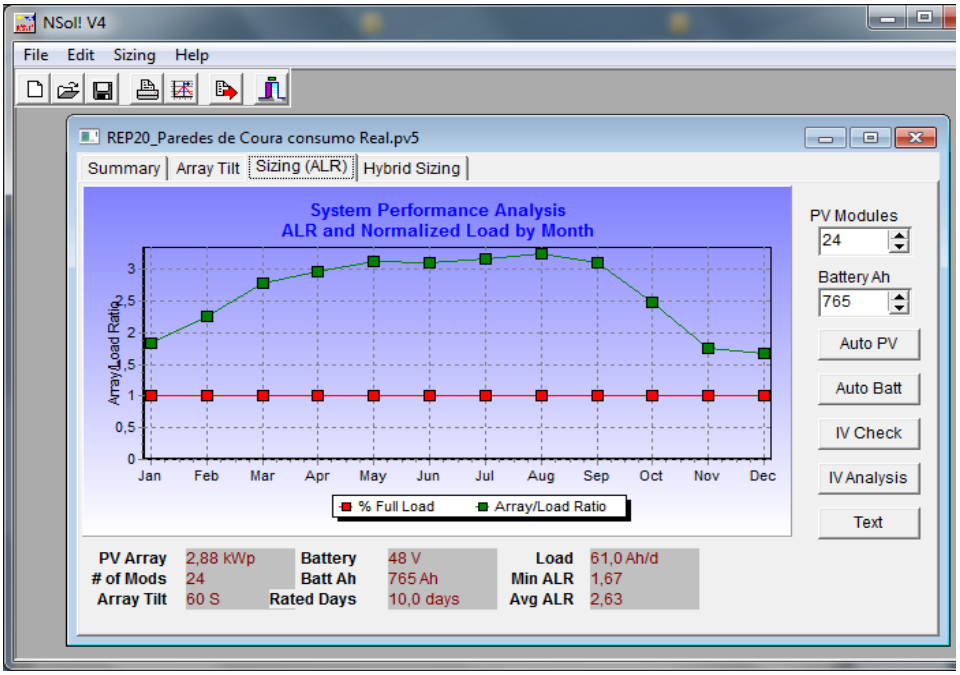
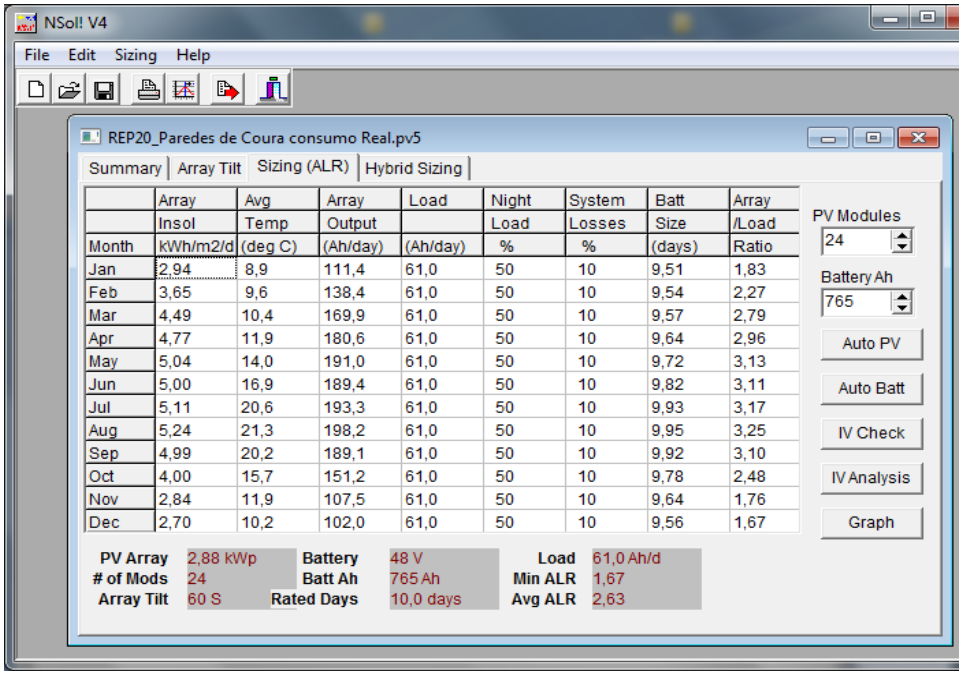


FIGURA 22 - COMPARAÇÃO ENTRE A CARGA REAL E PRODUÇÃO DE ENERGIA (14)



Month	Array Insol kWh/m2/d	Avg Temp (deg C)	Array Output (Ah/day)	Load (Ah/day)	Night Load %	System Losses %	Batt Size (days)	Array /Load Ratio
Jan	2,94	8,9	111,4	61,0	50	10	9,51	1,83
Feb	3,65	9,6	138,4	61,0	50	10	9,54	2,27
Mar	4,49	10,4	169,9	61,0	50	10	9,57	2,79
Apr	4,77	11,9	180,6	61,0	50	10	9,64	2,96
May	5,04	14,0	191,0	61,0	50	10	9,72	3,13
Jun	5,00	16,9	189,4	61,0	50	10	9,82	3,11
Jul	5,11	20,6	193,3	61,0	50	10	9,93	3,17
Aug	5,24	21,3	198,2	61,0	50	10	9,95	3,25
Sep	4,99	20,2	189,1	61,0	50	10	9,92	3,10
Oct	4,00	15,7	151,2	61,0	50	10	9,78	2,48
Nov	2,84	11,9	107,5	61,0	50	10	9,64	1,76
Dec	2,70	10,2	102,0	61,0	50	10	9,56	1,67

FIGURA 23 - DADOS DE COMPARAÇÃO DE CARGA (CONSUMO REAL) / PRODUÇÃO (14)

Na Figura 22 a linha vermelha representa a energia consumida pelas cargas reais, a linha verde representa a energia que os painéis solares produzem.

Conforme se pode ver o facto dos consumos reais estarem sobredimensionados para garantir o aumento de cargas num futuro próximo permitiu esta alteração da curva de produção em relação ao verificado na figura 14.

A Figura 25 apresenta em tabela os dados que dão origem ao gráfico apresentado na Figura 24.

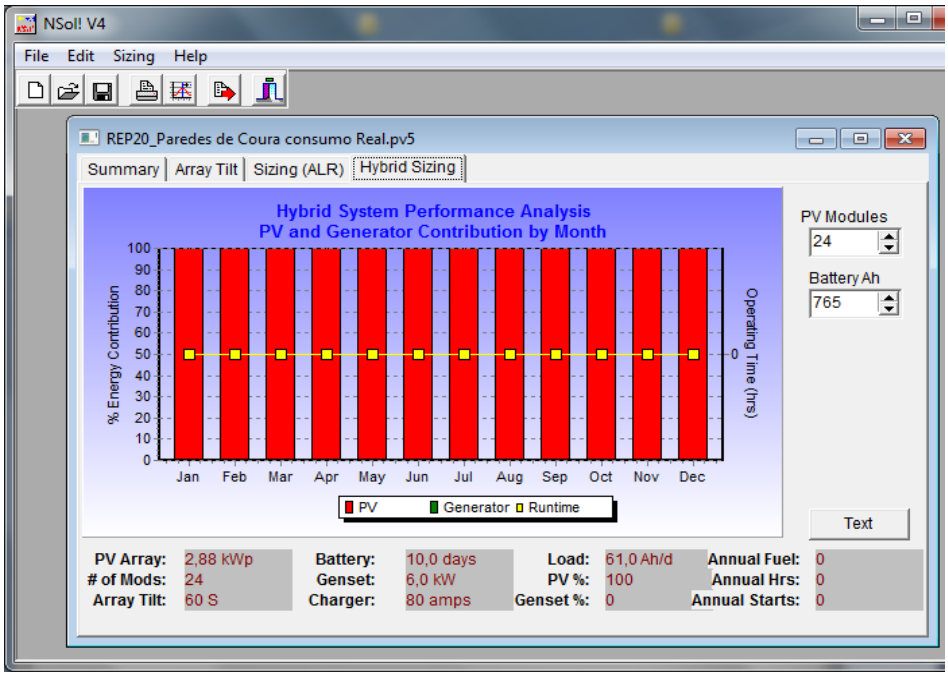
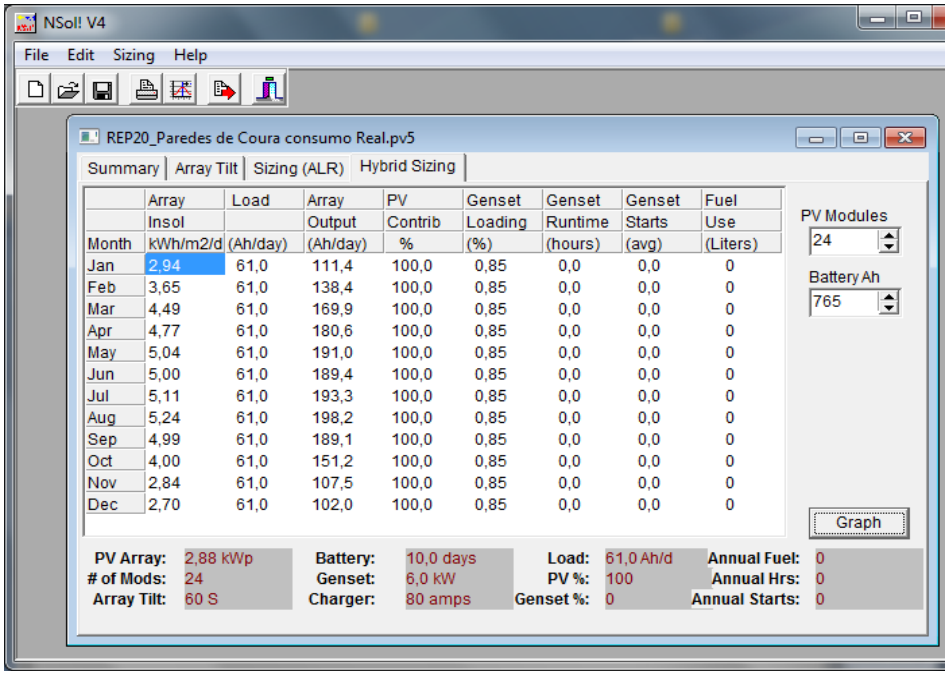


FIGURA 24 - DETERMINAÇÃO DA COMPENSAÇÃO OBTIDA PELO FUNCIONAMENTO DO GG (14)

Na Figura 24 as áreas a vermelho, representam a energia produzida pelos painéis solares. Verifica-se que a baixa carga real eliminou as áreas verde que conforme se verificou na Figura 20 representavam a compensação pelo GG a *diesel* ou pelo aerogerador, assim justiça-se o facto do sistema até à data só ter dado ordem de arranque ao grupo gerador a diesel no dia 06/02/2014.

No entanto caso das cargas venham a ser realmente 500W permanentes justificam a necessidade do aerogerador pois os painéis solares só conseguirem fornecer 80% da energia no verão e 40% no Inverno.

Para a carga real devido ao sobredimensionamento do sistema fotovoltaico que conforme se tem referido garante uma estabilidade de produção de energia em relação à componente eólica o GG não necessita de funcionar para compensar o sistema em condições normais.



Month	Array Insol kWh/m2/d	Load (Ah/day)	Array Output (Ah/day)	PV Contrib %	Genset Loading (%)	Genset Runtime (hours)	Genset Starts (avg)	Fuel Use (Liters)
Jan	2,94	61,0	111,4	100,0	0,85	0,0	0,0	0
Feb	3,65	61,0	138,4	100,0	0,85	0,0	0,0	0
Mar	4,49	61,0	169,9	100,0	0,85	0,0	0,0	0
Apr	4,77	61,0	180,6	100,0	0,85	0,0	0,0	0
May	5,04	61,0	191,0	100,0	0,85	0,0	0,0	0
Jun	5,00	61,0	189,4	100,0	0,85	0,0	0,0	0
Jul	5,11	61,0	193,3	100,0	0,85	0,0	0,0	0
Aug	5,24	61,0	198,2	100,0	0,85	0,0	0,0	0
Sep	4,99	61,0	189,1	100,0	0,85	0,0	0,0	0
Oct	4,00	61,0	151,2	100,0	0,85	0,0	0,0	0
Nov	2,84	61,0	107,5	100,0	0,85	0,0	0,0	0
Dec	2,70	61,0	102,0	100,0	0,85	0,0	0,0	0

FIGURA 25 - DETERMINAÇÃO DA COMPENSAÇÃO NECESSÁRIA PELO GG (14)

A Figura 25 apresenta em tabela os dados que dão origem ao gráfico apresentado na Figura 24.

O sobredimensionamento do sistema de produção fotovoltaico permite a utilização de recursos naturais na prática a 100%, o facto de a mesma antena poder ser alimentada com um sistema mais reduzido foi um risco que a empresa vencedora do concurso não aceitou.

O controlo de custos não permitiu derrapagens financeiras na empreitada e o facto de ser comparticipada a 80% a fundo perdido considera-se que caso a empresa entenda necessitar de reduzir o sistema e utilizar noutros locais estamos a promover o uso de energias renováveis e a alargar o uso das mesmas.

A utilização do aerogerador torna-se vantajoso pois sempre que exista vento o mesmo compensará o sistema diminuindo ainda mais o recurso a combustíveis fósseis.

TABELA 2- VIABILIDADE DE INSTALAÇÃO DE SISTEMAS HÍBRIDOS

Im (kWh/m2)	vm (m/s)	Viabilidade
≥ 5	≥ 7	Grande Porte
≥4 e <5	≥6 e <7	Médio Porte
≥3 e <4	≥4 e <6	Pequeno Porte
<3	<4	Não

3.3 Proposta técnica

De acordo com as especificações necessárias do sistema desenvolveu-se sistema híbrido com possibilidade de produção de energia, através de três fontes diferenciadas:

- Painéis fotovoltaicos
- Gerador eólico
- Gerador utilizando motor de combustão a combustível fóssil

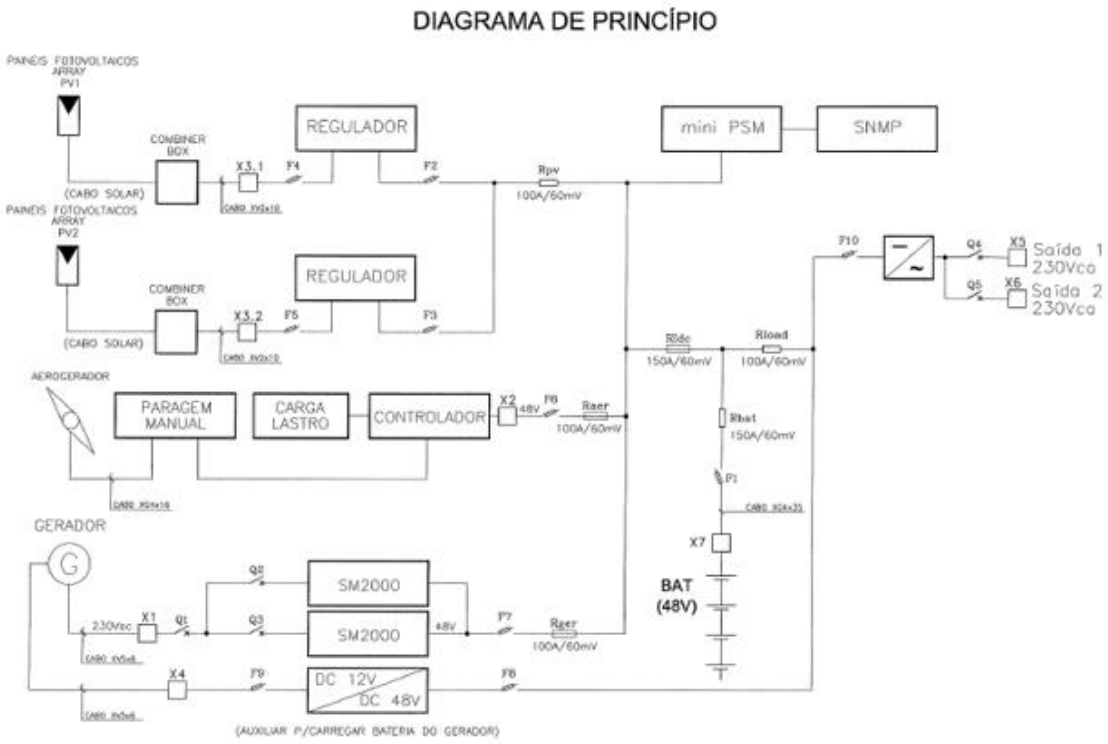


FIGURA 26 - CONFIGURAÇÃO ESCOLHIDA PARA SISTEMA HIBRIDO PARA ALIMENTAÇÃO DE ENERGIA A TORRES DE COMUNICAÇÕES (13)

Este sistema será ainda dotado de forma de monitorização à distância via GPRS ou rádio.

3.4 Sistemas solares fotovoltaicos

No dimensionamento do sistema fotovoltaico calculamos a potência mínima a instalar de painéis para garantir a alimentação à potência estimada, considerando as perdas existentes no sistema, essa potência é designada como potência de dimensionamento (Pd) em kW.

$$\boldsymbol{Pd = \frac{Cdc}{\left(1 - \left(\frac{Psist}{100}\right)\right) * HS}}$$

Pd – Potencia de dimensionamento

Cdc- Consumo em corrente continua solicitado à produção fotovoltaica (kWh)

Psist – Perdas do sistema (lei de Joule, etc.)

HS – Horas de Sol

No nosso caso o sistema foi sobredimensionado por forma a dar uma maior fiabilidade ao sistema e autonomia.

Sistema de Energia Fotovoltaica Híbrido – Configuração para 2880 W e tensão de barramento primário 48 VDC

3.5 Dimensionamento de potência dos sistemas

O dimensionamento de um sistema hibrido fotovoltaico /eólico /combustível fóssil exige o levantamento das características dos equipamentos a serem alimentados eletricamente.

O valor de potência solicitado ao sistema e a sua distribuição ao longo do dia e perspetivas futuras de aumento de consumo, são parâmetros que influenciam o dimensionamento e otimização de utilização dos sistemas.
A tabela 21 apresenta a forma utilizada para realização do levantamento de potências de equipamentos, que serão alimentados pelo sistema hibrido de produção de energia.
Ao sistema pretendido deverá ser acrescido a potência de perdas associadas à produção, acumulação de energia, transmissão e distribuição de energia.

TABELA 3 -LEVANTAMENTO DE ESTIMATIVA DE CONSUMO

Forma de Levantamento	Caracteristicas	Vantagens	Desvantagens
Potencia Instalada e Factor de Carga	Levantamento da potencia instalada equipamento a equipamento	Redução dos custos de Instalação	Imprecisão do resultado
	Aplicação de Coeficiente de simultaneidade		O consumo é obtido através do uso de coeficiente de simultaneidade
	Consumo Diário Obtido pelo calculo: **Consumo Diário (kWh)= 24h*Potencia Instalada (kW)* Coeficiente de Simultaneidade**		

A partir do conhecimento da Potência instalada e da estimativa de consumos, pode-se determinar a potência dos equipamentos de produção de energia a instalar, essa potência deverá contemplar uma margem que permita um aumento na ordem dos 25 %.

Para auxílio na estimativa de consumo foi elaborada uma tabela onde se apresenta os valores de potência média dos equipamentos e média de dias de utilização mensal.

TABELA 4 - ESTIMATIVA DE CONSUMO MENSAL DE EQUIPAMENTOS POR TORRE

Equipamento eléctrico	Potencia méda (W)	Dias estimados de uso por mês	Tempo médio de utilização diário	Consumo medio mensal (kWh)
Radios	1200	30	24	864
Rede de telecomunicações	500	30	22	330
Outros consumos	250	18	15	67,5
TOTAL	1950			1261,5

Os sistemas em apreciação trabalham 24h por dia existindo sempre consumo residual pelo fator standby que uma rede de comunicações impõe ao sistema, assim sendo o cálculo de Potência considerou-se constante ao longo de um dia e equivalente para todos os dias do mês.

Capítulo 4

4 Desenvolvimento do Projeto

4.1 Introdução

Após rigorosa análise verificou-se que a melhor solução seria o sistema hibrido de produção de energia nesta solução desenvolvida o sistema é constituído por um campo de painéis fotovoltaicos de tecnologia poli cristalina, estruturas de suporte e fixação ao solo, reguladores de carga, baterias, inversores e acessórios elétricos, proteções elétricas, cabos elétricos e conectores. O sistema implementado encontra-se na figura 27

FIGURA 27- SISTEMA IMPLEMENTADO NO LOCAL

4.2 Componentes do projeto

4.2.1 Painéis fotovoltaicos

Para o dimensionamento do sistema considerou-se um módulo solar fotovoltaico de 120Wp/12V de conceção poli cristalina, com as características apresentadas no Anexo 1.

Uma das perdas de sistema com maior impacto são as perdas por dispersão, estas perdas surgem diretamente das características construtivas dos painéis.

A potência dos módulos fotovoltaicos fornecidos pelos fabricantes são definidos por uma condição padrão obtida a partir de testes e ensaios realizados a amostras de módulos de um determinado tipo. Esta condição nem sempre é satisfeita por todos os módulos, como a temperatura e a radiação são parâmetros que influenciam as características dos módulos, a sua instalação em locais e períodos em que estes valores

se aproximam dos máximos suportados alteram as suas características condicionando os valores de potência efetiva produzida.

O número de horas plenas de sol (Hs) determina-se para um dia medio de cada mês do ano.

Caso se trate de sistemas críticos onde o aproveitamento fotovoltaico é fundamental utiliza-se o valor mínimo, pois o índice de interruptibilidade do sistema deverá ser mínimo.

Determinação das cargas diárias de consumo

Para tal elaborou-se uma tabela onde se colocaram as potências dos equipamentos que se pretendem utilizar em cada torre de comunicações

Todos os equipamentos têm as potências de consumo definidas em Ah (Tabela 5), os motores necessitam de potência adicional para vencer a inercia no arranque a taxa de sobredimensionamento está na mesma linha da necessidade de maior potencia para garantir maior autonomia e continuidade de funcionamento.

TABELA 5- DEFINIÇÃO DE CARGAS

Carga	Quantidade (*)	Potencia	Intensidade (*)	h/d (*)	d/Semana	Carga média (Ah/Semana) (=)
radio 1	1	60	0,02	24	7	3,36
radio2	1	60	0,02	24	7	3,36
radio3	1	60	0,02	24	7	3,36
outros	1	280	1,2	12	7	100,8
				Total Ah/Semana	110,88	
				Total Wh/Semana	25502,4	

A Tabela 5 permitirá determinar as necessidades de consumo instantâneas e o sobre dimensionamento necessário para garantir o consumo e carga do banco de baterias para os períodos em que não existe Sol e o vento é uma incógnita. As tabelas 6-19 permitem obter dados para dimensionamento do sistema.

TABELA 6 - DETERMINAÇÃO CARGA MEDIA DIÁRIA

Total Ah/Semana (/)	7dias / Semana	Carga média Ah/Dia (=)
110,88	7	15,84

Considerando a potência máxima em AC a alimentar e definindo uma eficiência mínima de 88% para o inversor atingimos a mínima potência necessária por dia em DC

TABELA 7 - DETERMINAÇÃO DA POTÊNCIA NECESSÁRIA

Cargas em AC (/)	Eficiencia	DC (=)
média Wh/dia	media do	Wh/dia
500	0,88	568,18

Uma das considerações mais importantes no dimensionamento de sistemas fotovoltaicos prende-se com as perdas do sistema, por isso torna-se muito importante definirmos a tensão de funcionamento do nosso sistema em DC, pois pela aplicação da lei de ohm quanto menor for a intensidade (A) a produzir menores serão as perdas e a secção necessária dos cabos.

Estas duas componentes introduzem melhorias técnicas no funcionamento do conjunto menos perdas por efeito de joule e ao reduzir as secções dos cabos diminuímos o custo de instalação.

Na tabela seguinte definimos a Intensidade (A) para os valores típicos de tensão em DC

Formula Potencia

$P = U * I$

TABELA 8 - DETERMINAÇÃO DA TENSÃO DE FUNCIONAMENTO DO SISTEMA EM CC

Ajuste DC Wh/dia	Tensão de Entrada	Total Ah / dia
568,18	12	47,35
568,18	24	23,67
568,18	48	11,84

Identificada a localização e para o pior registo de insolação obtido

TABELA 9 - DA ANÁLISE DAS TABELAS DE INSOLAÇÃO DO SISTEMA NSOL - VALOR MAIS BAIXO DE INSOLAÇÃO NUM ANO

Local	Pior condição de Insolação
Paredes de Coura - Formariz	1,49

Passamos a dimensionar o conjunto de painéis necessário

TABELA 10- DETERMINAÇÃO DA INTENSIDADE MÍNIMA NECESSÁRIA PARA POSTERIOR CÁLCULO DO Nº DE PAINÉIS

Ah/dia (/)	Perdas/Factor de carga (/)	Insolação do local	Dimensionamento minimo necessário em A (=)
27,68	0,75	1,49	24,8

Como os painéis se agrupam em fileiras de conjuntos paralelos e em serie, para determinação do paralelo fez-se procura no mercado e especificou-se que o painel a utilizar teria no mínimo 120 W de potência e de acordo com essa pesquisa as intensidades máximas de carga andavam entre os 7,02 e os 7,18 optou-se por um ponto médio.

Dessa forma determina-se por este cálculo expedito o número de painéis a instalar em paralelo

TABELA 11 - DETERMINAÇÃO DO Nº DE PAINÉIS EM PARALELO

Intensidade PV necessária (/)	Modulo A potencia de pico	Arredondamento para numero par (=)
24,8	7,09	4,00

Determinação da serie para obtenção do valor de tensão escolhido - 48 V

TABELA 12 - DETERMINAÇÃO DO Nº DE PAINÉIS EM SERIE

Tensão nominal do sistema (/)	Tensão nominal por modulo	Numero de modulos em serie necessários (=)
48	12	4

O total do conjunto mínimo necessário obtém-se do produto do número de painéis necessários em paralelo e o número de painéis necessários em série

TABELA 13 - DETERMINAÇÃO DO Nº MÍNIMO DE PAINÉIS

Numero total de paineis em serie (*)	Numero total de paineis em paralelo	Numero total de paineis (=)
4	4	16

Após esta etapa temos que armazenar energia produzida durante o dia para consumos noturnos e estipular a mínima autonomia necessária para funcionamento sem presença solar, nesta etapa temos que dimensionar o banco de baterias

TABELA 14 - CALCULO INICIAL DE DETERMINAÇÃO DO VALOR MÍNIMO DO BANCO DE BATERIAS EM AH

Total Ah necessários (*)	Dias de autonomia (/)	Max (/)	Factor de Correcção de temperatura	Bateria necessária em Ah (=)
Ah/dia		DOD		
24,8	5	0,8	0,83	186,50

A correção de temperatura é obtida através de tabela utilizada pela maioria senão totalidade de fabricantes de baterias para este tipo de sistemas

TABELA 15 - FATORES DE CORREÇÃO DE TEMPERATURA FABRICANTE ***

Factores de correcção de temperatura	
Temperatura em ºC	Factor de correcção
10+	0,95
10 a 1	0,9
0 a -9	0,83
-10 a -19	0,75
-20 a-30	0,65

Á semelhança dos painéis as baterias são dimensionadas em fileiras, paralelas para determinação da corrente e em série para determinação do agrupamento para obtenção do valor de tensão.

Escolheu-se para o cálculo inicial baterias com capacidade de 100 Ah.

Determinação do nº de baterias em paralelo

TABELA 16 - DETERMINAÇÃO DO Nº DE BATERIAS EM PARALELO

Bateria necessária Ah (/)	Bateria Ah - média 100h	Arredondamento para o numero superior (=)
186,50	100	2

Determinação do nº de baterias em série

TABELA 17 - DETERMINAÇÃO DO Nº DE BATERIAS EM SERIE

Tensão nominal do sistema (/)	Tensão nominal por bateria	Numero total de baterias em serie (=)
48	2	24

Determinação do nº mínimo de baterias para as condições de projeto

TABELA 18 - DETERMINAÇÃO DO Nº MÍNIMO DE BATERIAS

Numero total de baterias em serie (*)	Numero total de baterias em paralelo	Numero total de baterias banco (=)
2	24	48

Na fase de instalação estes cálculos foram ajustados com o aumento do nº de painéis de 16 para 24 por forma à construção de dois conjuntos de produção.

O nº de Baterias diminuiu apesar do aumento da sua capacidade, o construtor pediu ainda que a autonomia do sistema reduzisse para 3 dias, o que foi aceite.

Para sistemas híbridos ou ligados à rede onde existem outras fontes utiliza-se o valor medio, por forma a controlar o custo de investimento neste tipo de sistemas.

Os painéis selecionados são compostos por células de elevado rendimento, estes painéis fotovoltaicos podem ser utilizados em diversas aplicações, tais como:

- Sistemas ligados à rede elétrica;
- Residências privadas;
- Edifícios comerciais ou industriais;
- Sistemas isolados;
- Telecomunicações;
- Bombagem de água;
- Sinalização rodoviária;
- Eletrificação rural;
- Estações de monitorização.

A quantidade de módulos a utilizar em cada sistema é descrita na tabela seguinte (anexo1):

TABELA 19 - DETERMINAÇÃO DO Nº DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Potência do Sistema (W)	Potencia por modulo (W)	Nº de modulos (un)
2880	120	24

4.2.2 Estruturas de suporte e fixação

A solução considerada para a fixação e o suporte dos painéis fotovoltaicos é um sistema inovador, modular e de utilização simples, composto por elementos resistentes à corrosão utilizando perfil de alumínio (Figura 28 e 29).

Este sistema é otimizado para todo o tipo de aplicações fotovoltaicas (terreno liso, fachadas, telhado planos ou inclinados, etc.).

Com um processo de montagem simples, flexível e rápido, este sistema facilita e permite reduzir os tempos de instalação de painéis fotovoltaicos, diminuindo os custos de instalação.

FIGURA 28 - SISTEMA MODULAR DE MONTAGEM DOS PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

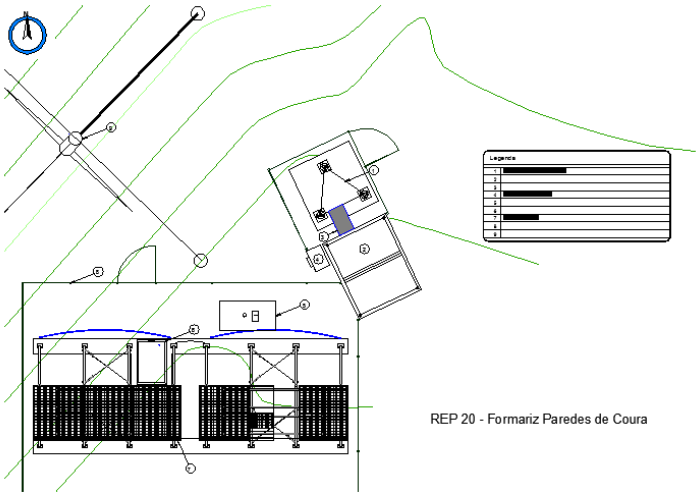


FIGURA 29 - ESQUEMA DE IMPLANTAÇÃO NO TERRENO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO DE ENERGIA E TORRE DE COMUNICAÇÕES

A flexibilidade deste sistema permite que seja utilizado com painéis fotovoltaicos de qualquer tipo de tecnologia, sejam cristalinos ou amorfos.

4.2.3 Acondicionamento dos equipamentos - bastidor

Os sistemas propostos incluem o fornecimento de um bastidor equipado com os inversores, retificador de 48V e respetivo controlador. Este bastidor inclui ainda as proteções contra sobretensões, proteções de equipamentos, shunt de medida da Corrente das baterias, e painel de distribuição e será instalado no interior de um abrigo (shelter), ou em armários tipo comunicações.

4.2.4 Configuração do sistema fotovoltaico

Durante os primeiros anos em que se instalaram sistemas FV, foi habitual configurar a instalação do sistema segundo um conceito designado por inversor central, como se mostra esquematicamente (Figura 30).

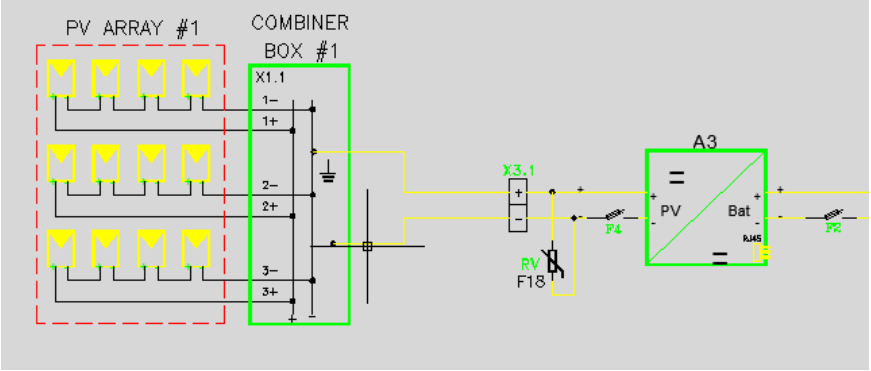


FIGURA 30 - CONFIGURAÇÃO DE SISTEMA FV COM INVERSOR CENTRAL

Atualmente, os sistemas fotovoltaicos com potências instaladas de alguns kW não têm um único e poderoso inversor central. Em particular, nos sistemas de média dimensão, existe uma tendência crescente para a instalação de vários inversores de menor potência cuja configuração se designa por inversores de fileira de módulos (Figura 31).

Nesta configuração, a instalação de um inversor por cada fileira, permite uma melhor adaptação da potência às condições de irradiação solar.

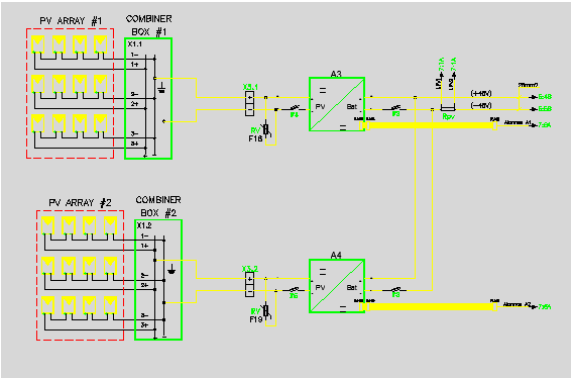


FIGURA 31 - CONFIGURAÇÃO DE SISTEMA FV COM REGULADOR POR FILEIRA DE MÓDULOS

A utilização de inversores de fileira de módulos facilita a instalação de sistemas fotovoltaicos e reduz razoavelmente os seus custos de instalação.

Nesta configuração, os inversores são normalmente montados próximo do sistema FV, sendo ligados individualmente a cada conjunto de fileira de módulos. Estes inversores encontram-se disponíveis no mercado para potências que variam entre os 500 e 3000 watts.

4.2.5 Sistema de controlo e gestão de potência

Entre todos os equipamentos instalados dois merecem especial destaque no seu correto dimensionamento:

- Retificador ou controladores de carga
- Inversores de tensão

Os restantes equipamentos de regulação e retificação geralmente fazem parte, como referido, atrás da própria conceção dos fabricantes dos equipamentos e fornecidos como pack.

4.2.6 Retificador 48 V – controlador de carga

Tratando-se de um sistema solar híbrido será instalado (no bastidor) um retificador de 48V por cada conjunto de 12 painéis, procura-se desta forma garantir a carga rápida das baterias e alimentação das cargas (48Vcc e 230Vca), quando o sistema estiver ligado ao gerador, e quando necessário manutenção ou avaria garantir a continuidade do serviço.

Os retificadores solares, normalmente funcionam com 12V, 24V, 48V e alguns a 60V, verifica-se na tabela 5 a realização desse cálculo.

Os inversores dedicados a sistemas solares *stand-alone* tem as seguintes tensões normalizadas 12Vcc /230Vac, 24Vcc/230Vac e 48Vcc/230Vac.

Para minimizar as perdas, optamos pela tensão de 48Vcc, pois assim a corrente (cc) diminui para a mesma potência de saída em 230Vca. Podemos assim utilizar cabos de secções menores (em comparação com os 12 ou 24V).

Os controladores de carga associados a sistemas fotovoltaicos devem ser dimensionados para que seja possível utilizar a máxima corrente do sistema para carga do banco de baterias.

Os fabricantes de painéis fotovoltaicos especificam como máxima corrente de um painel a corrente de curto-circuito, logo a capacidade mínima do controlador de carga (Ccg) em A deve corresponder à corrente de curto-circuito total do conjunto dos painéis (Isc) em A.

Conforme referido atrás a potência de produção de um painel pode ser inferior ou superior à indicada pelos fabricantes assim e por precaução devemos aplicar a este valor de (Isc) um coeficiente de segurança que deverá corresponder a um valor de 25 a 30 % do valor nominal.

Outro dos pontos relevantes na seleção do controlador de carga é a sua tensão nominal que deve corresponder ao valor de tensão (V) do barramento CC do sistema, associado à configuração do mesmo e estratégia de controlo.

Funções obrigatórias do controlador de carga:

- Proteção contra sobrecargas
- Proteção contra descargas profundas
- Informação do estado da carga
- Baixo autoconsumo

O controlador de carga Steca Tarom 440 sistema solar (características apresentadas no Anexo 1) é especialmente indicado para uso em aplicações de telecomunicações ou em sistemas fotovoltaicos híbridos.

Optou-se pela utilização de 2 conversores, 1 por cada conjunto de 12 painéis, desta forma aumenta-se a fiabilidade, pois em caso de necessidades de manutenção o sistema não necessita de ser totalmente desligado permitindo produção com metade da potência instalada em termos fotovoltaicos

Um grande número de funções permite ao utilizador ajustar o controlador para as condições especiais do sistema através da determinação do estado de carga da bateria, é um sistema regulado ideal e as baterias estão protegidas.

O controlador de carga Steca Tarom é a melhor escolha para sistemas dimensionados até 2400 Wp em três níveis de tensão (12 V, 24 V, 48 V).

Há a opção de conexão com outros dispositivos como um sensor de temperatura, um registador de dados e de controlo remoto para configurar e monitorização do sistema. Dispõe de um contador Integrado de energia (Ah) permitindo saber a energia produzida pelas diferentes fontes.

4.2.7 Inversor 48Vdc/230Vdc

As especificações técnicas dos inversores fornecem informação muito importante para o dimensionamento e a instalação dos sistemas fotovoltaicos. A configuração do sistema FV determina o número, o nível de tensão e a classe de potência dos inversores.

Atendendo a que os inversores são fabricados para vários níveis de potência, e que a potência total do sistema fotovoltaico é determinada pela área útil disponível, é utilizado uma razão entre as potências do gerador fotovoltaico e do inversor de 1:1. Qualquer eventual desvio deverá ser considerado com base nesta razão.

No bastidor também se encontra instalado um inversor de 48Vdc para 230Vac com 750VA de potência (Figura 32).

FIGURA 32 - POSICIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS NO QE BASTIDOR

Para escolha do inversor de tensão ou ondulador apropriado consideramos em primeiro lugar a tensão de entrada do equipamento (CC) em relação à tensão de utilização ou de saída (CA). Outra característica muito importante é a potência, pois, a mesma permitirá o funcionamento normal do equipamento em questão durante um determinado período de tempo, a outra característica importante é a capacidade de utilização do equipamento relacionando o comportamento do mesmo com a curva de carga associada ao consumo.

Todos os equipamentos que exijam um elevado consumo no arranque como motores elétricos devem ter uma atenção especial, pois o inversor terá que ter capacidade para fornecer durante um determinado período de tempo a potência necessária para que os mesmos possam garantir o período de arranque, outro dos fatores de extrema importância é o tipo de cargas e as exigências das mesmas em termos de modulação de consumo, variações de tensão (quedas de tensão) e frequência.

Os inversores de tensão para sistemas isolados devem ter uma potência equivalente ao consumo máximo instalado e uma elevada eficiência de conversão, pois uma diferença de 1% na eficiência deste equipamento pode representar uma diferença de 10% na energia anual produzida (7)segundo o mesmo autor a eficiência nunca deve ser inferior a 90% pois valores inferiores pode comprometer a viabilidade.

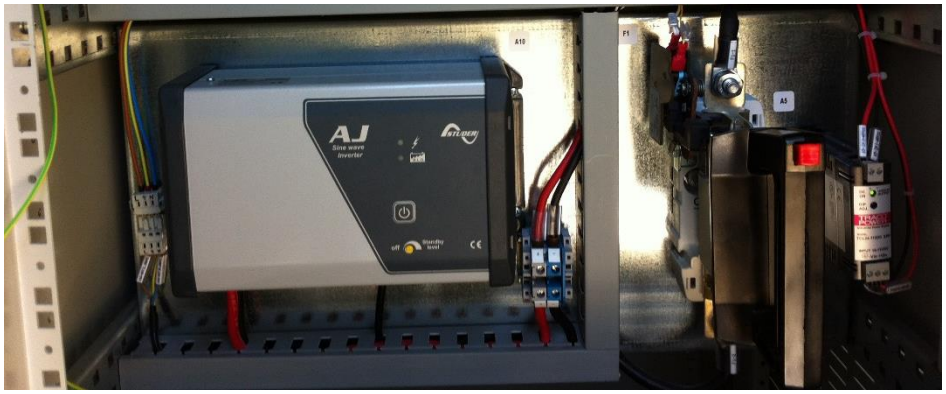


FIGURA 33- INVERSOR DE REDE 48V DC - 230 V AC (AJ)

O inversor da série AJ 70048 (Figura 33) de onda sinusoidal foi projetado para instalações industriais e domésticas. Reúne bons requisitos de segurança e fiabilidade. Qualquer dispositivo que necessite alimentação elétrica de 230 V, 50 Hz pode ser alimentado por este ondulador (até a potência nominal do inversor).A série AJ é a fonte de alimentação com tensão perfeita em qualquer utilização onde a rede pública não está disponível.

Este inversor permite a função BLO extremamente importante no prolongamento da vida útil das baterias e garantia do sistema de armazenamento de energia do sistema.

Alarme por oscilação de tensão

Quando o sinal acústico é desativado ou quando o inversor está fora de alcance acústico, pode ser necessário criar avisos, para ser notificado sobre a paragem iminente do inversor devido a "subtensão da bateria" ou "sobreaquecimento".

Com a ativação desta função, a tensão de saída será ligeiramente instável (flicker com máx.-20%), levando a uma variação de intensidade da luz, e, portanto, indicando a parada iminente no fornecimento de energia.

O utilizador pode então optar por reduzir o seu consumo, a fim de garantir o abastecimento de cargas prioritárias (por exemplo, a iluminação), ou como no nosso caso sobre dimensionar o sistema de forma controlada. (8)

Função de poupança de energia (Standby)

Os inversores da AJ 500-12 são equipados com um sistema de standby (também disponível nos modelos AJ 275-12/350-24/400-48 com a opção-S). O standby é um sistema de economia de energia que desliga o inversor de forma intermitente quando nenhum aparelho elétrico é detetado. O limite de deteção é definido por padrão em 2W. No modelo escolhido, é possível desativar esta função ou modificar o limite. (8)

Função de Otimização da vida útil da bateria (B.L.O.)

Um ciclo de bateria num estado de carga permanente em curso, de 0 a 30% é muitas vezes a causa de falhas prematuras da bateria. Este caso, é particularmente frequente em pequenas instalações solares individuais.

A fim de melhorar o tempo de vida da bateria nestas situações, os inversores AJ oferecem um ajuste automático da tensão de limiar de corte. Este ajustamento aumenta o limiar de corte de tensão e, portanto, desloca-se do estado de carga, permitindo recarregar a bateria a longo prazo. Esta função é desativada por padrão. (8)

4.2.8 Baterias

Dimensionamento do sistema de armazenamento de energia (banco de baterias apresentado na Figura 34)

A capacidade energética máxima de uma bateria (Ce) obtém-se do produto da capacidade de corrente (Ah) e da tensão nominal da bateria. No entanto, a capacidade energética útil da bateria depende da especificação da sua profundidade máxima de descarga e o regime de funcionamento a que estará submetida.

Para aumento da vida útil da bateria os fabricantes informam os níveis recomendados de profundidade máxima de descarga (Valor_desc_Max) que cada bateria possui (este valor normalmente é expresso em percentagem).

Face a todos os aspetos referidos atrás, calculamos a Capacidade energética útil (Capacidade da Bateria - Cb) de uma bateria pela seguinte relação:

$$\boldsymbol{Cb = Cd * N/Valor\_Desc \quad Max}$$

Cd – Capacidade diária estimada do sistema mais as perdas

N – Numero de dias de autonomia

No entanto, este tipo de sistemas não utiliza apenas uma bateria mas sim associação de várias baterias interligadas, esta instalação impõe perdas por diversos motivos entre as quais o facto de a descarga deste tipo de equipamentos não ser linear e igual entre todos os elementos do mesmo banco. (9)

Desta forma, torna-se necessário determinar a capacidade total do banco de baterias, onde relacionaremos o consumo diário estimado mais as perdas. Desta forma obtém-se a capacidade máxima necessária estimada para o banco de baterias.

De facto os painéis solares para além de alimentar as cargas têm de carregar as baterias. Durante a noite as cargas consomem a energia armazenada (durante o dia) nas baterias. Outro motivo a ter em consideração de que no inverno, a radiação é muito menor e os dias são mais pequenos, implica que o sistema tem menos tempo para carregar as baterias e alimentar as cargas

PBb – Perdas no banco de baterias (valor que se obtém por consulta dos prospetos técnicos do fabricante das baterias)

Cbb – Consumo Total

$$\boldsymbol{Cbb = Cd * \frac{N}{1 - \left(\frac{\Omega}{100}\right)}}$$

Relacionando os valores do consumo total obtido pelas necessidades de consumo do sistema mais as perdas (Cbb) e a capacidade energética útil de uma bateria (Cb) obtém-se o número de baterias necessárias ao sistema nb.

$$\boldsymbol{nb = \frac{Cbb}{Cb}}$$

O valor de nb tem que ser inteiro e par o que implica que caso o número obtido tenha decimais deverá ser arredondado e caso seja ímpar, deve-se aproximar do nº par que mais se aproxime.

Esta consideração deve-se ao facto de as baterias terem valores de tensão pares e quando associadas em série esta associação deve garantir o valor de tensão pretendido, obrigando a que o número de baterias associadas seja sempre par.

Este valor de dimensionamento é de extrema importância pois se os consumos forem superiores aos indicados para cálculo de Cbb, poderemos ter um armazenamento deficiente e penalizar o projeto com uma maior necessidade de recurso ao uso do Grupo Gerador a combustível fóssil.

As baterias escolhidas são baterias para utilização em sistemas de energia solar fotovoltaica, do tipo OPzS com baixa manutenção e características de descarga profunda.As baterias serão colocadas em caixas *outdoor* (Figura 35).

FIGURA 34 - BATERIAS OPZS DESCARGA PROFUNDA MÓDULOS DE 2V NUMERADOS

A quantidade de baterias a utilizar em cada sistema é descrita nas tabela seguintes:

TABELA 20 - CÁLCULO DA QUANTIDADE DE BATERIAS E NÚMERO DE BANCOS NECESSÁRIOS

Sistema	Capacidade de baterias	Quantidade de baterias	Quantidade de Bancos
2880W	750Ah	24	1

TABELA 21 - CÁLCULO DA QUANTIDADE DE BATERIAS DE ACORDO COM O FORMULÁRIO PARA DIFERENTE NÚMERO DE DIAS DE AUTONOMIA

Dados da formula	3 dias sem sol	5 dias sem sol	10 dias sem sol
Cbb	17280	28800	57600
Cd	180	180	180
N	3	5	10
Ω	25%	25%	25%
nb	23	38	77
Cb	750	750	750

FIGURA 35 - CAIXA DE ACOMODAÇÃO DE BATERIAS

4.2.9 Configuração e dimensionamento das cablagens

Em primeiro lugar é importante referir que será efetuada uma abordagem muito superficial ao dimensionamento dos cabos elétricos para sistemas fotovoltaicos. Esta opção justifica-se pelo facto de que o principal objetivo deste trabalho não visa desenvolver o estudo detalhado das instalações elétricas. Na verdade, com este trabalho pretende-se fundamentalmente efetuar o dimensionamento do sistema produtor, e também estimar a energia produzida pelo sistema fotovoltaico face à intensidade de radiação solar incidente no local da instalação.

Neste contexto, na instalação elétrica de um sistema fotovoltaico, deve-se apenas usar cabos que cumpram os requisitos para este tipo de aplicação, uma vez que em corrente contínua, as cablagens estão sujeitas à ação de forças de natureza eletromagnética (correntes paralelas de sentido inverso) e também ao aquecimento por efeito de Joule. Em primeiro lugar, é necessário distinguir entre os cabos de fileira, cabo principal DC e cabo do ramal AC.

Designam-se por cabos de fileira, os condutores que estabelecem a ligação elétrica entre os módulos individuais do gerador FV e a caixa de junção do gerador.

Estes cabos são normalmente aplicados no exterior. A fim de garantir proteção contra a eventual ocorrência de falhas de terra, bem como a curto-circuitos, os condutores de polaridade positiva e negativa devem ser independentes e não devem ser agrupados lado a lado num só cabo.

O cabo principal DC estabelece a ligação entre a caixa de junção do gerador e o inversor. Se a caixa de junção do gerador estiver localizada no exterior, estes cabos devem ser entubados, uma vez que não são resistentes aos raios ultravioletas (Figura 36).

De igual modo, por razões associadas à proteção contra falhas de terra e de curto-circuitos, recomenda-se também que os condutores de polaridade positiva e negativa devem ser independentes e não devem ser agrupados lado a lado no mesmo cabo.

Por razões que decorrem da prevenção da eventual ocorrência de falhas, ou para a execução de trabalhos de manutenção e de reparação, será necessário isolar o inversor do gerador fotovoltaico. Para tal, utiliza-se um interruptor principal DC, já que de acordo com a norma IEC 60364-7-712, "Instalações elétricas nos edifícios – requisitos para instalações ou localizações especiais – sistemas solares fotovoltaicos", é estipulada a necessidade de se instalar de um aparelho de corte da ligação acessível entre o gerador fotovoltaico e o inversor.

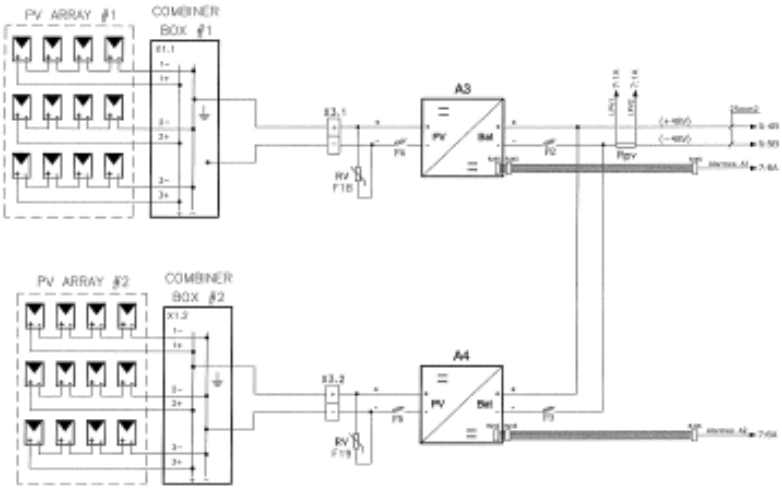


FIGURA 36 - INTERLIGAÇÃO ENTRE PAINÉIS E MÓDULO REGULADOR DA CARGA

O dimensionamento da secção dos cabos DC deve também ter-se em consideração a necessidade de se reduzir quanto possível as perdas resistivas. A norma Alemã VDE 0100 Parte 712 (1998), sugere que a

queda da tensão máxima admissível, e no circuito condutor não deve ser superior a 3% da tensão de trabalho VINV do sistema. Este critério limita a 3% as perdas de potência através dos cabos DC do sistema fotovoltaico. Para o cálculo do cabo de alimentação AC, assume-se uma da queda de tensão de 1.5%.

A equação que permite calcular a dimensão da secção transversal dos cabos, é escrita da seguinte maneira:

$$S = \frac{L * P}{\sigma * e * U^2}$$

Os resultados obtidos devem ser arredondados para o maior valor aproximado das secções nominais dos cabos normalizados (1.5; 2.5; 4; 6; 10; 16; 25; 35) mm2. (10)

4.2.10 Gerador eólico

Sistema eólico

O comportamento da velocidade do vento é extremamente irregular, sendo denominado normalmente por estocástico. Esta variável é fundamental para a análise tornando a etapa de medição muito importante. Assim, a análise do potencial do vento para a produção de energia deveriam ser sempre executadas a partir de medições realizadas nos locais e ser suficientemente precisas e com intervalos de amostragem bastante curtos.

Este fator influencia em muito a potência produzida pelo gerador eólico em relação às suas características de dimensionamento, influenciando o fator de capacidade do gerador (Fc) que se obtém entre a energia produzida num período de tempo e a energia que se conseguiria obter se o mesmo gerador estivesse a funcionar à sua potência nominal durante todo esse período.

$$\boldsymbol{Fc = \frac{Energia\ produzida(kWh)}{(Pge(kW) * \Delta t(h))} * 100}$$

O cálculo da energia produzida durante um determinado período de amostragem por um Gerador eólico é fundamental para a avaliação de qualquer projeto que pretenda utilizar o aproveitamento do potencial eólico para produção de energia.

Esse cálculo obtém-se através da série de dados do vento medida, e da distribuição da frequência da velocidade do vento ao longo de um período, aplicando esse histograma à curva de potência de saída do gerador eólico.

A curva de potência de um gerador eólico corresponde à energia elétrica produzida pelo mesmo para alimentar uma determinada carga, banco de baterias, ou rede de distribuição, função da velocidade do vento que faz girar o rotor.

A aplicação da distribuição de frequência na curva de potência permite determinar a quantidade de energia produzida no período considerado. Este cálculo, usualmente, é feito com recurso a amostragens com

intervalos de velocidade de vento de 1m/s, permitindo obter resultados com alguma precisão, no entanto quanto menor o intervalo maior a precisão.

O equipamento utilizado no presente projeto produz energia em corrente continua, dispõe de módulo de conversão inserido, este facto melhora significativamente e facilita o cálculo do aerogerador necessário, pois considera-se o sistema um compacto de fornecimento com uma curva de funcionamento determinada para um valor mínimo e máximo de vento, intervalo entre o qual o equipamento se encontra em produção efetiva.

O gerador eólico dimensionado tem potência nominal de 3kW a 10,5m/s. (11)

A potência do gerador eólico foi definida pela potencia total do conjunto de painéis fotovoltaicos definido, no ante projeto definiu-se a potencia de painéis necessária para ser considerado o Sol como única fonte de alimentação a potencia obtida situava-se nos 7680W de potencia instalada de painéis fotovoltaicos para uma carga constante de 500 W, como no local (Figura 37) existia uma componente eólica muito elevada por estar situado a uma cota elevada optou-se por adotar uma regra de equilíbrio entre potencias de produção a partir de fontes renováveis, tendo-se verificado que o programa utilizado como calculo e auxiliar definiu como situação ótima uma utilização de 24 painéis fotovoltaicos para uma potencia situada entre os 2800 e os 3000 W e a utilização de outra fonte externa GG a *diesel* ou turbina eólica de potencia aproximada dai a seleção do gerador eólico com 3kW (Figura 38).

FIGURA 37 - GERADOR EÓLICO INSTALADO

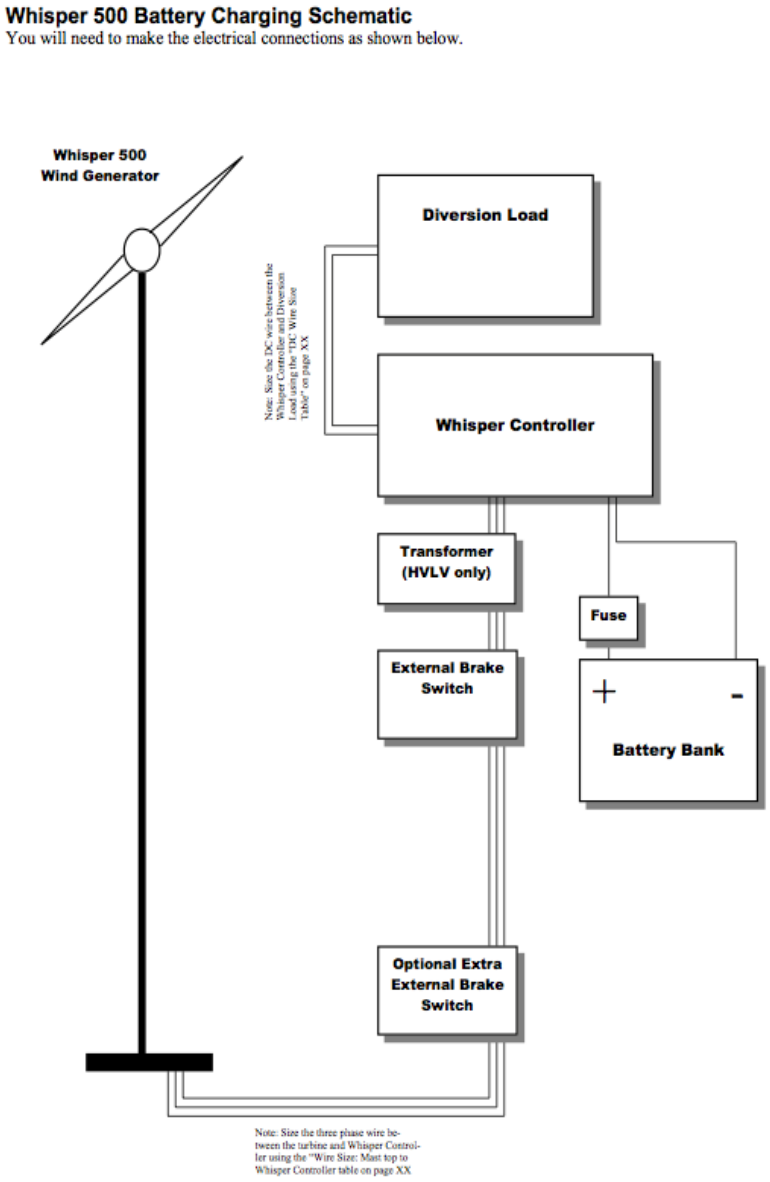


FIGURA 38 - ESQUEMA DE FUNCIONAMENTO DO GERADOR EÓLICO (11)

O sistema permite gerar energia com uma potência nominal de 3000W (eólica).

Através de novos materiais e tecnologias o gerador tem um peso reduzido de 34Kg (excluindo a hélice e a cauda).

Foram aplicados materiais resistentes na eólica, imunes à corrosão, como sejam as pás feitas em fibra de carbono, o corpo do gerador em alumínio e a cauda em fibra de vidro reforçada. Estes tipos de materiais são leves e têm características de alta resistência e anti corrosão.

O gerador eólico emite muito pouco ruído quando em funcionamento e pode começar a trabalhar com uma baixa intensidade de vento. Mesmo em condições de vento quase inexistente pode produzir resultados satisfatórios de energia.

No induzido do gerador foi empregue material altamente magnético à base de Neodímio, o que proporciona uma alta eficiência de produção de energia. O gerador eólico está dotado de um sistema automático de proteção em caso do vento se tornar demasiado forte.

Novo rotor: as pás, feitas a partir de uma técnica precisa de modelação, são muito aerodinâmicas e altamente eficientes.

Assim o gerador consegue iniciar a marcha com um vento de baixa velocidade e assim usar a energia eólica mais eficientemente.

Em comparação com os materiais tradicionais, este novo modelo passa a usar a fibra de carbono na construção, o que reduz drasticamente o peso e inibe o desgaste prematuro.

Função de autoproteção quando totalmente carregado: assim que as baterias estiverem totalmente carregadas, o gerador entra num modo silencioso de manutenção. Quando a tensão das baterias baixa ligeiramente do valor normal, quando as mesmas estão totalmente carregadas, a eólica volta a gerar novamente eletricidade. (11)

O Grupo Gerador eólico dispõe de um sistema de controlo próprio constituído por um controlador que faz a gestão total do equipamento em automático. O controlador dispõe de barramento à tensão DC de produção (48 V) e bloco de resistências para travagem por dissipação da potência produzida, o mesmo controlador dispõe de travão manual que deverá ser atuado em caso de avaria ou em situações de manutenção (Figuras 39-42).

FIGURA 39 - RESISTÊNCIAS DE DISSIPAÇÃO DE POTÊNCIA E REGULAÇÃO DE VELOCIDADE (11)

FIGURA 40 - TRAVÃO MANUAL E BLOQUEIO DE EMERGÊNCIA (11)

FIGURA 41 - CONTROLADOR DC DA TURBINA EÓLICA (11)

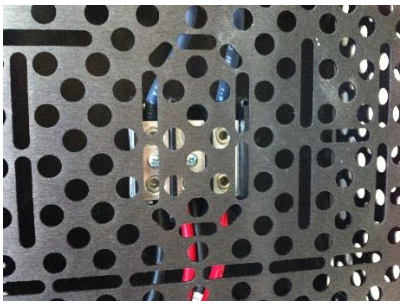


FIGURA 42 - BARRAMENTO DC 48 V SAÍDA DO CONTROLADOR (11)

4.3 Grupo gerador- combustível fóssil

Grupo gerador

O Grupo gerador que se pretende instalar neste sistema funciona como alternativa ou *backup* de emergência.

Funcionará quando não existe energia renovável eólica ou fotovoltaica produzida e armazenada, ou quando noutro tipo de sistema se necessita pontualmente de maior potência.

O Grupo gerador deverá ser dimensionado para garantir a potência de consumo durante o período de tempo em que não é possível produzir energia proveniente de fontes renováveis.

Por forma a otimizar e diminuir os tempos de funcionamento do grupo gerador, o mesmo foi instalado como carregador do banco de baterias, pois, desta forma o gerador é utilizado na sua potência máxima (máxima eficiência) diminuindo o tempo de utilização.

A potência do grupo gerador (Pge) obteve-se através da relação entre a potência de consumo estimada (Pce) e o fator de carga (Fc) da instalação.

$$\boldsymbol{Pge = Pce * Fc}$$

O grupo gerador combustível fóssil proposto é da marca *Euroger*, modelo L6 monofásico de 6 kW.

Este gerador (Figura 43) é incorporado por forma a garantir a alimentação e carga às baterias se ocorrer um período prolongado de tempo sem luminosidade suficiente e vento, que permita a recarga do sistema de baterias. (12)

FIGURA 43 - GRUPO GERADOR A COMBUSTÍVEL FÓSSIL MONOFÁSICO

Visto os *shelter* serem pequenos e ser impossível a colocação do gerador dentro dos mesmos, o gerador proposto é canopiado para instalação exterior.

Um dos pontos importantes é a análise dos aspetos logísticos relacionados com a disponibilidade de combustível e facilidade de acessos resumem-se a:

- Verificação dos possíveis pontos de venda e entrega de combustível com veículos próprios;
- Garantia de acesso aos locais para reabastecimento;
- Armazenagem do combustível em tanque próprio licenciado e no cumprimento dos critérios de garantia da segurança das pessoas e bens.

4.4 Elementos recolhidos

No processo de operação pretende-se seguir desde a colocação em exploração um sistema de otimização operacional do sistema híbrido, que consiste nos seguintes aspetos:

1. Minimizar consumo de combustível fóssil (combustível fóssil)
2. Rentabilizar a energia produzida pelas fontes renováveis
3. Otimização da vida útil do banco de baterias
4. Otimização dos consumos para períodos de maior produção

Das quatro razões apontadas a única que acresce significativamente os custos de exploração é a necessidade de colocação do grupo gerador em funcionamento pois que como se trata de sistema híbrido isolado o grupo é o equipamento de produção de energia que garante a continuidade de serviço por ausência dos meios naturais.

Face a esta certeza o grupo entrará em funcionamento por patamar de descarga das baterias, que corresponde a 10% do valor nominal de tensão primária do sistema (48 V DC) assim o sistema garante que o gerador só é ligado se este valor for atingido e as fontes de produção associadas a elementos naturais não conseguirem repor os níveis de tensão no banco de baterias.

4.5 Colocação em operação

Após colocação do sistema em Operação sem consumo recolheram-se os dados apresentados nas tabelas 22- 25.

TABELA 22 - RECOLHA DE DADOS DIA 21/03/2013

Registo de de cargas do sistema hibrido do REP20 - Medidas recolhidas em 21-03-2013

Controlador de Carga Solar A3

Histórico Diário

Dia	IN	Carga batt	OUT
15/03/2013	237,0 Ah	99%	0,0 Ah
16/03/2013	143,9 Ah	45%	0,0 Ah
17/03/2013	235,0 Ah	43%	0,0 Ah
18/03/2013	274,0 Ah	98%	0,0 Ah
19/03/2013	134,0 Ah	99%	0,0 Ah
20/03/2013	295,0 Ah	47%	0,0 Ah
21/03/2013	297,0 Ah	71%	0,0 Ah

Histórico Semanal

Semana	IN	Carga batt	OUT
S0	1706,0 Ah	62%	0,0 Ah
S-1	944,0 Ah	67%	0,0 Ah
S-2	1708,0 Ah	56%	0,0 Ah
S-3	1141,0 Ah	84%	0,0 Ah
S-4	824,0 Ah	99%	0,0 Ah
S-5	153,0 Ah	78%	0,0 Ah
S-6	772,0 Ah	44%	0,0 Ah

Controlador de Carga Solar A4

Histórico Diário

Dia	IN	Carga batt	OUT
15/03/2013	148,0 Ah	99%	0,0 Ah
16/03/2013	56,0 Ah	90%	0,0 Ah
17/03/2013	120,0 Ah	99%	0,0 Ah
18/03/2013	132,0 Ah	55%	0,0 Ah
19/03/2013	38,0 Ah	99%	0,0 Ah
20/03/2013	148,0 Ah	99%	0,0 Ah
21/03/2013	134,0 Ah	99%	0,0 Ah

Histórico Semanal

Semana	IN	Carga batt	OUT
S0	745,0 Ah	96%	0,0 Ah
S-1	267,0 Ah	98%	0,0 Ah
S-2	771,0 Ah	99%	0,0 Ah
S-3	484,0 Ah	99%	0,0 Ah
S-4	425,0 Ah	99%	0,0 Ah
S-5	151,0 Ah	96%	0,0 Ah
S-6	223,0 Ah	66%	0,0 Ah

Controlador de Carga Aerogerador

Produção acumulada

Dia	kWh	kAh

Velocidade do vento

Dia	Média	Pico

PoW

Dia	Média	Pico

Logger de aquisição de energia consumida em 220 VAC (ainda não instalado nesta data)

Nivel de Tensão	222 V
Consumo	
Amostragem	
Potencia Max.	
Consumo Max.	

Após a colocação do sistema em operação iniciou-se a recolha de elementos conforme se pode verificar na tabela 22 na recolha de elementos inicial alguns valores ficaram por obter por desconhecimento de todas as potencialidades dos equipamentos instalados. Verificou-se no entanto que apesar do local de instalação se localizar numa área com incidência solar média, era possível atingir os objetivos propostos e calculados.

TABELA 23 - RECOLHA DE DADOS DIA 17/05/2013

Registo de de cargas do sistema hibrido do REP20 - Medidas recolhidas em 17-05-2013

Controlador de Carga Solar A3

Histórico Diário

Dia	IN	Carga batt	OUT
11/05/2013	201,4 Ah	99%	0,0 Ah
12/05/2013	209,6 Ah	45%	0,0 Ah
13/05/2013	185,2 Ah	43%	0,0 Ah
14/05/2013	154,5 Ah	98%	0,0 Ah
15/05/2013	178,7 Ah	99%	0,0 Ah
16/05/2013	210,2 Ah	47%	0,0 Ah
17/05/2013	74,7 Ah	71%	0,0 Ah

Histórico Semanal

Semana	IN	Carga batt	OUT
S0	1266,0 Ah	62%	0,0 Ah
S-1	1147,0 Ah	67%	0,0 Ah
S-2	1209,0 Ah	56%	0,0 Ah
S-3	1309,0 Ah	84%	0,0 Ah
S-4	943,0 Ah	99%	0,0 Ah
S-5	945,0 Ah	78%	0,0 Ah
S-6	593,0 Ah	44%	0,0 Ah

Controlador de Carga Solar A4

Histórico Diário

Dia	IN	Carga batt	OUT
11/05/2013	154,2 Ah	99%	0,0 Ah
12/05/2013	152,3 Ah	90%	0,0 Ah
13/05/2013	151,9 Ah	99%	0,0 Ah
14/05/2013	147,7 Ah	55%	0,0 Ah
15/05/2013	139,9 Ah	99%	0,0 Ah
16/05/2013	110,5 Ah	99%	0,0 Ah
17/05/2013	36,5 Ah	99%	0,0 Ah

Histórico Semanal

Semana	IN	Carga batt	OUT
S0	939,0 Ah	96%	0,0 Ah
S-1	881,0 Ah	98%	0,0 Ah
S-2	846,0 Ah	99%	0,0 Ah
S-3	1066,0 Ah	99%	0,0 Ah
S-4	719,0 Ah	99%	0,0 Ah
S-5	523,0 Ah	96%	0,0 Ah
S-6	464,0 Ah	66%	0,0 Ah

Controlador de Carga Aerogerador

Produção acumulada

Dia	kWh	kAh
04/02/2014	8	6595

Velocidade do vento

Dia	Média	Pico
04/02/2014	0,00 km/h	91,89 km/h

PoW

Dia	Média	Pico
04/02/2014	5028 W/m 2	3209 W/m 2

Logger de aquisição de energia consumida em 220 VAC

Nivel de Tensão	222 V
Consumo	153,78 kWh
Amostragem	1365 h
Potencia Max.	204 W
Consumo Max.	0,99 A

Com o aprofundamento do conhecimento do sistema, a Tabela 23 ficou mais preenchida, permitindo uma análise e elaboração de propostas de ajuste dos sistemas ao empreiteiro. Estas conformidades começam a surgir nos valores recolhidos e presentes na Tabela 23.

TABELA 24 - RECOLHA DE DADOS DIA 06/09/2013

Registo de de cargas do sistema hibrido do REP20 - Medidas recolhidas em 06-09-2013

Controlador de Carga Solar A3

Histórico Diário

Dia	IN	Carga batt	OUT
31/08/2013	116,1 Ah	99%	0,0 Ah
01/09/2013	110,1 Ah	45%	0,0 Ah
02/09/2013	102,1 Ah	43%	0,0 Ah
03/09/2013	98,3 Ah	98%	0,0 Ah
04/09/2013	94,9 Ah	99%	0,0 Ah
05/09/2013	96,5 Ah	47%	0,0 Ah
06/09/2013	38,5 Ah	71%	0,0 Ah

Histórico Semanal

Semana	IN	Carga batt	OUT
S0	727,0 Ah	62%	0,0 Ah
S-1	803,0 Ah	67%	0,0 Ah
S-2	736,0 Ah	56%	0,0 Ah
S-3	704,0 Ah	84%	0,0 Ah
S-4	840,0 Ah	99%	0,0 Ah
S-5	888,0 Ah	78%	0,0 Ah
S-6	789,0 Ah	44%	0,0 Ah

Controlador de Carga Solar A4

Histórico Diário

Dia	IN	Carga batt	OUT
31/08/2013	147,0 Ah	99%	0,0 Ah
01/09/2013	146,0 Ah	90%	0,0 Ah
02/09/2013	153,6 Ah	99%	0,0 Ah
03/09/2013	139,5 Ah	55%	0,0 Ah
04/09/2013	134,8 Ah	99%	0,0 Ah
05/09/2013	122,7 Ah	99%	0,0 Ah
06/09/2013	32,0 Ah	99%	0,0 Ah

Histórico Semanal

Semana	IN	Carga batt	OUT
S0	999,0 Ah	96%	0,0 Ah
S-1	1034,0 Ah	98%	0,0 Ah
S-2	1015,0 Ah	99%	0,0 Ah
S-3	1026,0 Ah	99%	0,0 Ah
S-4	869,0 Ah	99%	0,0 Ah
S-5	802,0 Ah	96%	0,0 Ah
S-6	813,0 Ah	66%	0,0 Ah

Controlador de Carga Aerogerador

Produção acumulada

Dia	kWh	kAh
06/09/2013	315	

Velocidade do vento

Dia	Média	Pico

PoW

Dia	Média	Pico

Logger de aquisição de energia consumida em 220 VAC

Nivel de Tensão	222 V
Consumo	446,46 kWh
Amostragem	4053 h
Potencia Max.	204 W
Consumo Max.	0,99 A

A partir dos dados da Tabela 24 verifica-se que o sistema começa a apresentar consumos (cargas) ainda em fase de testes

TABELA 25 - RECOLHA DE DADOS DIA 04/02/2014

Registo de de cargas do sistema hibrido do REP20 - Medidas recolhidas em 04-02-2014

Controlador de Carga Solar A3

Histórico Diário

Dia	IN	Carga batt	OUT
04/02/2014	1,9 Ah	99%	0,0 Ah
03/02/2014	51,8 Ah	45%	0,0 Ah
02/02/2014	62,7 Ah	43%	0,0 Ah
01/02/2014	63,4 Ah	98%	0,0 Ah
31/01/2014	13,5 Ah	99%	0,0 Ah
30/01/2014	59,2 Ah	47%	0,0 Ah
29/01/2014	81,8 Ah	71%	0,0 Ah
28/01/2014	20,5 Ah	99%	0,0 Ah

Histórico Semanal

Semana	IN	Carga batt	OUT
S0	251,0 Ah	62%	0,0 Ah
S-1	241,0 Ah	67%	0,0 Ah
S-2	420,0 Ah	56%	0,0 Ah
S-3	250,0 Ah	84%	0,0 Ah
S-4	111,0 Ah	99%	0,0 Ah
S-5	187,0 Ah	78%	0,0 Ah
S-6	293,0 Ah	44%	0,0 Ah
S-7	573,0 Ah	19%	0,0 Ah

Histórico Global

(desde o inicio)

IN	Carga batt	OUT
42,0 kAh	13%	0,0 kAh

Estimativa da capacidade

380Ah

Controlador de Carga Solar A4

Histórico Diário

Dia	IN	Carga batt	OUT
04/02/2014	2,5 Ah	99%	0,0 Ah
03/02/2014	43,7 Ah	90%	0,0 Ah
02/02/2014	47,5 Ah	99%	0,0 Ah
01/02/2014	62,6 Ah	55%	0,0 Ah
31/01/2014	14,6 Ah	99%	0,0 Ah
30/01/2014	46,4 Ah	99%	0,0 Ah
29/01/2014	78,9 Ah	99%	0,0 Ah
28/01/2014	21,3 Ah	99%	0,0 Ah

Histórico Semanal

Semana	IN	Carga batt	OUT
S0	220,0 Ah	96%	0,0 Ah
S-1	351,0 Ah	98%	0,0 Ah
S-2	253,0 Ah	99%	0,0 Ah
S-3	117,0 Ah	99%	0,0 Ah
S-4	186,0 Ah	99%	0,0 Ah
S-5	220,0 Ah	96%	0,0 Ah
S-6	393,0 Ah	66%	0,0 Ah
S-7	216,0 Ah	85%	0,0 Ah

Histórico Global

(desde o inicio)

IN	Carga batt	OUT
34,0 kAh	45%	0,0 kAh

Estimativa da capacidade

380Ah

Controlador de Carga Aerogerador

Produção acumulada

Dia	kWh	kAh
04/02/2014	8	6595

Velocidade do vento

Dia	Média	Pico
04/02/2014	0,00 km/h	91,89 km/h

PoW

Dia	Média	Pico
04/02/2014	5028 W/m 2	3209 W/m 2

Nota: Acidentalmente foi feito um reset neste dia

Logger de aquisição de energia consumida em 220 VAC

Nivel de Tensão	222 V
Consumo	834,23 kWh
Amostragem	7682 h
Potencia Max.	204 W
Consumo Max.	0,99 A

A Tabela 25 apresenta a última recolha de dados relativos ao momento em que o sistema está em testes de capilaridade e os consumos estão estabilizados. O recurso ao uso do grupo gerador foi monitorizado tendo o sistema pedido o funcionamento pelo período de duas horas desde a colocação em operativo.

Capítulo 5

5 Análise de Resultados

5.1 Descrição dos dados

Após a conclusão dos trabalhos associados ao sistema de automação e configuração do processo de telegestão incluindo a instalação de torres e antenas de comunicações, iniciou-se o processo de colocação em serviço.

TABELA 26 - ANÁLISE DE RESULTADOS

Datas	Produção fotovoltaica kWh	Produção eolica kWh	GG kWh	Consumos kWh
21/mar	495	12,26		
17/mai	617	136,54		153,78
06/set	578	314,88		446,46
04/fev	2148	328,73		834,23
Total	2148	328,73	0	1434,47

Verifica-se que a energia produzida é suficiente para os consumos apresentados nesta fase. A componente fotovoltaica demonstra uma produção mais elevada que a componente eólica devido ao pouco consumo ainda verificado do sistema, época do ano.

Verifica-se o efeito sazonal na diferença de produção por tipo de energia, dando relevo ao efeito de compensação dos diferentes tipos de produção apesar da amostragem ser reduzida.

O resultado pretendido é o funcionamento a 100% do sistema de monitorização e controlo central da telegestão, para que tal fosse possível instalou-se sistema de monitorização do funcionamento das antenas e pontos repetidores, como o interesse está centralizado no ponto repetidor de Paredes de Coura abaixo evidenciamos amostragem do funcionamento do repetidor em apreço

No anexo 2 detalha-se o período de funcionamento de um dos rádios do sistema em apreciação (REP20) onde se pode confirmar a data de colocação em serviço e a disponibilidade e indisponibilidade do sistema, sendo que algumas das indisponibilidades podem não corresponder a falhas de fornecimento de energia mas sim perda de comunicação.

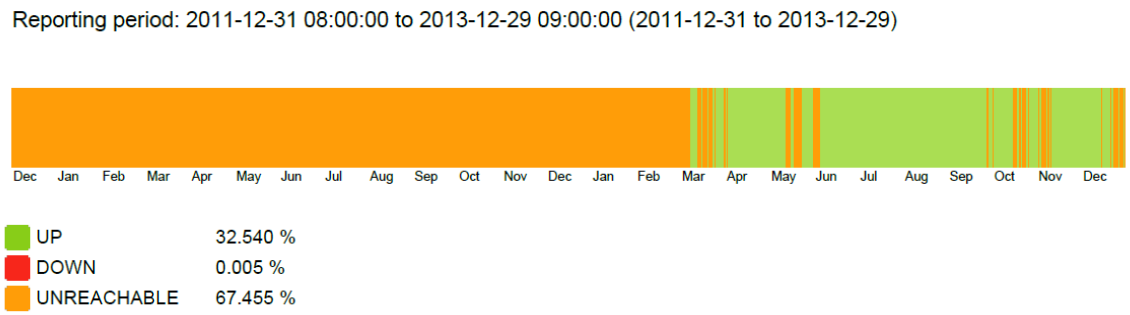


FIGURA 44 - FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE COMUNICAÇÕES

Conforme pode ser observado a antena nunca esteve desligada apenas não se conseguia alcançar em sistema rádio, dados do sistema INOSS EFACEC

5.2 Conclusão

Da análise da produção clássica de energia, e sistemas com energias renováveis, identificaram-se as possíveis alternativas de produção de energia a alimentar uma estação remota de telecomunicações. Dentro do estudo dos diversos sistemas de distribuição clássica existentes ou conhecidos, identificou-se a rede elétrica e o motor *diesel* (sistema redundante) como os sistemas de transporte e produção mais indicados para a nossa aplicação.

Por outro lado, e dentro das inúmeras energias renováveis hoje conhecidas e exploradas, optou-se pelos sistemas de produção fotovoltaicos e eólicos uma vez que são os mais indicados para este tipo de aplicação. Adicionalmente, e de forma a garantir-se o fornecimento ininterrupto de energia à estação, analisaram-se as possíveis soluções de armazenamento conhecidas, tendo-se assim optado por baterias Chumbo Ácido, Estacionárias, na classe das VRLA.

Com base na caracterização do consumo da estação remota, baseada em dados reais, uma vez que é conhecida a implementação física de 5 destas estações remotas (5 repetidores ativos) e suas localizações, foi possível traçar o perfil de carga e confrontá-lo com os diversos sistemas produtores identificados.

Dentro da produção renovável concluiu-se que tecnicamente a melhor solução seria optarmos por um sistema híbrido (fotovoltaico e eólico), uma vez que lidamos com fontes naturais de características aleatórias, mas independentes entre si.

Da verificação efetuada após colocação em serviço, a torre monitorizada tem garantido o seu funcionamento com o mínimo recurso à utilização do grupo gerador. No período experimental de 8 meses, a torre de comunicações tem-se mantido disponível permitindo-nos concluir que o sistema eólico tem compensado a ausência de luz solar na produção efetiva de energia.

De facto, verificámos que a produção de energia eólica é em média superior durante o Inverno, enquanto no Verão é a fotovoltaica que mais produz, complementando-se portanto.

Mais, da análise da produção eólica neste local verificámos que esta é mais regular durante os vários meses do ano pois esta que habitualmente é considerada um dado irregular pois torna-se difícil de perceber quando fará vento ou não, no entanto a produção fotovoltaica que é bem mais regular, previsível e estável, também tem exceções como o mês de Outubro de 2013 em que não ocorreu qualquer tipo de produção de energia.

Da avaliação económica de investimentos, tendo como base um tempo de vida útil de 25 anos, verificou-se que a solução dentro das energias renováveis com menor custo médio unitário atualizado (Ca) é aquela que utiliza apenas aerogeradores (turbinas), mas tecnicamente e como foi referido, há todo o interesse em combinar estas duas fontes de energia, eólica e fotovoltaica; donde, a solução híbrida final que satisfaz as necessidades energéticas da nossa estação de telecomunicações localizada em Formariz Paredes de Coura e com menor custo médio unitário devido à redução da utilização do grupo gerador a *diesel*.

O sistema híbrido economicamente é também uma solução muito interessante. Apesar de os painéis fotovoltaicos terem ainda um custo elevado, produzem instantaneamente menos energia que as turbinas eólicas mas a sua eficácia é superior pela constância de produção ao longo do tempo (Tabela 26).

O valor atual líquido (VAL) deste empreendimento rondou assim os 21.000,00€ por local valor com comparticipação a fundo perdido de 80% que estabeleceu um custo médio de instalação por local de

4.200,00€, uma vez que não se consideraram receitas pois toda a energia produzida é consumida pelo nosso sistema.

Relativamente à distribuição de custos deste investimento, 27% são dedicados às componentes fotovoltaicas, 16% às componentes eólicas, 16% para encargos de operação e manutenção, e finalmente 41% para o banco de baterias que corresponde de longe à maior fatia do orçamento.

Os resultados mostram que efetivamente a melhor solução é a ligação à rede elétrica desde que a mesma esteja junto à estação, caso contrário, os valores e exigências tornam-se impraticáveis.

Para além da viabilidade económica dos projetos relacionados com energias alternativas, é importante reter que estes apresentam vantagens ambientais importantes com a redução de emissões CO2 contribuindo assim para um desenvolvimento mais sustentável da sociedade atual e futura.

Referencias

1. (s.d.). *Energia Fotovoltaica como Fonte de Sustentabilidade.* José Carlos Ferreira Júnior e António Carlos Demanboro - Recife: 2009 Apresentação no ambito do V Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis.

2. (s.d.). *Dissertação com o titulo"ANÁLISE DA VIABILIZAÇÃO DE COMERCIALIZAÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA GERADA POR FONTES ALTERNATIVAS E RENOVÁVEIS: ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA E FLORESTA ENERGÉTICA".* Recife, Abril de 2008 : Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Universidade de Pernambuco, como parte dos requisitos necessários à obtenção do Título de Especialista em Comercialização de Energia Elétrica Autor: JOSÉ BIONE DE MELO FILHO.

3. (s.d.). *Dissertação "Sistema de Seguimento Solar em Produção de Energia Fotovoltaica".* Porto - 2013: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto - Engº Ramiro José Monteiro Cortez.

4. (s.d.). *Artigo Centro de Referencia para a Energia Solar e Eólica.* Brasil - Maio de 2008: CRESESB Energia Eólica Principios e Tecnologia - Revisão, Ampliação e Actualização por Ricardo Marques Dutra.

5. (s.d.). *Dissertação "Optimização de Estratégias de Operação de Sistemas Híbridos".* Porto - Julho 2009: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto- Engº Paulo Jorge soares Ribeiro.

6. (s.d.). *Demonstrar e explicar a existência de sistemas de energias (sistema híbrido) documento publicado pelo Professor Jaime Cirilo da Cruz com base.* Universidade de Pernambuco - 2008: Sistemas Hibridos 1ª Edição 2008 Eduardo José Fagundes Barreto e João Tavares Pinho e Geração de Energia Eléctrica 2ª Edição - Lineu Belico dos Reis.

7. (s.d.). *Estudo de Caracteristicas Electricas e Termicas de Inversores para Sistemas Fotovoltaicos Ligados à Rede.* Porto Alegre - 2010: Universidade Federal do rio Grande do Sul - Giuliano Arns Rampinelli.

8. (s.d.). *MANUAL DE INSTALAÇÃO DE INVERSORES DE REDE SERIE AJ - STECA.* Suiça - 2011: Fabricante dos Equipamentos Studder Inotec S.A.

9. (s.d.). *GUIA DE INSTALAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS - EFACEC ENERGIA.* Leça do Balio - 2010: Guia Fornecido pela Empresa Instaladora no ambito de formação de técnicos .

10. (s.d.). *RTIEBT - Regulamento Tecnico de Instalações Eléctricas em Baixa Tensão.* Ministério da Economia e Inovação - Diário da República Portaria nº 949-A/2006 11 de Setembro.

11. (s.d.). *MANUAL DE INSTALAÇÃO E MONTAGEM DE TURBINAS WHISPER 500.* Arizona - 2006: Fornecido pelo Fabricante Southwest Windpower, Inc.

12. (s.d.). *MANUAL DE INSTALAÇÃO E COLOCAÇÃO EM SERVIÇO DE GRUPOS ELECTROGENEOS EUROGER.* TROFA - 2011: Elementos Fornecidos pelo Fabricante - MOPAVE - Motores e Peças do AVE.

13. (s.d.). *Fornecimento, Montagem e Colocação em Serviço do Sistema de Telegestão do Projecto Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água e de Saneamento do Minho-Lima.* Barcelos 2010: Águas do Noroeste, S.A. - Elementos de Projeto cedidos pela administração da Empresa.

14. (s.d.). *Dados Programa NSOL Simulação REP 20 Paredes de Coura.* Leça do Balio - 2011: Dados Fornecidos pela empresa Instaladora EFACEC.

15. (s.d.). *Different tracking strategies for optimizing the energetic efficiency.* Cluj Napoca - 2008: Automation, Quality and Testing, Robotics International Conference- Alexandru C. University of Brasov - Transilvania Czech Republic.

16. (s.d.). *Portal das Energias Renováveis.* Artigo Publicado no Portal em 2013.

INSTITUTO POLITÉCNICO
DE VIANA DO CASTELO

José Manuel Patrício Carreiras

SISTEMA HÍBRIDO DE PRODUÇÃO DE ENERGIA PARA SISTEMA DE COMUNICAÇÕES RÁDIO
- Anexos -

Mestrado em Sistemas de Energias Renováveis
Área / Designação do Mestrado

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor Paulo Costa

Escola Superior de Tecnologia e Gestão, 31 de dezembro de 2013

Anexos

FOLHA DE CARACTERISTICAS PAINEIS FOTOVOLTAICOS

FOLHA DE CARACTERISTICAS REGULADOR DE CARGA

FOLHA DE CARACTERISTICAS INVERSOR DE REDE

FOLHA DE CARACTERISTICAS TURBINA EÓLICA

FOLHA DE CARACTERISTICAS BATERIAS

FOLHA DE CARACTERISTICAS GRUPO GERADOR

ANEXO 2

Folha de Caracteristicas Paineis Fotovoltaicos

Módulos Solares Fotovoltaicos

Modelo FTS-120P

120 Wp

36 células de 6" (156 x 156 mm)
de silicio policristalino

Fluitecnik

sunenergy

Europa

Sede
Pol. Industrial Comarca 1,
Calle G, Parcela D30
31160 Orkoien (España)
T +34 948 309055
F +34 948 306055
EM correo@fluitecnik.com

Fábrica
MFS (Moura Fluitecnik Solar)
Polo Tecnológico de Moura. Lote nº1
7860 Moura - Portugal

América

Escritório Comercial
Fluitecnik Inc.
1591 Elmhurst Rd. Elk Grove Village
Illinois 60007 (USA)

Fábrica
Fluitecnik Solar República Dominicana, S.A.
PSCD, Aut. Las Américas Km. 27
Edif. EastPort, 104-204
Boca Chica - República Dominicana

Distribuidor / Partner

MODELO FTS-120P

Pm potência máxima	120Wp
Eficiência do módulo	12,4%
Tolerância de medição da potência máxima	+/- 5%

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

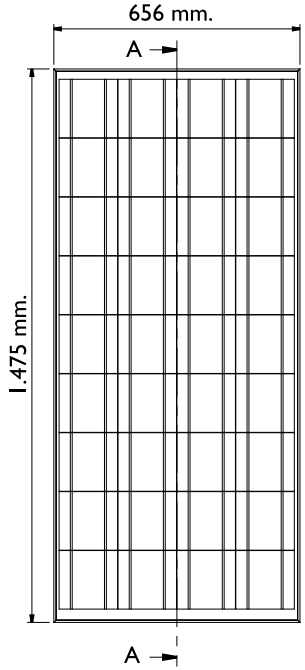
Vpm voltagem à máxima potência	16,75V
Ipm corrente à máxima potência	7,09A
Voc voltagem circuito aberto	21,71V
Isc corrente curto-circuito	7,81A
NOCT temperatura standard de funcionamento	46°C +/-2°C
Tk Pm coeficiente de perda de potência por temperatura	-0,45% / °C
Tk Isc coeficiente de temperatura da corrente curto-circuito	+0,06% / °C
Tk voc coeficiente de temperatura de voltagem circuito aberto	+0,33% / °C
Voltagem máxima operatividade	1.000 V para IEC, 600 V para UL
Díodos	2
Características do cabo	Longitude 1.000 mm, secção 4 mm². Segundo IEC 60228, Classe 5, Certificados TuV e UL.
Conectores	Tyco Solarlock IP 67
Caixa de conexões	Tyco – IP65, Certificação TÜV e UL.

Todos os dados são sob as condições standard de medição (STC). Radiância, 1000W/m². Distribuição espectral, AM1.5G. Temperatura da célula: 25°C.

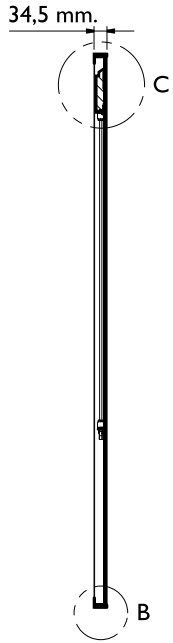
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Tipo de célula	Policristalina 6" (156 x 156 mm.)
Configuração dos módulos	4 Colunas x 9 Filas
Dimensões	1.475 x 656 x 34,5 mm.
Peso	11 Kg.
Vidro	Temperado, espessura 4 mm, baixo teor de Ferro e certificações SPF e UL.
Temperatura de funcionamento	de -40°C a 85°C
Humidade relativa	de 0 a 100%

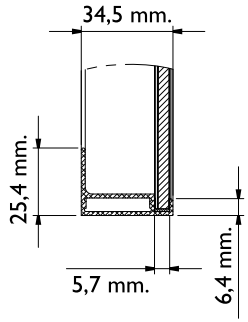
VISTA ANTERIOR



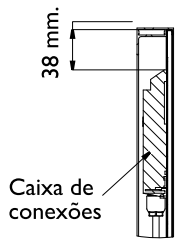
Secção A-A. Escala 1:12



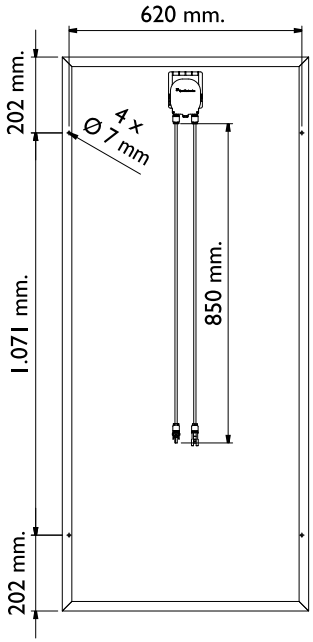
Detalhe B. Escala 1:2



Detalhe C. Escala 1:5



VISTA POSTERIOR



GARANTIAS

Garantia contra defeitos de fabrico: 2 anos

Garantia de potência: garante-se 90% do seu desempenho durante os primeiros 10 anos e 80% durante os 25 anos.

Em **http://www.fluitecnik.com/** estão disponíveis os Certificados de empresa, Certificados de produto, o Manual de utilização (instalação e segurança) e as Garantias que a Fluitecnik Sunenergy oferece em toda a sua gama de produtos.

As especificações descritas nesta ficha técnica estão sujeitas a modificação sem aviso prévio.

OBSERVAÇÕES

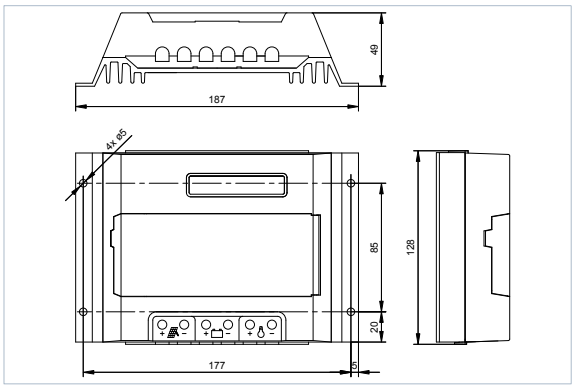
Folha de Características Regulador de Carga

Steca Tarom

235, 245, 440

The Steca Tarom is a solar charge controller specifically designed for use in telecommunications applications or in hybrid photovoltaic systems.
Numerous clever functions allow the user to adjust the controller to the particular features of the system in question. Thanks to the significantly improved state of charge determination, the system is optimally controlled and batteries are protected. The Steca Tarom charge controller is the best choice for system sizes of up to 2400 Wp at three voltage levels (12 V, 24 V, 48 V).
There is the option of connecting additional devices such as a temperature sensor, a data logger and a remote control for configuring and monitoring the system. An integrated Ah meter also provides the user with information on the energy budget of the application.

[35 A ... 45 A]



Product features

- Hybrid controller
- State of charge determination with Steca AtonIC (SOC)
- Automatic detection of voltage
- PWM control
- Multistage charging technology
- Load disconnection depending on SOC
- Automatic load reconnection
- Temperature compensation
- Common positive grounding or negative grounding on one terminal
- Integrated data logger
- Night light function with Steca PA 15
- Integrated self test
- Monthly maintenance charge
- Integrated energy meter

Electronic protection functions

- Overcharge protection
- Deep discharge protection
- Reverse polarity protection of load and module
- Reverse polarity protection by internal fuse
- Automatic electronic fuse
- Short circuit protection of load and module
- Overvoltage protection at module input
- Open circuit protection without battery
- Reverse current protection at night
- Overtemperature and overload protection
- Battery overvoltage shutdown

Displays

- Text LCD display
  — for operating parameters, fault messages, self test

Operation

- Simple menu-driven operation
- Programming by buttons
- Manual load switch

Interfaces

- RJ45 interface

Options

- External temperature sensor
- Alarm contact

Certificates

- Approved by the World Bank for Nepal
- Compliant with European Standards (CE)
- Made in Germany
- Developed in Germany
- Manufactured according to ISO 9001 and ISO 14001

	235	245	440
Characterisation of the operating performance			
System voltage	12 V (24 V)		48 V
Own consumption	14 mA		
DC input side			
Module current	35 A	45 A	40 A
DC output side			
Load current	35 A	45 A	40 A
programmable: End of charge voltage	13.7 V (27.4 V)		54.8 V
programmable: Boost charge voltage	14.4 V (28.8 V)		57.6 V
programmable: Equalisation charge	14.7 V (29.4 V)		58.8 V
programmable: Reconnection voltage (SOC / LVR)	> 50 % / 12.6 V (25.2 V)		> 50 % / 50.4 V
programmable: Deep discharge protection (SOC / LVD)	< 30 % / 11.1 V (22.2 V)		< 30 % / 44.4 V
Operating conditions			
Ambient temperature	-10 °C ... +60 °C		
Fitting and construction			
Terminal (fine / single wire)	16 mm² / 25 mm² - AWG 6 / 4		
Degree of protection	IP 32		
Dimensions (X x Y x Z)	187 x 128 x 49 mm		
Weight	550 g		

Technical data at 25 °C / 77 °F

Steca PA Tarcom
Data logger

Steca PA HS200
Shunt

Steca PA 15
Remote control

[areas of application]

Folha de Características Inversor de Rede

Inversores off Grid AJ

AJ 275-12, 350-24, ..., 2100-12, 2400-24

Os modelos AJ são inversores de onda sinusoidal, para sistemas Fotovoltaicos independentes. Uma característica particular da série AJ, é a vasta gama de potências disponíveis e níveis de tensão, constituindo um óptimo inversor para qualquer tipo de sistema.

Os cabos de ligação à bateria e da saída dos consumidores já fazem parte do inversor, o que torna simples a colocação em serviço do inversor.

O modo de "Stand-by" automático, permite reduzir o consumo próprio do inversor. Devido à excelente capacidade de suportar sobrecargas cargas críticas podem ser operadas pelo inversor.

Opções:

- 115 (V ca) / 50 Hz ; 115 (V ca) / 60 Hz ou 230 (V ca) / 60 Hz
- Terminal para ligação de um controlo remoto (ON/OFF) para os modelos AJ 275-12 até AJ 700-48
- Controlo remoto JT 8 (ON/OFF, Led) para os modelos AJ 1000-12 até AJ 2400-24

Certificados:

- Em conformidade com normas Europeias (CE)
- Fabricado na Alemanha (Steca) em instalações certificadas (ISO 9001; 14001)

***Display*:**

- Informação operacional do funcionamento do inversor com recurso a Led

Aplicações:

- Sistemas fotovoltaicos independentes da rede eléctrica pública

Características / Funcionalidades:

- Gama de potências nominais disponíveis de 274 até 2400 W
- Aplicáveis em todos os tipos de cargas
- Excelente capacidade de sobrecarga
- Detecção automática e ajustável da carga
- Excelente fiabilidade

Protecções Eléctricas:

- Descarga profunda da bateria
- Sobretensões da bateria
- Inversão de polaridade da carga, por fusível interno
- Curto-circuito das cargas
- Temperaturas altas
- Sobretensões
- Aviso sonoro de tensão de bateria baixa
- Desliga por temperaturas altas

efacec

Dados Gerais:	275-12	350-24	400-48	500-12	600-24	700-48	1000-12	1300-24	2100-12	2400-24
Tensão do Sistema (V cc)	12	24	48	12	24	48	12	24	12	24
Intervalo de Tensões Admissíveis (V cc)	10,5-16	21-32	42-64	10,5-16	21-32	42-64	10,5-16	21-32	10,5-16	21-32
Tensão Máxima (V cc)	24	44	64	24	44	64	24	44	20	44
Tensão de saída (V ca)	230 + 0/-100 % (Onda sinusoidal pura)									
Frequência de saída (Hz)	50 + / - 0,05 %									
Potência nominal @ 25º C (VA)	200	300	300	400	500	500	800	1000	2000	2000
Potência máxima em 30 min.@ 25º C (VA)	275	350	400	500	600	700	1000	1300	2100	2400
Potência máxima em 5 min.@ 25º C (VA)	350	500	600	575	675	900	1200	2000	2450	2800
Potência máxima em 5 sec.@ 25º C (VA)	450	650	1000	1000	1200	1400	2200	2800	5000	5200
Rendimento máximo (%)	93	94	94	93	94	94	93	94	92	94
Consumo em "Stand-by" (W)	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	1,0	0,3	0,4	0,5	0,4
Consumo em funcionamento sem carga (VA)	1,9	3,3	5	3,8	8,5	10,0	9,0	10,0	13,0	18,0
Taxa de Distorção com carga resistiva (%)	< 5 à potência nominal									
Coseno φ em continuo	0,1 - 1 até à potência nominal									
Detecção de Carga em "Stand-by" (W)	2			Ajustável: 1 - 20						
Controlo Remoto JT8	Indisponivel						Disponivel			
Protecção a descarga profunda da bateria	Desliga a 0,87 x Unom. - Arranque automático @ Unom									
Sobretensão	Desliga a > 1,33 x Unom. - Arranque automático a < 1,33 x Unom									
Aviso Sonoro	Antes da descarga da bateria ou por temperatura alta									
Protecção a alta temperaturas	Desliga a 75º C de temperatura do dissipador - Arranque automático a 70º C									
Protecção eléctrica	Protecção a curto-circuito; inversão de polaridade por fusível interno à excepção do modelo AJ 2100-12									
Comprimento cabos bateria / AC (m)	1,2 / 1			1,5 / 1					1,7 / 1	
Nível de ruído	< 45 dB (ventilador)									
Temperatura de operação (º C)	- 20 até + 50									
Degradação da potência de saída	- 1,5 % / ºC a partir de 25º C									
Classe de protecção	IP 30								IP 20	
Capacidade da bateria recomendada (Ah)	> 5 x Pnom / Unom									
Opções	115 V / 60 Hz disponível por encomenda									
Peso (Kg)	2,4	2,6		4,5			8,5		19	18
Dimensões (comp. x larg. x alt.) mm	163 x 142 x 84			240 x 142 x 84			448 x 142 x 84		399 x 273 x 117	

efacec
Engenharia, S.A.

Sede:
Rua Eng. Frederico Ulrich | 4471-907 Moreira Maia | Portugal | Tel: +351 229 402 000 | Fax: +351 229 403 309 | e-mail: microgeracao@efacec.pt | web: www.efacec.com

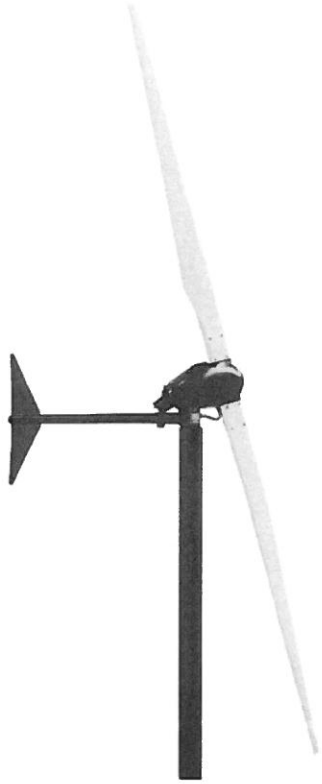
Folha de Características Turbina eólica

Southwest Windpower, Inc.

Renewable Energy Made Simple

Owners Manual

Installation, Operation and Maintenance
For Battery Charging Applications



Whisper 500 Battery Charging Wind Generator

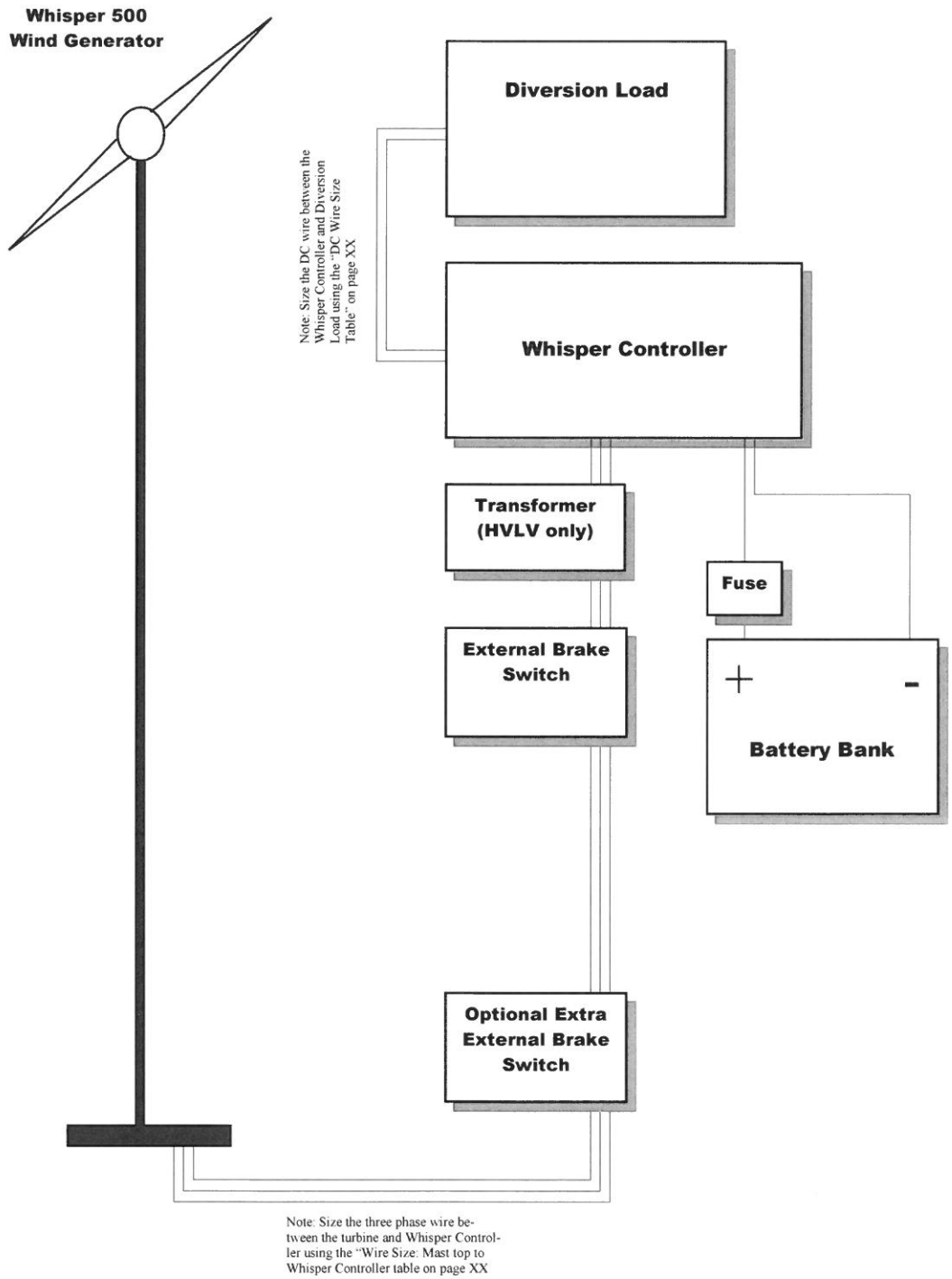
Southwest Windpower, Inc.
1801 W Route 66
Flagstaff, Arizona 86001
Phone: (928)-779-9463
Fax: (928)-779-1485

Email: info@windenergy.com
Web page: http://www.windenergy.com

WIND GENERATOR SERIAL NUMBER _____

Whisper 500 Battery Charging Schematic

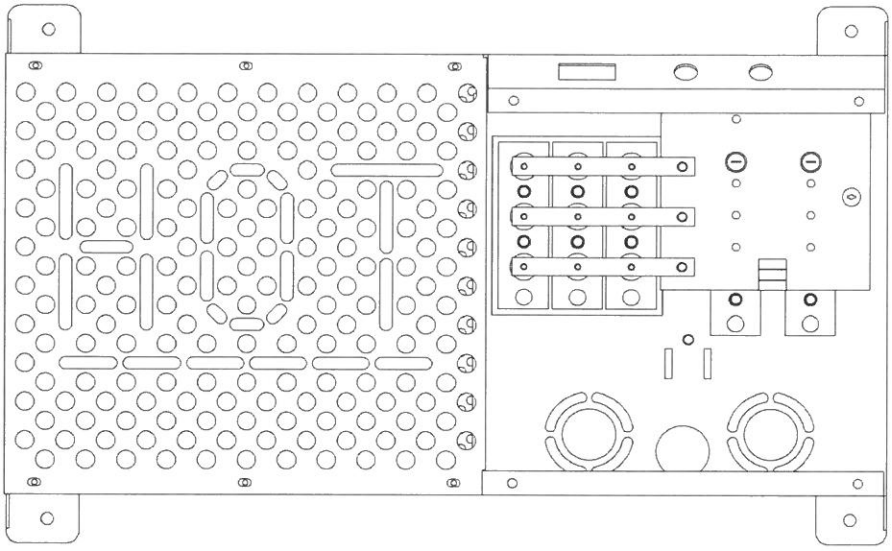
You will need to make the electrical connections as shown below.



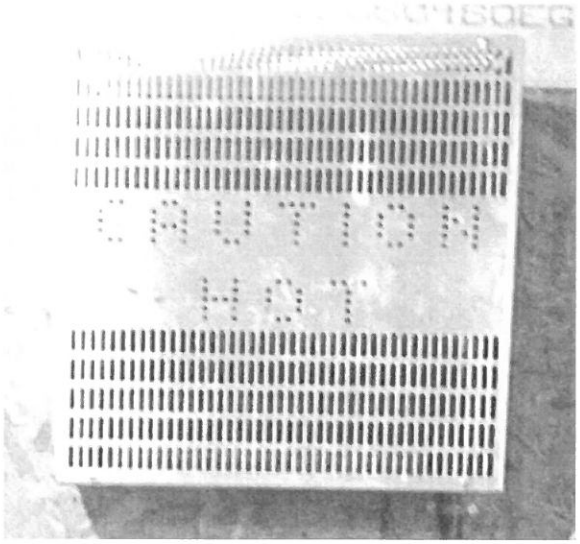
2. Controller and Diversion Load Installation

Whisper 500 Controller and 4600 Diversion Load

The Whisper 500 Controller MUST be mounted vertically on a wall as shown below. Even though the Whisper 500 Controller does not contain a diversion load, this mounting position is necessary to provide adequate cooling for the electronics and rectifier heat sink.



The 4600 Diversion Load MUST be mounted against a wall to provide adequate heat transfer. The controller must be mounted within 5 feet (1.5 meter) of the diversion load due to the precut wire length.
Do not mount the diversion load within 10 feet (3 meters) of flammable materials or near heat sensitive components. Do not mount the controller above the diversion load since the heat from the diversion load may overheat the controller.



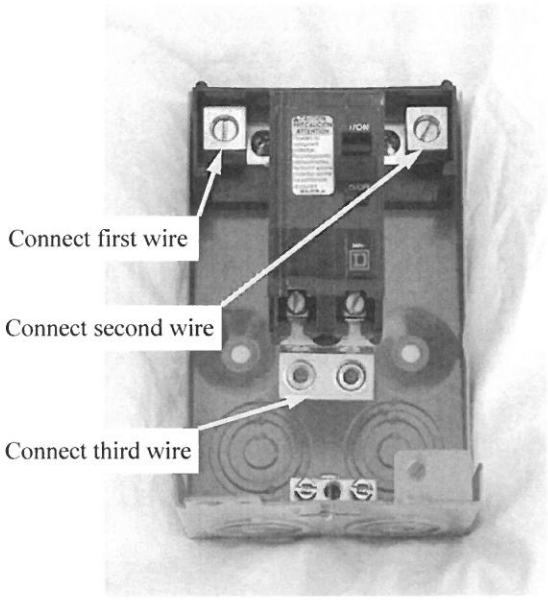
Install Brake Switch

Mount the brake switch next to the Whisper Controller on 500LV applications or near the transformer with the 500HVLV. The brake switch should be connected in parallel with the three transmission wires between the wind generator and the Whisper Controller (or transformer for HVLV systems). The brake switch operates simply by shorting all three wires together to generate braking torque on the propellers.

Note:
Disregard the original "on" and "off" marking on the switch. Moving the switch up is "brake on", and moving it down is "normal operation".

Use three #6 AWG wires to connect a wire in parallel with each of the three phases from the Whisper Controller. The three wires are connected to the three different terminals indicated on the figure to the right. The order of the three wires does not matter.

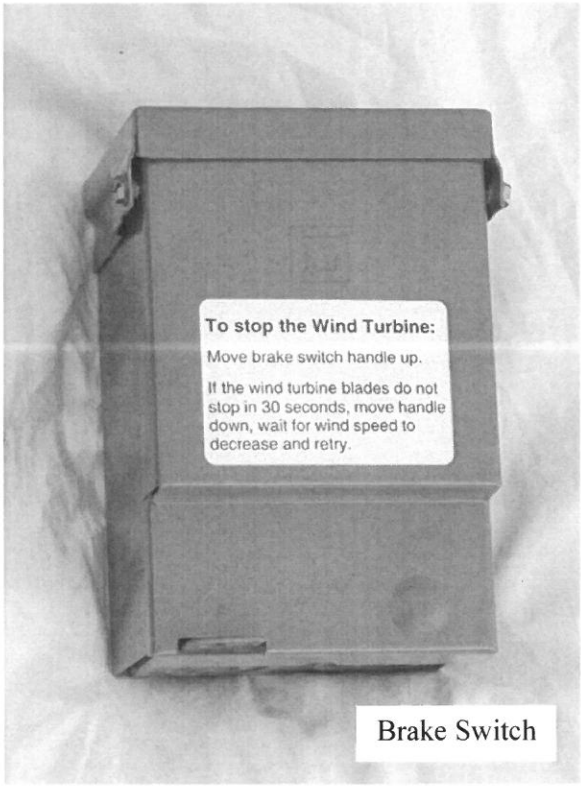
IMPORTANT: be certain the switch is between the turbine and transformer, and not between the transformer and Whisper Controller (ie brake switch is on primary side of step-down transformer).

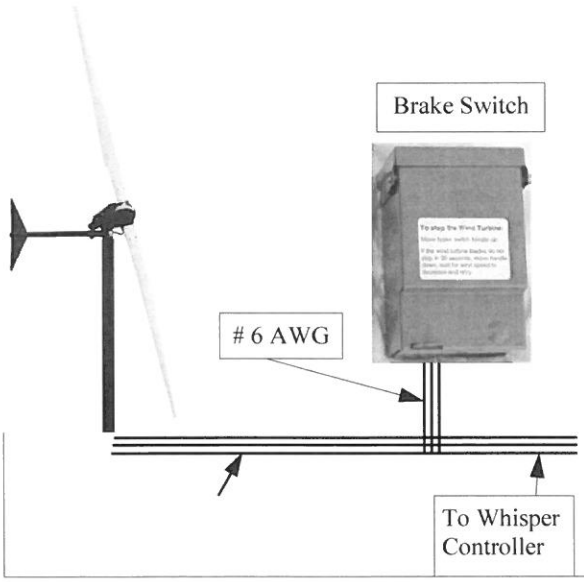


To Stop the Wind Turbine

Move brake switch handle up.

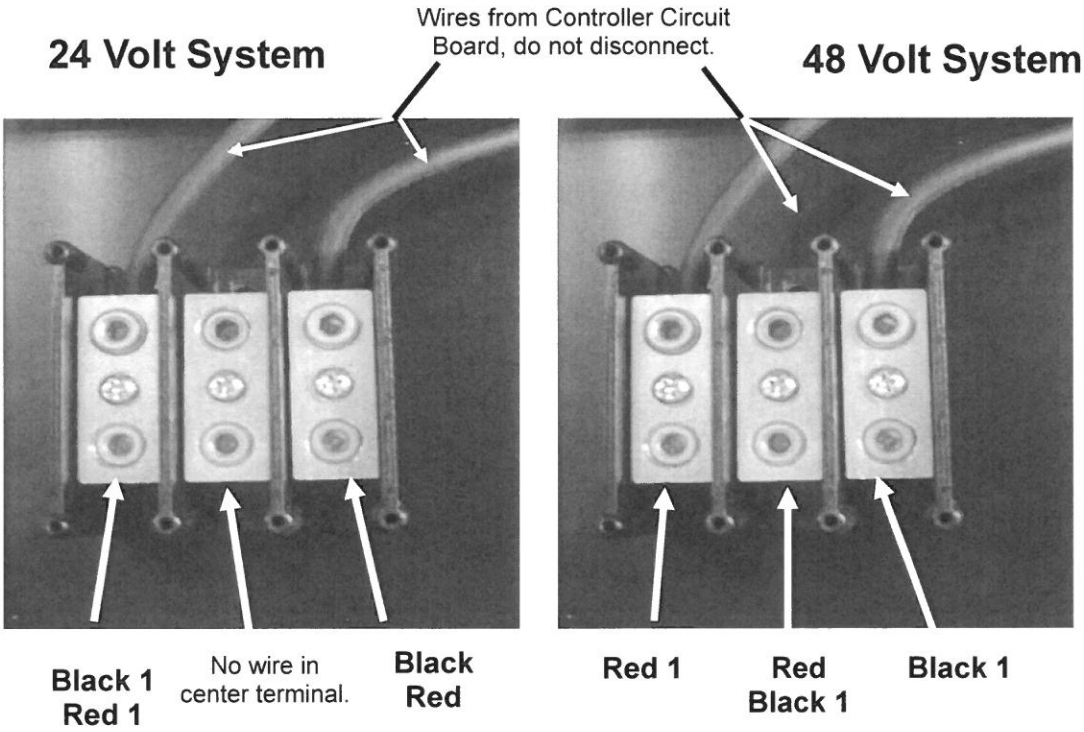
If the wind turbine blades do not stop in 30 seconds. Move handle down, wait for wind speed to decrease and retry.





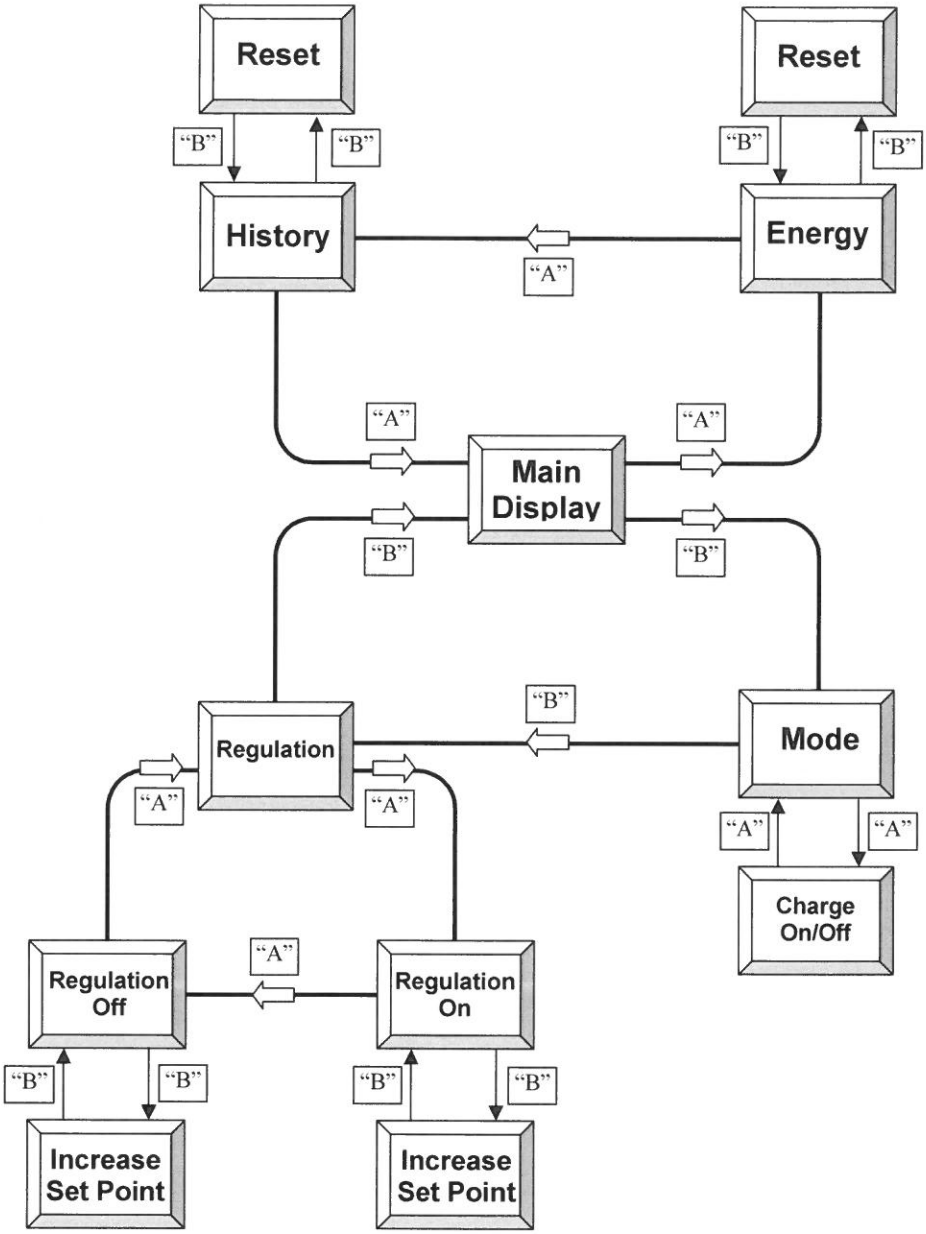
Diversion Load Wiring and Configuration

The Whisper 4600 Diversion Load includes four 8 AWG wires (labeled Red, Red 1, Black and Black 1) for connection to the terminal block in the Whisper Controller. To access the terminal block remove the left side controller cover and connect the wires as shown in the below depictions of the terminal block. Be sure to wire the terminal block for your system voltage - either 24 or 48 volts.



Transformer (High Voltage Only)

Install transformer on heat resistant surface with adequate ventilation. The Whisper 500 voltage is "stepped" down to 24, 36 or 48 volts with utilizing the transformer. Refer to the chart on the following page for specific directions for configuring the transformer voltage.



Display Menu Ring Structure

Troubleshooting

WIND GENERATOR SYSTEM

Refer to the following two trouble shooting charts. Determine if the problem is mechanical or electrical. If mechanical see table, **Symptoms of Mechanical Problems.**

Electrical problems can be in the generator or the Whisper Controller. Determine which as follows:

a) Wind generator will not start (blades turn slowly as if the brake is on): On a day of moderate wind, disconnect the three wires from the wind generator one at a time at the Whisper Controller. If the wind generator starts, the wire that allowed it to start leads to a bad diode in the Whisper Controller. Replace the diode.

b) Wind generator still does not start. On a day of moderate wind, disconnect any two wires. If the wind generator starts, the problem is in the Whisper Controller and contact Southwest Windpower. If the wind generator still does not start the problem is in the tower wiring or the wind generator. Go to Table: Symptoms of Electrical Problems.

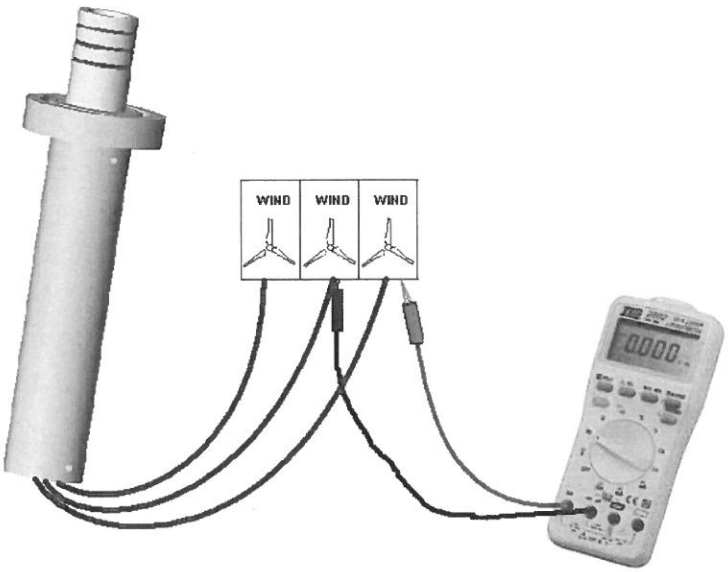
c) Wind generator is running, but may have an electrical problem. See TEST FIXTURE below.

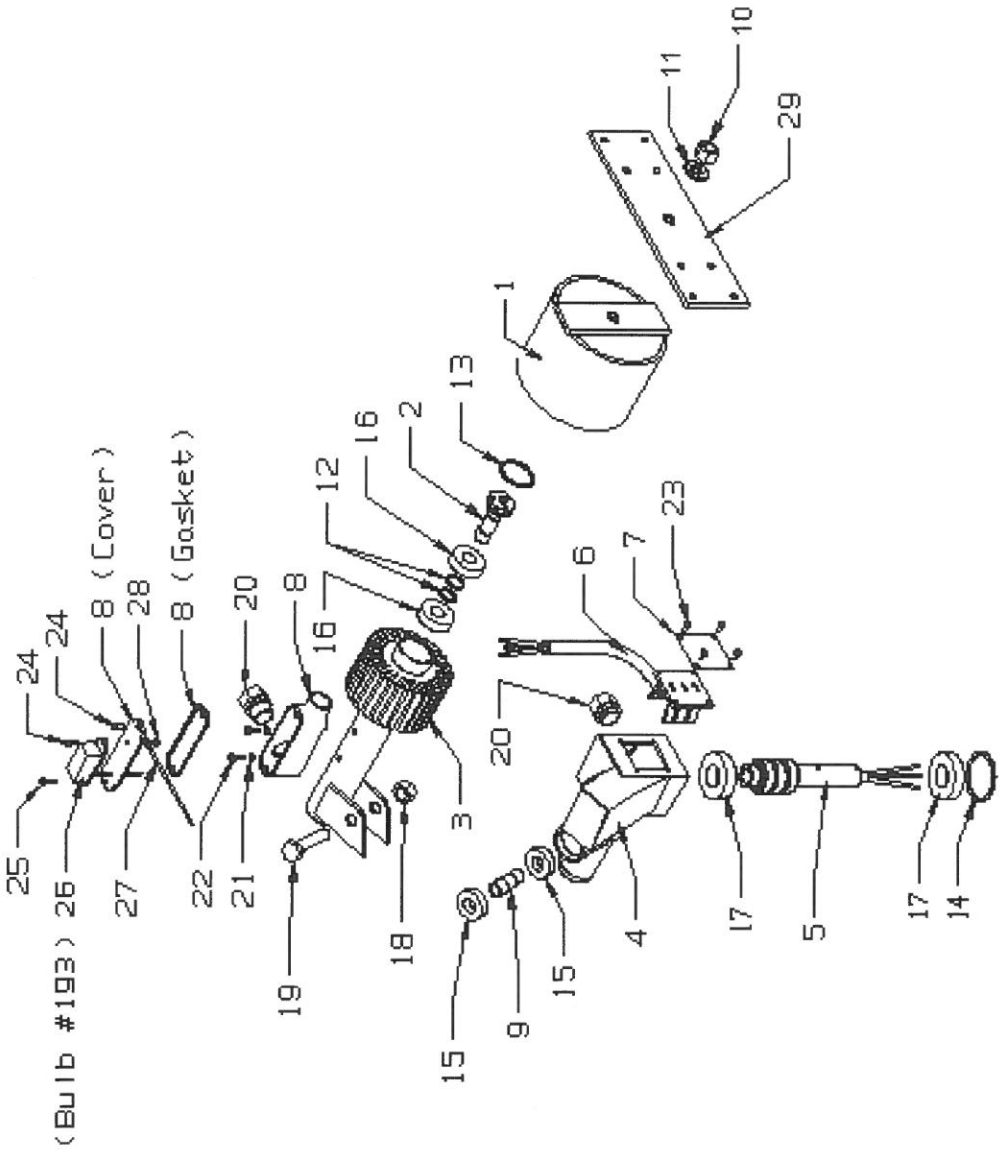
Propeller does not turn = Mechanical Problem
See Table: Symptoms of Mechanical Problems

Propeller turns slowly = Electrical Problem
See Table: Symptoms of Electrical Problems

TEST FIXTURE

In *moderate* winds, read the phase-to-phase AC voltage between each of the three phases from the wind generator with a multimeter. When the blades are spinning at a constant rpm, there should be a balanced reading of the AC voltage readings for each of the three readings.





Whisper 175 Exploded View
Whisper 175 - Vista desagregada

Folha de Características Baterias

Classic OPzS Solar

Energy storage for outstanding power applications

The Classic OPzS Solar range has been well proven for decades in medium and large power requirements. Due to their robustness, long design life and high operational safety they are ideally suitable for use in solar and wind power stations, telecommunications, power distribution companies, railways and many other safety equipment power supplies. The wide range of available capacities and sizes provides a solution for every power need, even in harsh environments.

Your benefit:

> **Optimised design for renewable energy applications** – highest cycling ability and long life

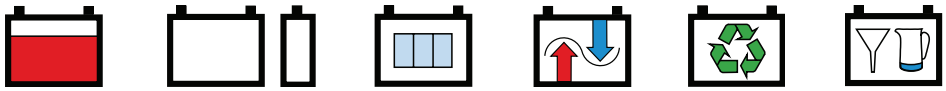
> **Special alloy and large electrolyte reserve** – very long topping up intervalls

> **Low maintenance** – saving costs

> **Completely recyclable** – low CO_2-footprint

Specifications

> Nominal capacity (C_{120} at 25 °C): 70.0 - 4600 Ah
> Very thick tubular positive plates for the most demanding applications
> Up to 2800 cycles at 60 % depth of discharge (C_{10}) with IU charging profile at 20 °C. For enhanced performance and for systems ≥ 48 V we recommend IUI charging to reach 3000 cycles and more.
> Designed in accordance with IEC 61427 and IEC 60896-11
> Screw connectors for a better contact and reliability
> Also available in dry-charged version with separate electrolyte
> High quality transparent containers for easy maintenance



Nominal Capacity 70.0 – 4600 Ah | Block battery/ Single cell | Tubular plate | up to 3000*+ cycles at 60 % depth of discharge | Recyclable | Low maintenance

*Using IUI charging at 20 °C

Classic OPzS Solar

Technical Data

Technical characteristics and data

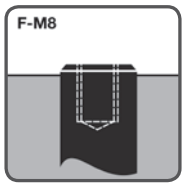
Type	Part number	Nom. voltage V	Nominal capacity C_{120} 1.85 Vpc 25 °C Ah	Length (l) max. mm	Width (b/w) max. mm	Height* (h) max. mm	Installed length (L) max. mm	Weight incl. acid approx. kg	Weight acid** approx. kg	Internal resistance mOhm	Short circuit current A	Terminal	Pole pairs
OPzS Solar 190	NVSL020190WC0FA	2	190	105	208	395	115	13.7	5.20	1.45	1400	F-M8	1
OPzS Solar 245	NVSL020245WC0FA	2	245	105	208	395	115	15.2	5.00	1.05	1950	F-M8	1
OPzS Solar 305	NVSL020305WC0FA	2	305	105	208	395	115	16.6	4.60	0.83	2450	F-M8	1
OPzS Solar 380	NVSL020380WC0FA	2	380	126	208	395	136	20.0	5.80	0.72	2850	F-M8	1
OPzS Solar 450	NVSL020450WC0FA	2	450	147	208	395	157	23.3	6.90	0.63	3250	F-M8	1
OPzS Solar 550	NVSL020550WC0FA	2	550	126	208	511	136	26.7	8.10	0.63	3250	F-M8	1
OPzS Solar 660	NVSL020660WC0FA	2	660	147	208	511	157	31.0	9.30	0.56	3650	F-M8	1
OPzS Solar 765	NVSL020765WC0FA	2	765	168	208	511	178	35.4	10.8	0.50	4100	F-M8	1
OPzS Solar 985	NVSL020985WC0FA	2	985	147	208	686	157	43.9	13.0	0.47	4350	F-M8	1
OPzS Solar 1080	NVSL021080WC0FA	2	1080	147	208	686	157	47.2	12.8	0.43	4800	F-M8	1
OPzS Solar 1320	NVSL021320WC0FA	2	1320	212	193	686	222	59.9	17.1	0.30	6800	F-M8	2
OPzS Solar 1410	NVSL021410WC0FA	2	1410	212	193	686	222	63.4	16.8	0.27	7500	F-M8	2
OPzS Solar 1650	NVSL021650WC0FA	2	1650	212	235	686	222	73.2	21.7	0.26	7900	F-M8	2
OPzS Solar 1990	NVSL021990WC0FA	2	1990	212	277	686	222	86.4	26.1	0.23	8900	F-M8	2
OPzS Solar 2350	NVSL022350WC0FA	2	2350	212	277	836	222	108	33.7	0.24	8500	F-M8	2
OPzS Solar 2500	NVSL022500WC0FA	2	2500	212	277	836	222	114	32.7	0.22	9300	F-M8	2
OPzS Solar 3100	NVSL023100WC0FA	2	3100	215	400	812	225	151	50.0	0.16	12800	F-M8	3
OPzS Solar 3350	NVSL023350WC0FA	2	3350	215	400	812	225	158	48.0	0.14	14600	F-M8	3
OPzS Solar 3850	NVSL023850WC0FA	2	3850	215	490	812	225	184	60.0	0.12	17000	F-M8	4
OPzS Solar 4100	NVSL024100WC0FA	2	4100	215	490	812	225	191	58.0	0.11	17800	F-M8	4
OPzS Solar 4600	NVSL024600WC0FA	2	4600	215	580	812	225	217	71.0	0.11	18600	F-M8	4
OPzS Solar 280	NVSL060280WC0FA	6	280	273	204	358	283	41.0	13.0	2.68	2283	F-M8	1
OPzS Solar 350	NVSL060350WC0FA	6	350	381	204	358	391	56.0	20.0	2.39	2800	F-M8	1
OPzS Solar 420	NVSL060420WC0FA	6	420	381	204	358	391	63.0	20.0	1.96	3106	F-M8	1
OPzS Solar 70	NVSL120070WC0FA	12	70.0	273	204	358	283	35.0	15.0	18.1	688	F-M8	1
OPzS Solar 140	NVSL120140WC0FA	12	140	273	204	358	283	45.0	14.0	9.26	1314	F-M8	1
OPzS Solar 210	NVSL120210WC0FA	12	210	381	204	358	391	64.0	19.0	6.46	1884	F-M8	1

Type	C_6 1.75 Vpc	C_{10} 1.80 Vpc	C_{12} 1.80 Vpc	C_{24} 1.80 Vpc	C_{48} 1.80 Vpc	C_{72} 1.80 Vpc	C_{100} 1.85 Vpc	C_{120} 1.85 Vpc	C_{240} 1.85 Vpc
OPzS Solar 190	122	132	134	145	165	175	185	190	200
OPzS Solar 245	159	173	176	190	215	230	240	245	260
OPzS Solar 305	203	220	224	240	270	285	300	305	320
OPzS Solar 380	250	273	277	300	330	350	370	380	400
OPzS Solar 450	296	325	330	355	395	420	440	450	470
OPzS Solar 550	353	391	398	430	480	515	540	550	580
OPzS Solar 660	422	469	477	515	575	615	645	660	695
OPzS Solar 765	492	546	555	600	670	710	750	765	805
OPzS Solar 985	606	700	710	770	860	920	970	985	1035
OPzS Solar 1080	669	773	784	845	940	1000	1055	1080	1100
OPzS Solar 1320	820	937	950	1030	1150	1230	1295	1320	1385
OPzS Solar 1410	888	1009	1024	1105	1225	1305	1380	1410	1440
OPzS Solar 1650	1024	1174	1190	1290	1440	1540	1620	1650	1730
OPzS Solar 1990	1218	1411	1430	1550	1730	1850	1950	1990	2090
OPzS Solar 2350	1573	1751	1770	1910	2090	2200	2300	2350	2470
OPzS Solar 2500	1667	1854	1875	2015	2215	2335	2445	2500	2600
OPzS Solar 3100	2080	2318	2343	2520	2755	2910	3040	3100	3250
OPzS Solar 3350	2268	2524	2550	2740	2985	3135	3280	3350	3520
OPzS Solar 3850	2592	2884	2915	3135	3430	3615	3765	3850	4040
OPzS Solar 4100	2775	3090	3125	3355	3650	3840	4000	4100	4300
OPzS Solar 4600	3099	3451	3490	3765	4100	4300	4500	4600	4850
OPzS Solar 280	203	206	229	250	296	304	287	294	338
OPzS Solar 350	245	257	284	311	374	383	355	364	424
OPzS Solar 420	284	309	322	354	420	432	408	417	482
OPzS Solar 70	55.0	51.5	63.7	69.4	78.4	79.8	81.0	82.7	92.9
OPzS Solar 140	95.4	103	108	118	141	145	136	139	162
OPzS Solar 210	131	154	162	177	206	217	203	210	234

Capacities in Ah (C_6 – C_{240} at 25 °C)

* Includes installed connector, the above mentioned height can differ depending on the used vent(s).
** Acid density d_N = 1.24 kg/l

Terminal and torque



12 Nm for blocks;
20 Nm for cells

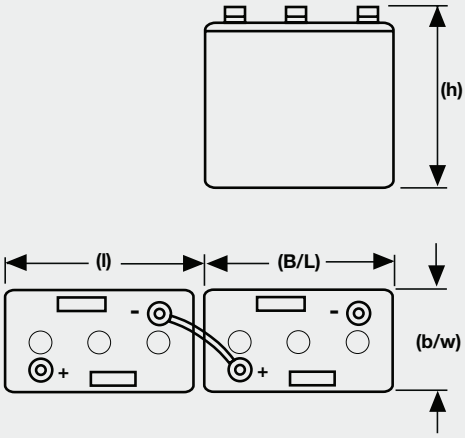
Data are also valid for dry charged version.
Change »**W**« (Wet) to »**D**« (Dry) in the part number.
E.g.:
> filled and charged: NVSL120070 **W** C0FA
> dry charged: NVSL120070 **D** C0FA

Classic OPzS Solar

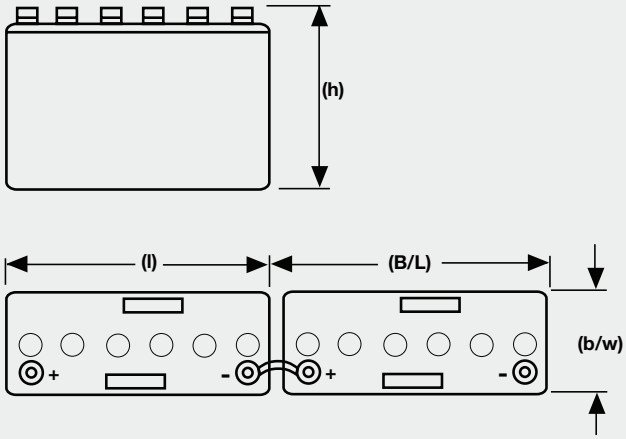
Drawings

Drawings with terminal position

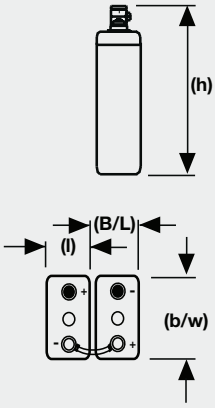
6 V Blocks



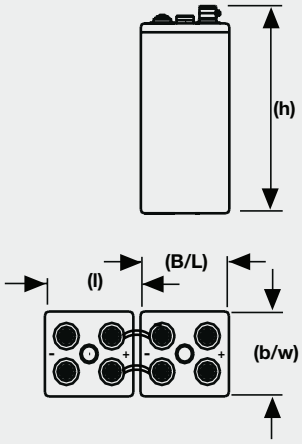
12 V Blocks



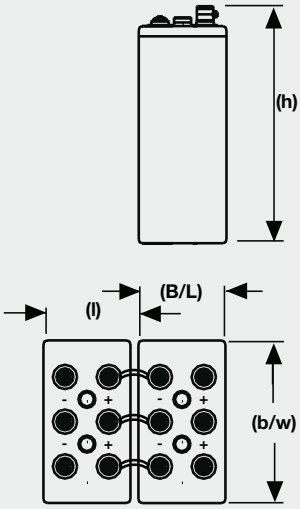
OPzS Solar 190 – OPzS Solar 1080



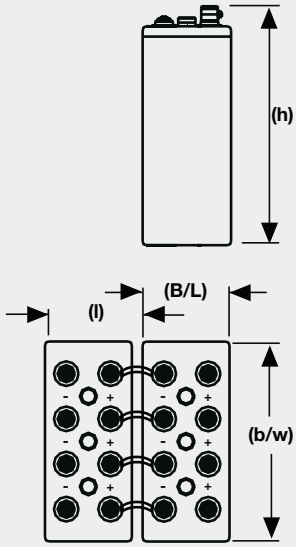
OPzS Solar 1320 – OPzS Solar 2500



OPzS Solar 3100 – OPzS Solar 3350



OPzS Solar 3850 – OPzS Solar 4600



Not to scale!

Folha de Características Grupo Gerador

Características Técnicas

	SÉRIE		Maxi Light
	MODELO		L6
GERADOR	Prime	KVA	**6**
		Kwe	4,8
	Stand By	KVA	**6,6**
		Kwe	5,3
	Intensidade Cont.	Amp.	26,1
		Cos-FI	1
	Frequencia	Hz	50
	Tensão	V	230
		Nº Fases	1+N
	Nº Rotações	RPM	1500
	Peso	Kg	300
	Dimensões mm	C	1500
		L	800
		A	1000
	Acustica	Lwa	89
		dBA@7mt	64
	Bateria	NxAh	1x45
	Tensão Bat	Vcc	12
	Depósito comb.	Lt	98
MOTOR	Marca		**Lombardini**
	Modelo		**LDW 702**
	Homolgação		TIER 2
	Nº Cilindros		2
	Cilindrada	cm^3	686
	Aspiração		Natural
	Refrigeração		Água
	Pot. NA - ISO 3046/1 - ICXN	KW	5,1
	Injecção Tipo		Indirecta
	Regulador		Mecânico
	Consumo 100%	L/h	1,4
	Consumo 75%	L/h	1,1
	Consumo 50%	L/h	0,7
	Consumo 25%	L/h	0,4
ALTERNADOR	Marca		**Sincro**
	Modelo		**FK4 6,4KVA**
	Pot. Contínua	KVA	6
	Acoplamento	SAE	5-6,5"
	Nº Polos		4
	Indice Protecção	IP	23
	Classe isolamento		H

Imagens

Composição Standard

- Canópia de insonorização 60dBA ± 2 dBA;
- Depósito de alta capacidade;
- Tampas de acesso á manutenção;
- Bomba de extracçãod e óleo;
- Gancho central para elevação;
- Pintuira electroestática a pó;

Quadros de Comando

CENTRALINA DE COMANDO LOVATO RGK40

Opcionais

ALARMES COM SAIDA EM RELE:
- Temperatura,
- Reserva de combustível,
- Pressão de óleo,
- Butão de emergência activa,
- motor em funcionamento,
- sirene (alarme geral)

Dimensões (mm)

Distribuidor Oficial

C= 1500mm
L= 800mm
A= 1000mm

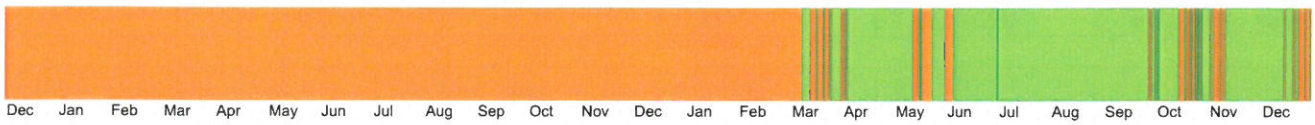
Anexo 2

ÁGUAS DO NOROESTE
Grupo Águas de Portugal

Availability Report

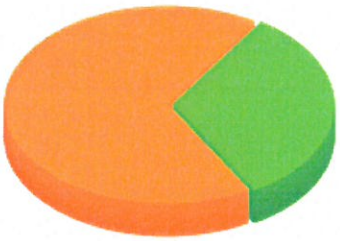
Device details for: OOREP020-RA-02

Reporting period: 2011-12-31 08:00:00 to 2013-12-29 09:00:00 (2011-12-31 to 2013-12-29)



	Type / Reason	Time	Total time
Up	Unscheduled	237d 5h 31m 3s	32.540 %
	Scheduled	0d 0h 0m 0s	0 %
	Total	237d 5h 31m 3s	32.540 %
Down	Unscheduled	52m 27s	0.005 %
	Scheduled	0d 0h 0m 0s	0 %
	Total	52m 27s	0.005 %
Unreachable	Unscheduled	491d 18h 36m 30s	67.455 %
	Scheduled	0d 0h 0m 0s	0 %
	Total	491d 18h 36m 30s	67.455 %
Undetermined	Not running	0d 0h 0m 0s	0 %
	Insufficient data	0d 0h 0m 0s	0 %
	Total	0d 0h 0m 0s	0 %
All	Total	729d 1h	100 %

STATUS OVERVIEW



UP	32.540 %
DOWN	0.005 %
UNREACHABLE	67.455 %

Services on device: OOREP020-RA-02	OK	Warning	Unknown	Critical	Undetermined
Tsunami CPU Usage	**32.382 %**	**0 %**	**67.611 %**	**0.007 %**	**0 %**
Tsunami If Eth1 Status	**32.381 %**	**0 %**	**67.619 %**	**0 %**	**0 %**
Tsunami If Eth1 Errors	**32.417 %**	**0 %**	**67.583 %**	**0 %**	**0 %**

Tsunami If Radio Packets	**32.380 %**	**0 %**	**67.620 %**	**0 %**	**0 %**
Tsunami If Radio Status	**0.001 %**	**0 %**	**67.883 %**	**32.116 %**	**0 %**
Tsunami Memory Usage	**32.378 %**	**0 %**	**67.622 %**	**0 %**	**0 %**
Tsunami Temperature	**32.366 %**	**0 %**	**67.632 %**	**0.003 %**	**0 %**
icmp_ping_alive	**32.345 %**	**0 %**	**0 %**	**67.655 %**	**0 %**

Average and Group availability for all selected services	OK	Warning	Unknown	Critical	Undetermined
Average	**28.331 %**	**0 %**	**59.196 %**	**12.473 %**	**0 %**
Group availability (SLA)	**0.001 %**	**0 %**	**0.317 %**	**99.682 %**	**0 %**

Device Log Entries for OOREP020-RA-02

Status	Start time	End time	Duration	Log message
Unreachable	2011-12-31, 08:00:00	2013-03-18, 11:02:03	443d 3h 2m 3s	Report period start. Daemon is running, we're not in scheduled downtime, state is UNREACHABLE (2)
Up	2013-03-18, 11:02:03	2013-03-18, 11:11:53	9m 50s	OK - 172.16.5.201: rta 15.119ms, lost 0%
Unreachable	2013-03-18, 11:11:53	2013-03-18, 11:12:44	51s	CRITICAL - 172.16.5.201: rta nan, lost 100%
Up	2013-03-18, 11:12:44	2013-03-18, 11:18:01	5m 17s	OK - 172.16.5.201: rta 13.570ms, lost 0%
Down	2013-03-18, 11:18:01	2013-03-18, 11:19:37	1m 36s	CRITICAL - 172.16.5.201: rta nan, lost 100%
Up	2013-03-18, 11:19:37	2013-03-18, 12:04:13	44m 36s	OK - 172.16.5.201: rta 17.910ms, lost 0%
Down	2013-03-18, 12:04:13	2013-03-18, 12:04:54	41s	CRITICAL - 172.16.5.201: rta nan, lost 100%
Up	2013-03-18, 12:04:54	2013-03-18, 12:06:16	1m 22s	OK - 172.16.5.201: rta 37.523ms, lost 0%
Down	2013-03-18, 12:06:16	2013-03-18, 12:07:45	1m 29s	CRITICAL - 172.16.5.201: rta nan, lost 100%
Up	2013-03-18, 12:07:45	2013-03-18, 12:08:57	1m 12s	OK - 172.16.5.201: rta 14.502ms, lost 0%
Down	2013-03-18, 12:08:57	2013-03-18, 12:09:30	33s	CRITICAL - 172.16.5.201: rta nan, lost 100%
Up	2013-03-18, 12:09:30	2013-03-18, 16:43:24	4h 33m 54s	OK - 172.16.5.201: rta 16.203ms, lost 0%
Unreachable	2013-03-18, 16:43:24	2013-03-18, 17:12:44	29m 20s	CRITICAL - 172.16.5.201: rta nan, lost 100%
Up	2013-03-18, 17:12:44	2013-03-18, 18:04:01	51m 17s	OK - 172.16.5.201: rta