

UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO

Carlos Eduardo Marchesini

RA 002200900944

2º Semestre

**ESTAÇÃO SOLAR PARA SISTEMAS DE  
TELECOMUNICAÇÕES**

Itatiba

2011

UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO

Carlos Eduardo Marchesini

RA 002200900944

2º Semestre

## **ESTAÇÃO SOLAR PARA SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Elétrica da Universidade São Francisco, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Washington Luis Alves Correa

Itatiba

2011

## SUMÁRIO

<b>Lista de Figuras</b> .....	4
<b>Lista de Tabelas</b> .....	6
<b>Resumo</b> .....	7
<b>Abstract</b> .....	8
<b>1. Objetivo Geral</b> .....	9
<b>2. Metodologia</b> .....	9
<b>3. Introdução</b> .....	10
<b>3.1. A Energia Solar Fotovoltaica</b> .....	10
<b>3.2. Efeito Fotovoltaico:</b> .....	11
<b>3.3. Tipos de Células:</b> .....	13
<b>3.4. Fabricação dos módulos Fotovoltaicos:</b> .....	14
<b>4. O Projeto</b> .....	15
<b>4.1. Potencial Energético da Região</b> .....	15
<b>4.2. Os Componentes</b> .....	17
4.2.1 Modulo Fotovoltaico .....	18
4.2.2 Controlador de Carga.....	18
4.2.2.1 Como Dimensionar um Controlador de Carga .....	19
4.2.3 Inversor de Tensão .....	20
4.2.4 Baterias .....	21
4.2.4.1 Características de Construção das Baterias .....	22
<b>5. Aplicação e Montagem</b> .....	24
5.1 O Módulo Fotovoltaico .....	24
5.2 O Controlador de Carga.....	28
5.3 O Inversor de Tensão .....	28
5.4 As Baterias .....	29
5.5 Cabos e Conexões .....	29
<b>6. Desempenho</b> .....	31
<b>7. Levantamentos e Testes</b> .....	35
7.1 Orçamento .....	35
7.2 Testes .....	36
7.3 Energia Solar x Energia Convencional .....	39
<b>8. Manutenção Preventiva da Estação</b> .....	40

8.1 Defeito Apresentado .....	41
<b>9. Outras Aplicações .....</b>	<b>42</b>
<b>10. Considerações Finais .....</b>	<b>43</b>
<b>11. Referencias Bibliográficas .....</b>	<b>44</b>

## Lista de Figuras

Figura 1 - Vista da Camada da Célula (FEUP - <a href="http://www.fe.up.pt">www.fe.up.pt</a> , Mar. 2011).....	12
Figura 2 – Vista da Placa ( <a href="http://www.cresesb.cepel.br">www.cresesb.cepel.br</a> , Mar. 2011).....	12
Figura 3 – Placa solar Kyocera.....	14
Figura 4 - Localização da estação - visualizada pelo software Google Earth.....	15
Figura 5 – Radiação Solar no Plano Horizontal ( <a href="http://www.cresesb.cepel.br">www.cresesb.cepel.br</a> ).....	16
Figura 6 – Radiação Solar no Plano Inclinado ( <a href="http://www.cresesb.cepel.br">www.cresesb.cepel.br</a> ).....	17
Figura 7 – Características de corrente e tensão do painel (Kyocera).....	18
Figura 8 – Dados Técnicos (Datasheet Phocos).....	20
Figura 9 – Especificações Técnicas Inversores de Tensão (Datasheet Xantrex).....	21
Figura 10 – Detalhes de Construção da Bateria (Datasheet Freedom).....	23
Figura 11 – Esquema de ligações e blocos.....	24
Figura 12 – Arranjo em paralelo dos painéis.....	25
Figura 13 – Arranjo em série – manual Kyocera.....	25
Figura 14 – Associação em Série.....	25
Figura 15 – Associação em Paralelo.....	26
Figura 16 – Associação em Série e Paralelo.....	26
Figura 17 – Diodos no J-Box – manual Kyocera.....	27
Figura 18 – Controlador de Carga.....	28
Figura 19 – Vista lateral do Inversor.....	28
Figura 20 – Ligação das Baterias.....	29
Figura 21 – Cabos e Conexões.....	30
Figura 22 – Esquema de ligações com componentes reais.....	31
Figura 23 – Conector terminal de cabos elétricos.....	31
Figura 24 – Gráfico Representativo do Desempenho da Bateria.....	32
Figura 25 – Curva da Descarga de cada Bateria (modelo DF 2500).....	33
Figura 26 – Eficiência / Dia do painel.....	34
Figura 27 – Eficiência / Mês.....	34
Figura 28 – Multímetro utilizado.....	36
Figura 29 – Sensor Térmico.....	37
Figura 30 – Gráfico de medição de temperatura.....	38
Figura 31 – Curva Típica de Tensão x Tempo de Fornecimento para as Baterias....	39
Figura 32 – Terminal do Controlador Derretido.....	41

Figura 33 – Exemplo de Diagrama de Aplicação.....	42
Figura 34 – Visão Final da Solar.....	43

## Lista de Tabelas

Tabela 1: Coordenadas do Município.....	16
Tabela 2: Leitura realizada sem inclinação no plano horizontal.....	16
Tabela 3: Com inclinação de 23° para o norte.....	17
Tabela 4: Especificações técnicas do modelo utilizado.....	19
Tabela 5: Capacidade do Banco de Baterias.....	21
Tabela 6 – Dimensionamento de cabos do painel até o inversor.....	30
Tabela 7 – Dimensionamento de cabos do Inversor para a Bateria.....	30
Tabela 8 – Tabela de Capacidade da Bateria (catálogo Freedom).....	32
Tabela 9: Tabela de Capacidade da Bateria (A.h).....	32
Tabela 10: Materiais e custos de implantação.....	35
Tabela 11: Consumo de cada equipamento do sistema.....	36
Tabela 12: Consumo total do sistema.....	37
Tabela 13: Comparativo de Energias.....	40

## Resumo

Marchesini, Carlos Eduardo. Estação Solar Para Sistemas de Telecomunicações Itatiba, 2011. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade São Francisco.

O presente trabalho tem como objetivo demonstrar a implantação, e manutenção de uma estação repetidora de sinais de telecomunicações alimentada por energia solar. A energia foi gerada por painéis fotovoltaicos; foram demonstrados testes para funcionamento da estação.

**Palavras-chave:** Telecomunicações, Painel Solar, Painel Fotovoltaico, Painel Fotoelétrico.

## Abstract

This study has as objective to demonstrate the implementation and maintenance of a telecommunications station powered by solar energy. The energy was generated by photovoltaic panels, were demonstrated tests to operation of the station.

**Keywords:** Telecommunications, Solar Panel, Photovoltaic Panel, Photoelectric Panel.

## 1. Objetivo Geral

O principal objetivo para a realização deste projeto foi a necessidade de se ativar e energizar equipamentos de uma repetidora de sinais de telecomunicações em um lugar distante da rede elétrica convencional. Equipamentos que tem por finalidade o tráfego de internet, telefonia e dados.

A partir deste ponto, a motivação foi a busca de geração de energia alternativa, no caso, a energia solar como fonte inesgotável e não poluente.

## 2. Metodologia

Realizado um estudo bibliográfico sobre o assunto, em busca de literaturas que explicasse o fenômeno fotovoltaico de conversão de energia. Com o objetivo de explicar o propósito do trabalho sem aprofundamento específico para que não saísse do foco do assunto, apenas citado de maneira simples e que ficasse claro o funcionamento dos painéis fotovoltaicos.

A coleta de dados ocorreu na estação solar localizada na fazenda Atibainha, cidade de Itatiba implantada durante a realização do presente trabalho. O projeto foi realizado para a empresa Vmax Net Telecomunicações, situada na cidade de Itatiba.

### 3. Introdução

Segundo o site [www.cresesb.cepel.br](http://www.cresesb.cepel.br) Mar. 2011:

O Sol fornece anualmente, para a atmosfera terrestre,  $1,5 \times 10^{18}$  kWh de energia. Trata-se de um valor considerável, correspondendo a 10000 vezes o consumo mundial de energia neste período. Este fato vem indicar que, além de ser responsável pela manutenção da vida na Terra, a radiação solar constitui-se numa inesgotável fonte energética, havendo um enorme potencial de utilização por meio de sistemas de captação e conversão em outra forma de energia.

A energia solar é a designação dada a qualquer tipo de captação de energia luminosa proveniente do sol, e posterior transformação em alguma forma utilizável como energia elétrica ou mecânica.

#### 3.1. A Energia Solar Fotovoltaica

Energia solar fotovoltaica é a energia obtida através da conversão direta da luz solar em eletricidade através do chamado efeito fotovoltaico, a célula solar fotovoltaica é o dispositivo semicondutor que utiliza este efeito para produzir eletricidade em corrente contínua.

Segundo Lenardic (2005), em 1839 Alexandre Edmond Becquerel descobriu através de experimentos, o efeito fotovoltaico.

A energia solar fotovoltaica, devido a seu alto custo, não substitui a energia elétrica convencional, é uma alternativa viável para locais onde não há acesso a energia convencional, para baixas demandas de consumo e para pequenos projetos voltados a sustentabilidade. De acordo com a Solar Brasil ([www.solarbrasil.com.br](http://www.solarbrasil.com.br), Mar. 2011), a redução ou economia de energia deve ser bem analisada quanto a viabilidade do projeto.

Segundo Casaro *et al*, (2010, p. 160):

A conversão direta da energia solar em elétrica é realizada por módulos fotovoltaicos. O custo destes equipamentos é o principal fator que define a opção por outras fontes geradoras. Um sistema fotovoltaico não produz lixo tóxico como as usinas nucleares, não poluem o meio ambiente como as termelétricas a gás ou a carvão e não envolvem nenhum impacto ambiental ou social como as hidrelétricas.

O silício é o material semicondutor mais utilizado para a fabricação de células solares.

O módulo ou painel solar fotovoltaico é composto por células conectadas em arranjos em série ou paralelo produzindo tensão e corrente adequados para a utilização da energia.

As células são encapsuladas entre camadas de vidro temperado como cobertura, acetato de vinil etilênico e polivinil fluorídrico como fundo, para dar máxima proteção contra severas condições ambientais. O laminado resultante é encapsulado em uma moldura de alumínio anodizado que oferece uma estrutura mais rígida e de fácil instalação.

A pureza do silício garante alta confiabilidade e alta eficiência do produto, a eficiência conversão da célula em torno de 16% e eficiência do painel montado em torno de 14%.

### **3.2. Efeito Fotovoltaico:**

Fotovoltaico: Que desenvolve uma força eletromotriz pela ação da luz (Dicionário Michaelis - 2009).

Os módulos são compostos de células solares de silício. Elas são semicondutores de eletricidade porque o silício é um material com características intermédias entre um condutor e um isolante.

O silício apresenta-se normalmente como areia. Através de métodos adequados obtém-se o silício em forma pura. O cristal de silício puro não possui elétrons livres e, portanto é um mal condutor elétrico. Para alterar isto se acrescentam porcentagens de outros elementos. Conforme Halliday *et all* (1996, p.125), este processo denomina-se dopagem. Mediante a dopagem do silício com o fósforo obtém-se um material com elétrons livres ou materiais com portadores de carga negativa (silício tipo N). Realizando o mesmo processo, mas acrescentando Boro ao invés de fósforo, obtém-se um material com características inversas, ou seja, déficit de elétrons ou material com cargas positivas livres (silício tipo P).

Cada célula solar compõe-se de uma camada fina de material tipo N e outra com maior espessura de material tipo P (Figura 1).

Separadamente, ambas as capas são eletricamente neutras. Mas ao serem unidas, exatamente na união P-N, gera-se um campo elétrico devido aos elétrons do silício tipo N que ocupam os vazios da estrutura do silício tipo P.

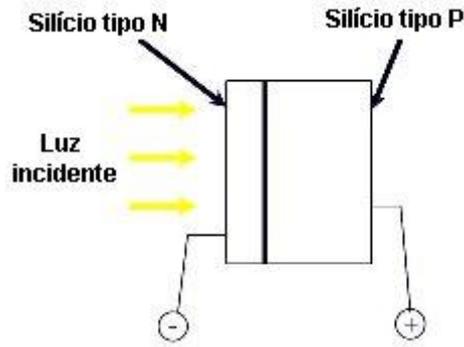


Figura 1 - Vista da Camada da Célula (FEUP - [www.fe.up.pt](http://www.fe.up.pt), Mar. 2011)

Ao incidir a luz sobre a célula fotovoltaica, os fótons que a integram chocam-se com os elétrons da estrutura do silício dando-lhes energia e transformando-os em condutores. Devido ao campo elétrico gerado na união P-N, os elétrons são orientados e fluem da camada "P" para a camada "N".

Por meio de um condutor externo, liga-se a camada negativa à positiva. Gera-se assim um fluxo de elétrons (corrente elétrica) na conexão. Enquanto a luz continua a incidir na célula, o fluxo de elétrons se mantém. A intensidade da corrente gerada variará proporcionalmente conforme a intensidade da luz incidente. (figura 2)

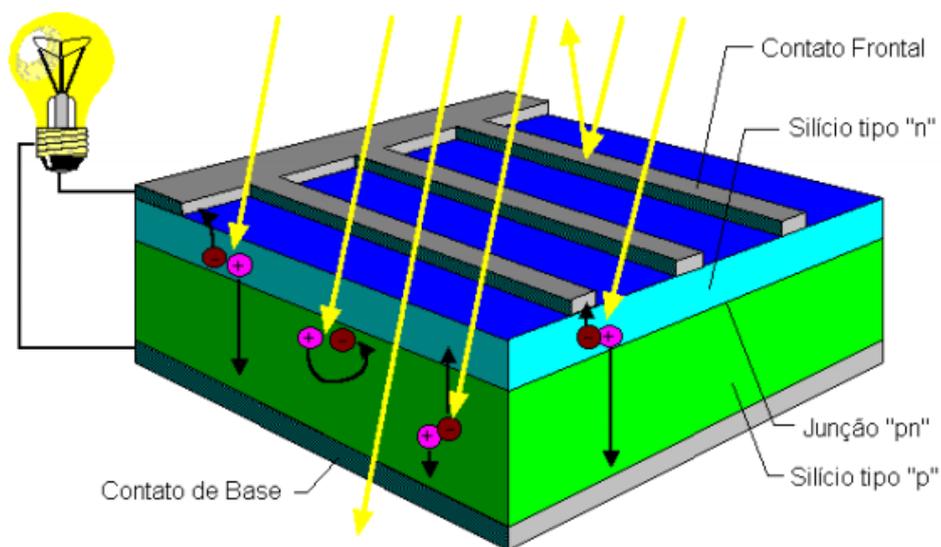


Figura 2 – Vista da Placa ([www.cresesb.cepel.br](http://www.cresesb.cepel.br), Mar. 2011)

Cada módulo fotovoltaico é formado por uma determinada quantidade de células conectadas em série. Como se viu anteriormente, ao unir-se a camada negativa de uma célula com a positiva da seguinte, os elétrons fluem através dos condutores de uma célula

para a outra. Este fluxo repete-se até chegar à última célula do módulo, da qual fluem para o acumulador ou a bateria. Cada elétron que abandona o módulo é substituído por outro que regressa do acumulador ou da bateria. O cabo de interconexão entre módulo e bateria contém o fluxo, de modo que quando um elétron abandona a última célula do módulo e encaminha-se para a bateria outro elétron entra na primeira célula a partir da bateria. É por isso que se considera inesgotável um dispositivo fotovoltaico. Produz energia elétrica em resposta à energia luminosa que entra no mesmo.

Deve-se esclarecer que uma célula fotovoltaica não pode armazenar energia elétrica.

### 3.3. Tipos de Células:

Conforme o artigo de Brito (2001), atualmente existem 3 tipos de células utilizadas para fabricação de painéis solar:

**Silício mono cristalino:** Estas células obtêm-se a partir de barras cilíndricas de silício mono cristalino produzidas em fornos especiais. As células são obtidas por corte das barras em forma de pastilhas quadradas finas (0,4-0,5 mm de espessura). A sua eficiência na conversão de luz solar em eletricidade é superior a 12%. (figura 3)

**Silício poli cristalino:** Estas células são produzidas a partir de blocos de silício obtidos por fusão de bocados de silício puro em moldes especiais. Uma vez nos moldes, o silício arrefece lentamente e solidifica-se. Neste processo, os átomos não se organizam num único cristal. Forma-se uma estrutura poli cristalina com superfícies de separação entre os cristais. Sua eficiência na conversão de luz solar em eletricidade é ligeiramente menor do que nas de silício mono cristalino.

**Silício amorfo:** Estas células são obtidas por meio da deposição de camadas muito finas de silício sobre superfícies de vidro ou metal. Sua eficiência na conversão de luz solar em eletricidade varia entre 5% e 7%.



Figura 3 – Placa solar Kyocera

### **3.4. Fabricação dos módulos Fotovoltaicos:**

O módulo fotovoltaico é composto por células individuais conectadas em série. Este tipo de conexão permite adicionar tensões. A tensão nominal do módulo será igual ao produto do número de células que o compõem pela tensão de cada célula (aprox. 0,5 volts). Geralmente produzem-se módulos formados por 30, 32, 33 e 36 células em série, conforme a aplicação requerida.

Procura-se dar rigidez ao módulo na sua estrutura, isolamento elétrico e resistência aos fatores climáticos. Por isso, as células conectadas em série são encapsuladas num plástico elástico (Etilvinilacetato) que faz também o papel de isolante elétrico, um vidro temperado com baixo conteúdo de ferro, na face voltada para o sol, e uma lamina plástica multicamada (Poliéster) na face posterior. Em alguns casos o vidro é substituído por uma lamina de material plástico transparente.

Segundo o fabricante Kyocera ([www.kyocerasolar.com.br](http://www.kyocerasolar.com.br), Mar. 2011), o módulo tem uma moldura composta de alumínio ou poliuretano e caixas de conexões que chegam os terminais positivo e negativo da série de células. Nos bornes das caixas ligam-se os cabos que ligam por sua vez o módulo ao sistema.

## 4. O Projeto

Localizado no Município de Itatiba (figura 4), a estação se encontra na propriedade da fazenda Atibaianha, próximo ao acesso da Avenida Nossa Senhora das Graças.

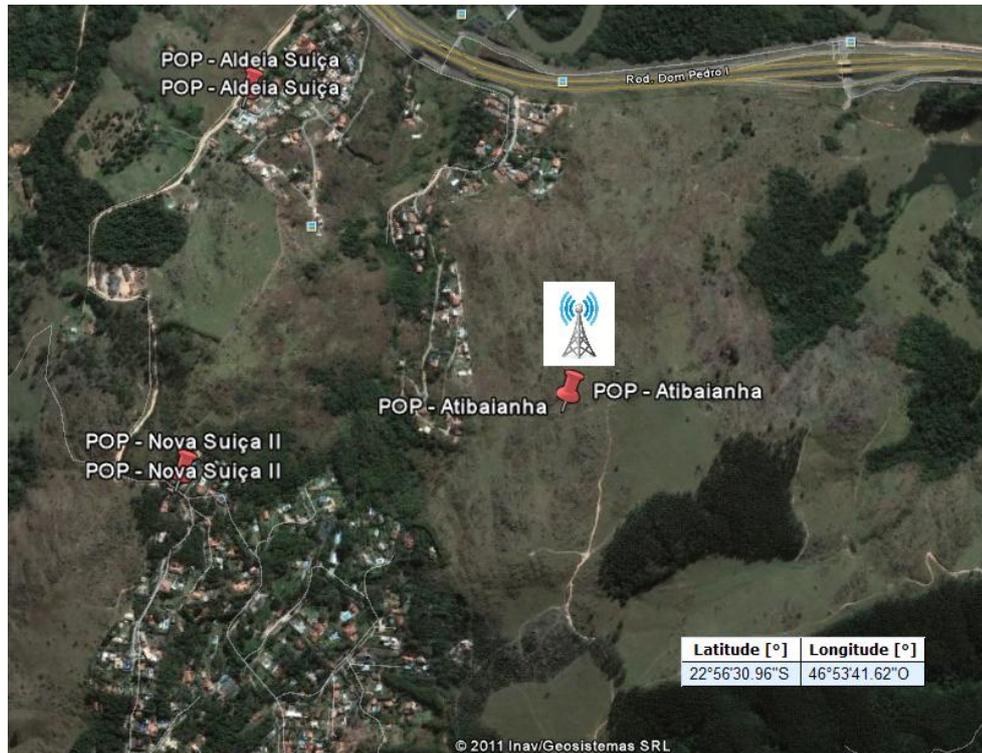


Figura 4 - Localização da estação - visualizada pelo software Google Earth

Neste local se encontra o *POP (Point of Presence)* ponto de presença dos equipamentos de telecomunicações alimentado pela estação. Este *POP* faz a retransmissão de enlaces de link via rádio para serviços dedicados e irradia para atender com sinais a região ao redor da localidade.

### 4.1. Potencial Energético da Região

Foi utilizado o programa da Sundata para cálculo da radiação solar mensal ([www.cresesb.cepel.br](http://www.cresesb.cepel.br), Mar. 2011).

O programa SunData é baseado no banco de dados CENSOLAR (1993) contendo valores de radiação diária média mensal no plano horizontal para cerca de 350 pontos no Brasil e em países limítrofes, na tentativa do Cresesb de oferecer uma ferramenta de apoio ao dimensionamento de sistemas fotovoltaicos.

O programa fornece os dados de radiação solar para no mínimo 3 localidades disponíveis próximas do ponto de interesse. São fornecidos os valores de insolação, em kWh/m<sup>2</sup>.dia no plano horizontal, correspondentes às diárias médias mensais para os 12 meses do ano.

Os valores válidos de latitude devem estar na faixa de 12° Norte e 40° Sul e de longitude na faixa de 30° Oeste e 80° Oeste.

Tabela 1: Coordenadas do Município

Município	UF	Latitude [°]	Longitude [°]
<a href="#">ITATIBA</a>	SP	22°56'30.96"S	46°53'41.62"O

Tabela 2: Leitura realizada sem inclinação no plano horizontal

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
5,3	5,56	5,22	4,5	4,1	3,6	4,2	4,58	4,8	5,58	5,86	5,53	4,9

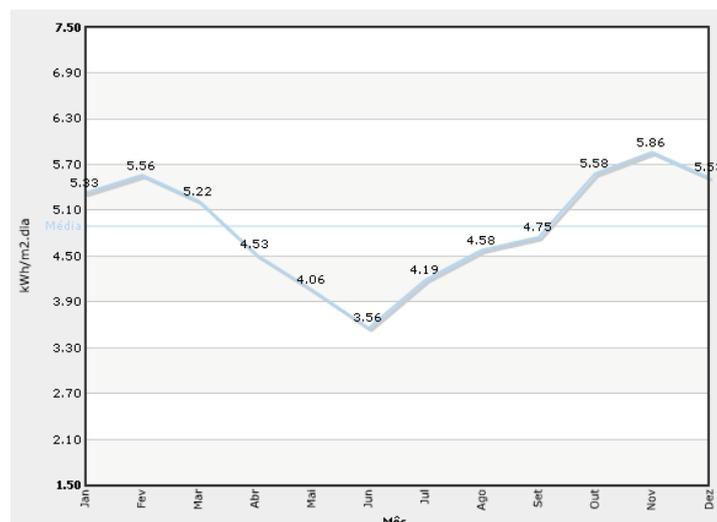


Figura 5 – Radiação Solar no Plano Horizontal (www.cresesb.cepel.br)

Tabela 3: Com inclinação de 23° para o norte

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
4,8	5,3	5,38	5,2	5,1	4,7	5,5	5,45	5,1	5,45	5,36	4,94	5,18

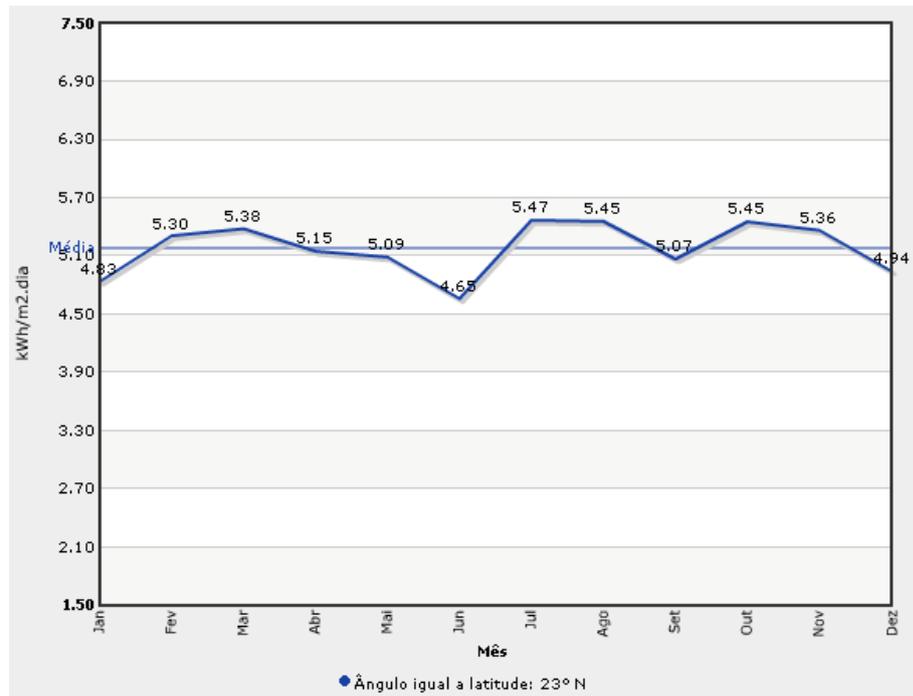


Figura 6 – Radiação Solar no Plano Inclinado (www.cresesb.cepel.br)

Nota-se a necessidade de se inclinar o painel solar corretamente de acordo com a região, para se obter melhor aproveitamento energético do equipamento. Comparando as duas situações, temos 5,7 % de melhora no caso do plano inclinado.

## 4.2. Os Componentes

Alem da placa fotovoltaica, precisamos aplicar vários componentes para integrar nosso projeto. Cada componente tem sua função e importância, com certeza sem algum deles o projeto estaria comprometido. Por isso mencionaremos cada componente e sua função no projeto.

### 4.2.1 Modulo Fotovoltaico

Como principal componente, tem sua função bem específica, a de captar e gerar energia elétrica.

Abaixo temos um gráfico de aproveitamento do painel solar em diferentes regimes de temperatura, no primeiro gráfico nota-se que quanto menor a temperatura melhor será a relação de corrente (A) e tensão (V). No segundo gráfico observamos a característica do painel e o os diferentes níveis de irradiação recebida a 25°C.

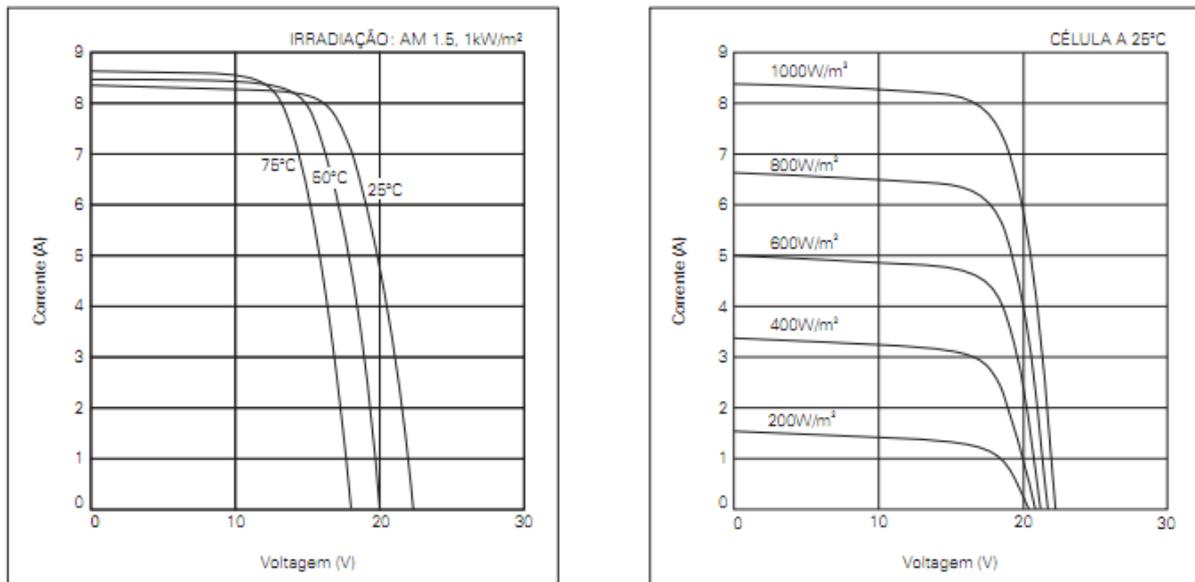


Figura 7 – Características de corrente e tensão do painel (Kyocera)

### 4.2.2 Controlador de Carga

Este componente tem como função o controle de energia que vem das placas para as baterias. Evita que tenhamos uma sobrecarga ou uma descarga das baterias, assim diminuindo sua vida útil.

Os controladores possuem um circuito regulador de tensão que protegem as baterias quando houver um excesso de corrente vinda das placas caso o consumo do circuito for abaixo da geração de energia. Evitam curtos, inversões de polaridade e danos às baterias caso o circuito exceda o consumo previsto.

Segundo o fabricante Phocos ([www.phocos.com](http://www.phocos.com), abr. 2011) os equipamentos possuem controle PWM (Pulse With Modulation ou modulação por pulsos) de carga, com compensação de temperatura integrada, disponível também uma série de funções de

indicação, de programação e de segurança. O estado de carga da bateria é sinalizado através de um gráfico de barras permanentemente aparente assim como dos fluxos de energia entrando ou saindo da bateria e ainda do estado das cargas (por ex. sobrecarga, curto-circuito na carga). A proteção contra descarga profunda pode ser configurada em três diferentes formas: tensão constante, estado de carga ou adaptativa (*Fuzzy logic*, para preservar a bateria). Funções de alarme acústico bem como suporte à entrada de dados e função programável noite/dia.

Tabela 4: Especificações técnicas do modelo utilizado

TIPO	CX40
Máx.corrente de módulo	40A
Máx.corrente de carga	40A
Tensão de sistema	12/24V
Consumo próprio	<4mA
Dimensões	89x90x39mm
Grau de Proteção	IP22

#### 4.2.2.1 Como Dimensionar um Controlador de Carga

Os controladores são dimensionados em função da corrente dos módulos e da tensão de operação do sistema. As tensões de operação mais comuns são 12, 24 ou 48 V, e a corrente de operação entre 1 e 40 A.

Neste sistema aplicamos 5 módulos fotovoltaicos que produzem cada um 7,63 A ([www.kyocerasolar.com.br](http://www.kyocerasolar.com.br), Mar. 2011). Os módulos produzirão juntos 38,15 A em sua plena capacidade de captação de energia. Devemos então utilizar um controlador de 40A neste caso, que é o valor mais próximo comercialmente disponível. Estes equipamentos possuem varias funções embutida, para maiores informações consulte o manual do fabricante.

Para melhor dimensionamento observar as especificações técnicas de cada equipamento (figura 8).

Voltagem nominal	12 / 24 V, reconhecimento automático
Reforço de Voltagem	14.4 / 28.8 V (25 °C), 0.5-2h
Voltagem Flutuante	13.7 / 27.4 V (25 °C), 2 h
Voltagem para desconexão da carga	11.0-12.2 / 22.0 -24.4 V dependendo dos ajustes de controlo
Voltagem para Reconexão da carga	12.8 / 25.6 V
Compensação da temperatura	-4 mV/célula*K
Máx. carga do painel solar	10 / 20 / 40 A conforme modelo número @ 25 °C (sem carga eléctrica a 50 °C)
Máx. carga eléctrica	10 / 20 / 40 A conforme modelo número @ 25 °C (sem carga solar a 50 °C)
Dimensões	92 x 93 x 38 mm (larg. x alt. x prof.)
Peso	CX10, CX20: 168 g, CX40: 179g
Máx. tamanho do arame	16 mm <sup>2</sup> (AWG - escala americana normalizada #6)
Consumo próprio	4 mA
Variação da temperatura ambiente	-25 a + 50 °C
Invólucro de protecção	IP 22

Figura 8 – Dados Técnicos (Datasheet Phocos)

### 4.2.3 Inversor de Tensão

Neste projeto aplicamos um inversor de tensão de corrente contínua para corrente alternada. O inversor DC/AC é um circuito eletrônico que converte a tensão contínua DC em uma tensão alternada AC com frequência e amplitude desejada. Semelhante à ao funcionamento do inversor de frequência (este faz a conversão AC/DC e em seguida DC/AC com objetivo de variar a frequência e a amplitude). As diversas aplicações dos inversores DC/AC são encontradas em no-breaks ou sistemas ininterruptos de energia.

O dimensionamento deste componente é realizado através do cálculo de potencia dos equipamentos a serem alimentados. Neste projeto utilizamos um de 150 W, segundo os cálculos preliminares, a soma das potencias de todos os equipamentos consomem 99 W aproximadamente. Recomenda-se que não se ultrapasse 80 % da capacidade nominal do inversor, para não haver queima prematura.

<b>Electrical Specifications</b>			
Models	150	300	500
Output power (continuous)	150 W	300 W	500 W
Surge capacity (peak)	300 W	600 W	1000 W
Output voltage	230 VAC +/- 5%	230 VAC +/- 5%	230 VAC +/- 5%
Output frequency	50 +/- 3Hz	50 +/- 3Hz	50 +/- 3Hz
Output waveform	Modified sine wave	Modified sine wave	Modified sine wave
Peak efficiency	90%	90%	90%
No load current draw	<0.18 A	<0.2 A	<0.3 A
Input voltage range	10 – 15 VDC	10 – 15 VDC	10 – 15 VDC

<b>General Specifications</b>			
Operating temperature range	0°C to 40°C (32°F to 104°F)	0°C to 40°C (32°F to 104°F)	0°C to 40°C (32°F to 104°F)
AC receptacle	Schuko, UK and AUS/NZ	Schuko, UK and AUS/NZ	Schuko, UK and AUS/NZ
Display	Power ON and Fault LEDs	Power ON and Fault LEDs	Power ON and Fault LEDs
Battery connection	DC lighter plug	DC lighter plug and cable clamps	Cable clamps and hardwire
Mounting bracket	None	Built-in	Built-in
Internal DC fuse	Not user replaceable	Not user replaceable	Not user replaceable
Dimensions (HxWxL)	63 x 104 x 157 mm (2.5 x 4.1 x 6.2")	66 x 104 x 200 mm (2.6 x 4.1 x 7.9")	66 x 112 x 241 mm (2.6 x 4.4 x 9.5")
Weight	0.65 kg (1.54 lb)	0.79 kg (1.74 lb)	1.2 kg (2.6 lb)
Warranty	Two years	Two years	Two years
Part Number	851-0160R (AUS/NZ)	851-0310R (AUS/NZ)	851-0510R (AUS/NZ)
	851-0161R (UK)	851-0311R (UK)	851-0511R (UK)
	851-0162R (Schuko)	851-0312R (Schuko)	851-0512R (Schuko)

Figura 9 – Especificações Técnicas Inversores de Tensão (Datasheet Xantrex)

#### 4.2.4 Baterias

Componente auxiliar do sistema, a bateria tem a função de acumular carga como energia para alimentar os equipamentos enquanto não há o fornecimento de energia pelas placas solares principalmente à noite e quando há baixa irradiação solar. Este dispositivo armazena energia química e a torna disponível na forma de energia elétrica.

O correto dimensionamento se torna fato importante do projeto, dimensionar a quantidade de tempo x carga de autonomia sem interrupção do serviço que a estação solar alimenta. A seguir o dimensionamento do banco de baterias:

Tabela 5: Capacidade do Banco de Baterias

<b>CAPACIDADES PREVISTAS</b>	
Capacidade do banco de baterias (A.h)	900 Ah
Capacidade do banco de baterias (A.h) - 50 %	450 Ah
Tempo de autonomia sem energia solar (Horas)	56 horas
Tempo de autonomia sem energia solar (Dias)	2 dias e 8 horas
Capacidade de inversão de energia 12/110 V (W)	150

Foram utilizados 6 baterias de 150 A.h que totalizaram 900 A.h, onde se recomenda a utilização máxima de 50 % da capacidade total para manter a vida útil das baterias.

Para este tipo de utilização, é importante utilizar baterias do tipo estacionárias, próprias para a aplicação em sistemas ininterruptos como este.

#### 4.2.4.1 Características de Construção das Baterias

As características de construção das baterias estacionárias são:

Tampa selada com sistema de labirinto, com grande superfície interna, permite que gotículas de eletrólito originadas na carga sejam condensadas em sua superfície e retorne às respectivas células, evitando escape de eletrólito para o exterior.

Filtro anti-chamas ou pastilha em material poroso que permite o escape de gases para fora da bateria e impede a penetração de chamas para o interior da bateria que pode ocasionar explosão.

Grade - Com liga de Chumbo-Cálcio-Prata desenvolvida para ter alta resistência à corrosão e mínima perda de água da bateria durante a sua vida útil. A tecnologia de grade e liga faz com que a bateria seja a de menor perda de água e de melhor durabilidade.

Design da grade radial e reforçado, que permite melhor condução de corrente e melhor durabilidade da bateria em serviço.

Eletrólito Fluido - Diferentemente das baterias VRLA (baterias chumbo ácidas reguladas por válvula - valve regulated lead acid batteries), as baterias tem eletrólito em forma fluida, permite melhor dissipação térmica, conferindo vantagens em relação a baterias VRLA que são mais sensíveis a variação de temperatura.

Solda Intercelular: Conexão entre elementos com área de solda maior.

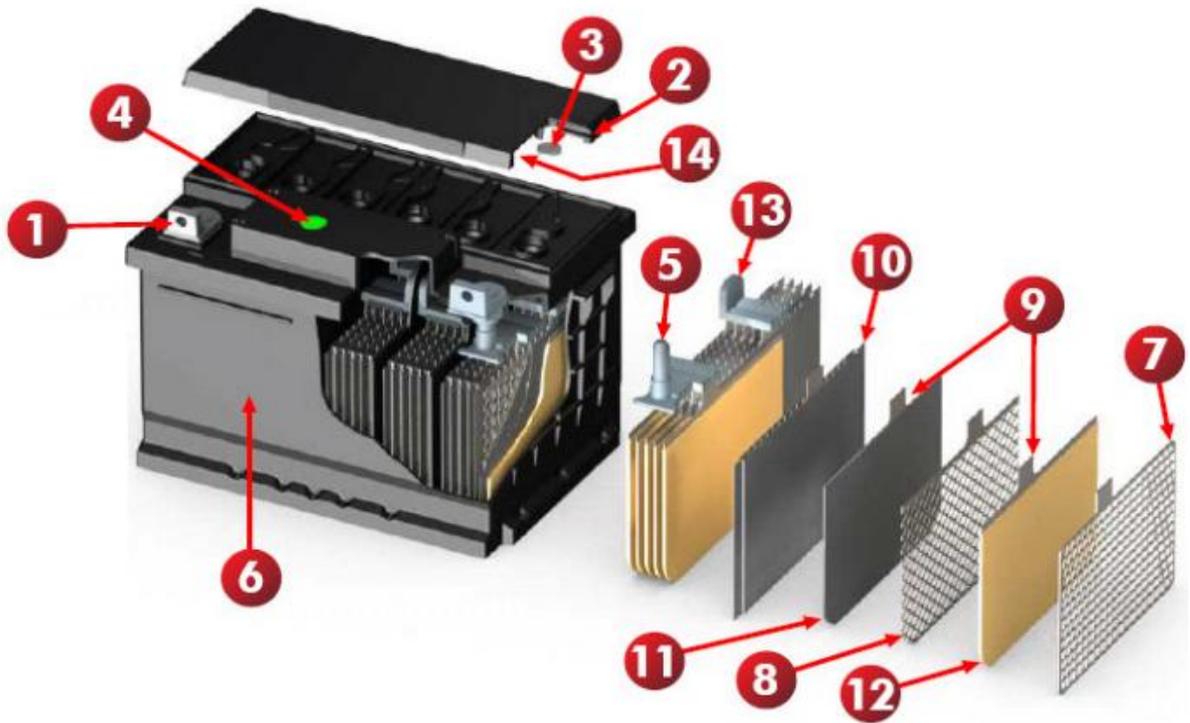
Permite melhor condução de corrente e melhor eficiência elétrica da bateria em processo de carga e descarga.

Placas espessas de alta densidade.

Separadores de polietileno, em forma de envelope, com alta resistência mecânica.

Caixa e tampa de polipropileno de alta resistência a impactos, com tampas seladas por fusão do material, sem possibilidade de apresentar vazamentos.

Indicador de teste que permite imediata visualização das condições da bateria para teste, orientando seu diagnóstico. (Figura 10 - Datasheet – Freedom)



1. Terminal tipo "L"
2. Respiro
3. Filtro Anti-Chama
4. Indicador de Teste
5. Poste Reforçado
6. Caixa Polipropileno
7. Grades Positivas fundias em Liga de Chumbo - Cálcio - Prata
8. Grades Negativas expandidas em Liga de Chumbo - Cálcio
9. Terminal da placa centralizado
10. Separador em Polietileno
11. Material Ativo Negativo
12. Material Ativo Positivo
13. Conexão
14. Labirinto

Figura 10 – Detalhes de Construção da Bateria (Datasheet Freedom)

## 5. Aplicação e Montagem

O diagrama da figura 11 representa o esquema em blocos com aplicação de cada equipamento que iremos demonstrar a seguir.

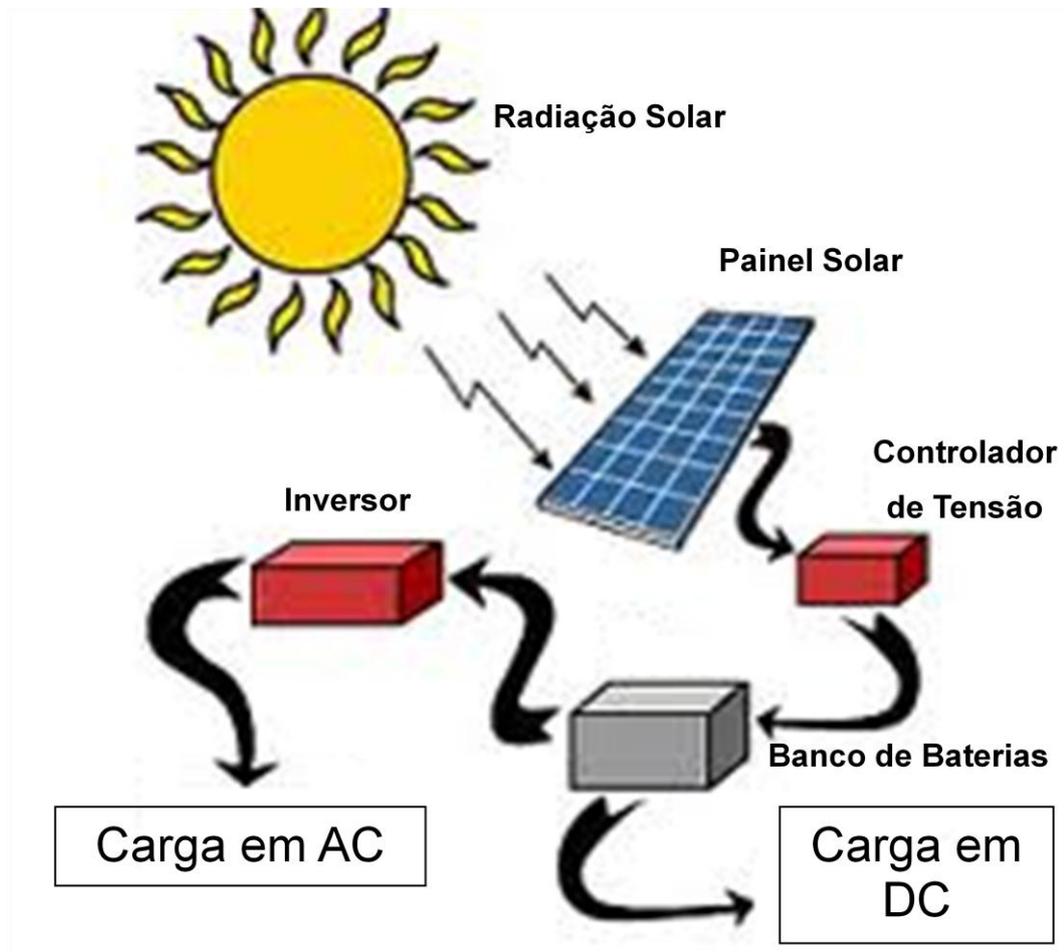


Figura 11 – Esquema de ligações e blocos

### 5.1 O Módulo Fotovoltaico

Pela baixa tensão e corrente de saída em uma célula fotovoltaica, agrupam-se várias células formando um módulo. O arranjo das células nos módulos pode ser feito conectando-as em série ou em paralelo (Figura 12).

Ao conectar as células em paralelo, somam-se as correntes de cada módulo e a tensão do módulo é exatamente a tensão da célula. A corrente produzida pelo efeito fotovoltaico é contínua. Pelas características típicas destas células (corrente máxima por volta de 7,63 A e tensão em torno de 22,1 V dependendo do modelo utilizado) este arranjo

não é utilizado salvo em condições muito especiais. Existem vários de modelos e diversos fabricantes no mercado que oferecem tensão e potência de acordo com as necessidades do projeto.

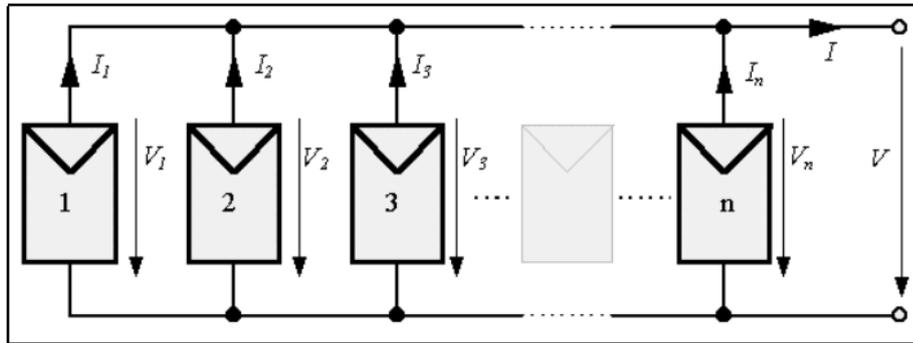


Figura 12 – Arranjo em paralelo dos painéis

A seguir (Figura 13) temos outro exemplo de arranjo utilizando a associação em série.

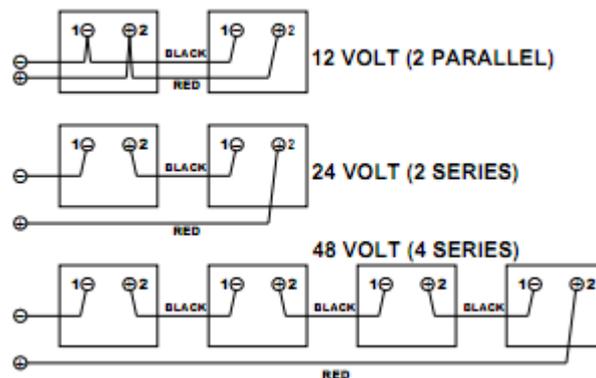


Figura 13 – Arranjo em série – manual Kyocera

Ligação em paralelo é feita conectando todos os módulos entre si (figura 14), positivo com positivo e negativo com negativo. Nessa associação, a corrente do conjunto será a soma das correntes dos módulos associados e a tensão do conjunto se mantém igual a tensão de 1 só módulo, ou seja 12VCC (depende do modelo utilizado).

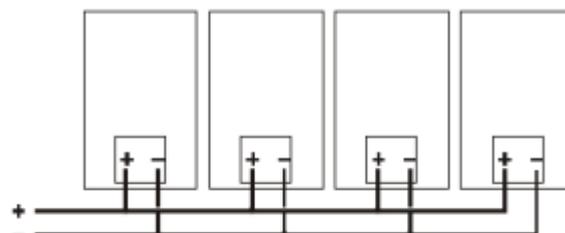


Figura 14 – Associação em Série

Ligação em série é feita conectando-se o terminal negativo de um módulo com o terminal positivo do módulo seguinte (figura 15). Os terminais de saída do conjunto serão os dos terminais das extremidades da associação. A tensão do sistema será igual a soma da tensão de cada módulo e a corrente será a mesma de 1 módulo.

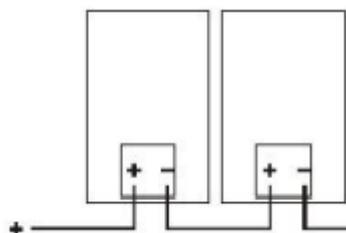


Figura 15 – Associação em Paralelo

Ligação série / paralelo é feita com uma fiação cruzada, ou seja, montam-se primeiramente as ligações em série e posteriormente as paralelo (figura 16), a tensão que prevalece é a da ligação em série e a corrente é a da ligação em paralelo.

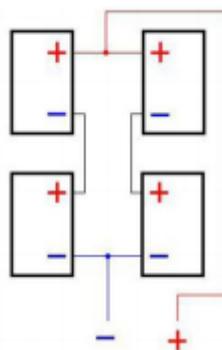


Figura 16 – Associação em Série e Paralelo

O dimensionamento do arranjo dependerá do projeto e a tensão de alimentação do circuito. Opta-se de acordo com a autonomia desejada e a necessidade de cada equipamento a ser alimentado.

No site: "[http://tyconpower.com/learning\\_center/learning\\_center.htm](http://tyconpower.com/learning_center/learning_center.htm)" temos um centro de aprendizagem que poderá servir de orientação para o dimensionamento de um sistema de painéis fotovoltaicos.

Os painéis possuem instalados na sua caixa de conexão (*J-Box*) diodos polarizados reversamente (Figura 17). Estes diodos têm a principal função a de evitar a corrente reversa do sistema, assim não permitindo a perda da carga das baterias quando não estiver em funcionamento, a noite, por exemplo, caso contrario o painel funcionaria como um consumidor de corrente, podendo ainda ser danificado por estas correntes reversas.

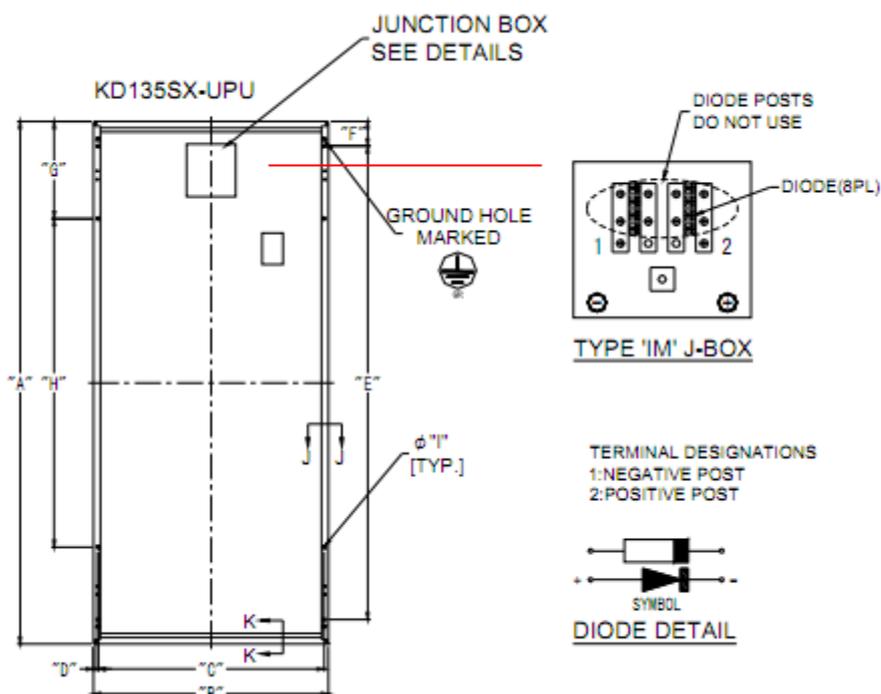


Figura 17 – Diodos no J-Box – manual Kyocera

As fixações dos módulos levam em consideração a direção do sol, usando o suporte apropriado para fixar os painéis, a inclinação deverá obedecer a região onde se encontra o projeto. Segundo as localizações de cada estado da federação, temos inclinações recomendadas pelo fabricante, onde teremos melhor aproveitamento na captação solar diária.

Deve estar voltado para o norte (regiões localizadas no hemisfério Sul) ou para o Sul (regiões localizadas no hemisfério Norte) e no grau de inclinação correto para cada região:

**De 0 a 8 graus:** Amazonas, Norte do Tocantins, Rio Grande do Norte, Amapá, Pará, Maranhão Piauí, Paraíba.

**De 8 a 16 graus:** Pernambuco, Acre, Rondônia, Mato Grosso, Tocantins, Norte de Goiás, Bahia, Alagoas, Sergipe, Distrito Federal e Norte de Minas.

**De 16 a 24 graus:** Mato Grosso do Sul, Sul de Goiás, Minas, Espírito Santo, São Paulo, Rio de Janeiro, Norte do Paraná.

**De 24 a 32 graus:** Sul do Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul.

(Fonte: Solar Brasil)

## 5.2 O Controlador de Carga

O controlador de carga deverá ser conectado corretamente em cada componente do sistema, seguindo manual de instalação que cada fabricante fornece. Este equipamento une todos os elementos do sistema fotovoltaico (figura 18), controla a energia que o painel fornece escoando a tensão para as baterias, realizando a função de um dosador como uma bóia em uma caixa d'água.

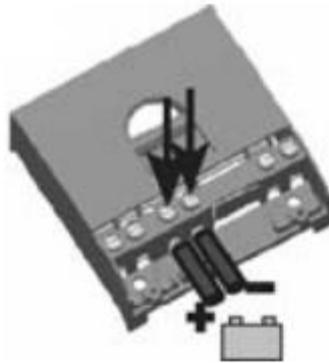


Figura 18 – Controlador de Carga

## 5.3 O Inversor de Tensão

Os inversores consomem em média de 10 a 15 % da potencia nominal do equipamento e para isso recomenda-se que o projeto utilize 80 % de sua potencia máxima, pois poderá haver possibilidade de danos ao equipamento se esta margem não for obedecida. A instalação do equipamento é bem simples, a entrada é alimentada com 12 VCC e na saída um plug para o equipamento a ser alimentado em AC (figura 19).

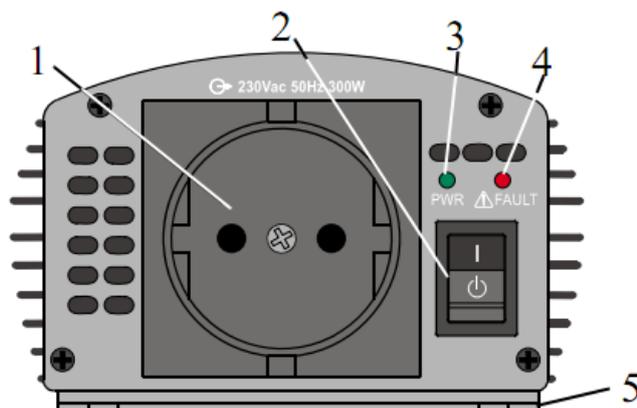


Figura 19 – Vista lateral do Inversor

Principais indicações do controlador:

- 1 – Tomada de saída AC
- 2 – Chave On / Off
- 3 – Led indicador de ligado
- 4 - Led indicador de falhas

## 5.4 As Baterias

As baterias são fundamentais no sistema, armazenam e mantêm todo o sistema em funcionamento. A correta aplicação manterá o sistema em funcionamento pelo tempo estipulado. As conexões (figura 20) obedecerão a necessidade de alimentação do circuito, podendo também ser em serie ou paralelo.



Figura 20 – Ligação das Baterias

## 5.5 Cabos e Conexões

Foi utilizado somente cabos com condutores de cobre flexível, vermelho para pólo positivo e preto para pólo negativo. Seguindo as tabelas 6 e 7 para dimensionamento dos cabos de conexão de acordo com a corrente que o sistema irá conduzir. Os cabos de 6 mm foram instalados na interligação de todos os painéis (Figura 21) até o controlador de tensão (aproximadamente 5 metros) e das baterias até o inversor com cabos de 4 mm.

Tabela 6 – Dimensionamento de cabos do painel até o inversor

Tipo de Condutores (fios/cabos)	Distância	Para 1 Módulo	De 2 a 6 Módulos
Condutores (fios/cabos) Centrais	Até 30 metros	Usar bitola 4mm	Usar bitola 6mm
	Até 80 metros	Usar bitola 6mm	Usar bitola 10mm
	Até 150 Metros	Usar bitola 10mm	Usar bitola 10mm
Condutores (fios/cabos) Secundários	qualquer	Usar bitola 2,50 mm	Usar bitola 2,50mm

Tabela 7 – Dimensionamento de cabos do Inversor para a Bateria

Modelo do inversor:	Distância até 3 metros:	Distância até 6 metros
175 Watts	4 mm <sup>2</sup>	10 mm <sup>2</sup>
400 Watts	10 mm <sup>2</sup>	25 mm <sup>2</sup>
700 Watts	16 mm <sup>2</sup>	35 mm <sup>2</sup>
1000 Watts	50 mm <sup>2</sup>	70 mm <sup>2</sup>
1750 watts	70 mm <sup>2</sup>	95 mm <sup>2</sup>
3000 Watts	120 mm <sup>2</sup>	Não usar



Figura 21 – Cabos e Conexões

A seguir na figura 22 temos as conexões de cada componente do sistema:

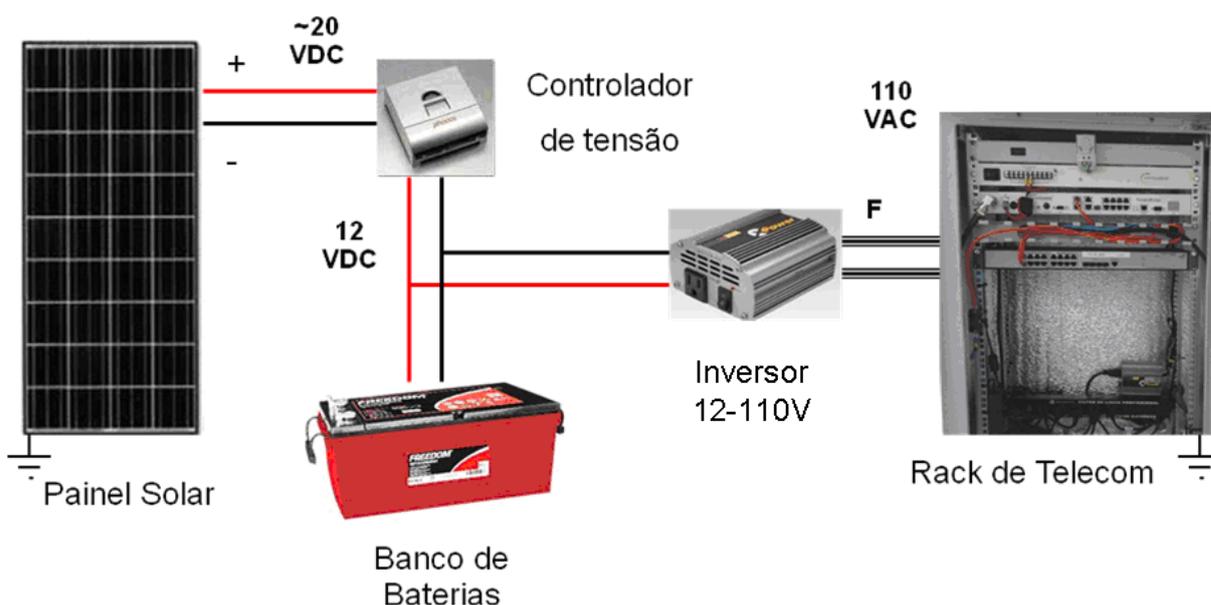


Figura 22 – Esquema de ligações com componentes reais

Alem dos cabos, os conectores são muito importantes para o perfeito funcionamento do sistema (figura 23). O correto dimensionamento e a correta aplicação evitam aquecimentos, maus contatos e queimas de equipamentos. Sua devida instalação propicia o perfeito acoplamento elétrico com todos os elementos do sistema fotovoltaico.



Figura 23 – Conector terminal de cabos elétricos

## 6. Desempenho

Segundo o fabricante Freedom, a tabela de capacidade das baterias segue um regime de carga e descarga (tabela 8 e 9).

Tabela 8 – Tabela de Capacidade da Bateria (catálogo Freedom)

Capacidade em ampère-hora (Ah) a 25 °C em diferentes regimes de descarga (tensão final 10,5V)																			
Modelo	HORAS																MINUTOS		
Bateria	100 h	20 h	10 h	9 h	8 h	7 h	6 h	5 h	4,5 h	4 h	3,5 h	3 h	2,5 h	2 h	1,5 h	1 h	45'	30'	15'
DF300	30	26	24	23,8	23,5	23,1	22,8	22	21,9	21,6	21	21	20,5	20	19,2	18	15,8	12,5	10
DF500	40	36	30	29,9	29,8	29,7	29,4	28,8	27,7	27	26,6	25,8	24,8	24	22,5	20	19	16,5	13
DF700	50	45	41	40,5	40	39,5	39,2	37,5	37,1	36,8	35	34,5	34	32,5	31,5	27	24	21,5	16,3
DF1000	70	60	54	51,8	51,6	51,1	49,2	49	47,3	46	43,8	43,5	42,5	38	37,8	35	31,9	27,5	21
DF1500	93	80	76	73,8	72	70	69	66	65,3	64	63,7	63	62,5	59	57	54	51,8	45	32,5
DF2000	115	105	94	92	91,8	91	87	85	82,8	81,2	79,1	75	73,8	69	66	60	56,3	48	37,5
DF2500	165	150	130	129,8	129,6	126	120	115	112,5	112	108,5	102	100	94	87	81	74,3	65	50
DF3000	185	170	156	153	152	150	148,2	140	135	132	126	123	120	114	108	95	84	76	57,8
DF4001	240	220	200	193,5	192	185,5	180	175	171	166	161	156	150	144	135	120	108,8	95,5	72

Podemos observar certa linearidade na descarga do sistema (figuras 24 e 25).

Tabela 9: Tabela de Capacidade da Bateria (A.h)

100	20	10	9	8	7	6	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5
165,0	150,0	130,0	129,8	129,6	126,0	120,0	115,0	112,5	112,0	108,5	102,0	100,0	94,0	87,0

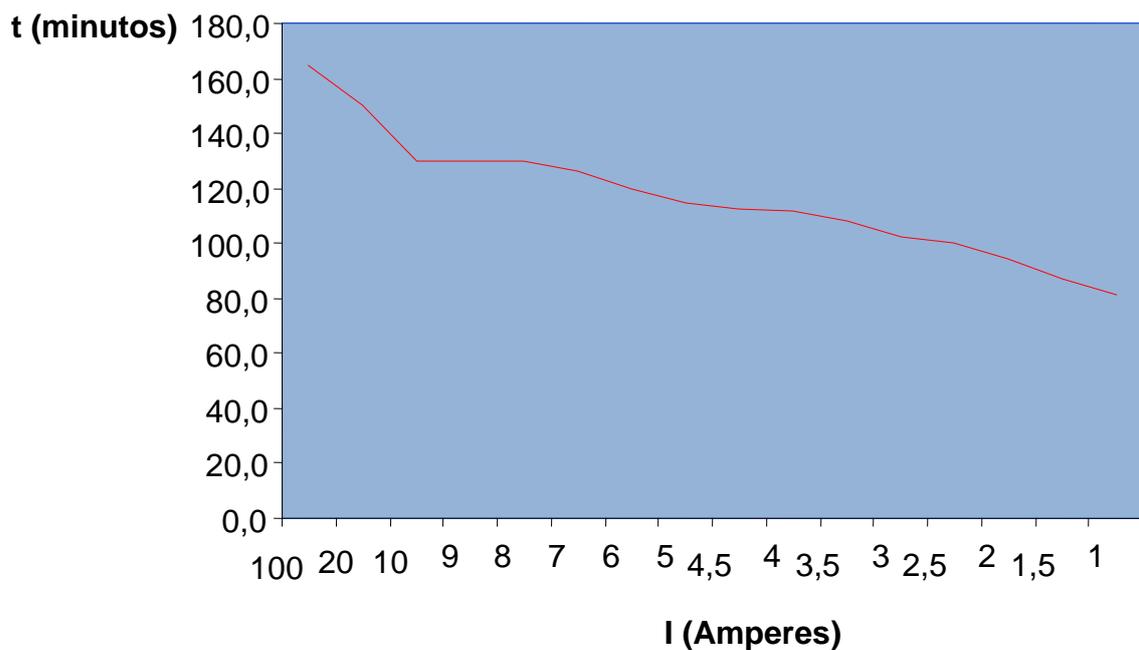


Figura 24 – Gráfico Representativo do Desempenho da Bateria

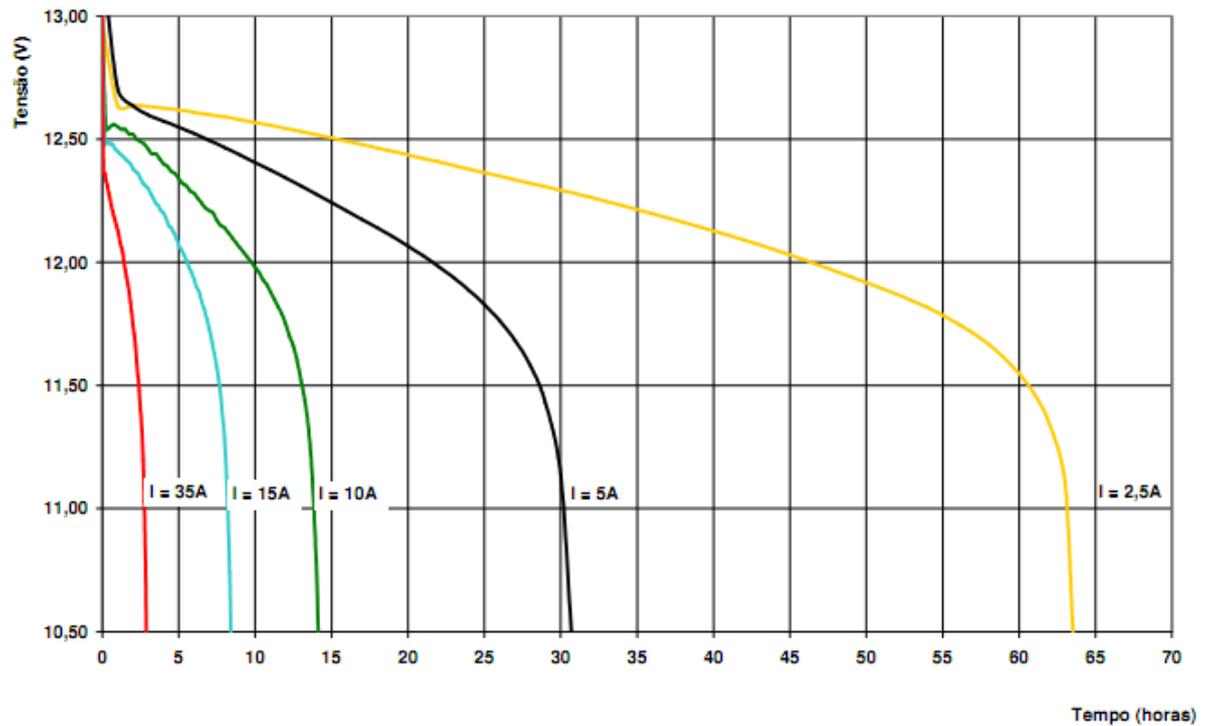


Figura 25 – Curva da Descarga de cada Bateria (modelo DF 2500)

Segundo Gnoatto et al, (2002, p.05) a temperatura e a irradiação solar são os dois principais fatores que influenciam na produção de energia por módulos fotovoltaicos. A corrente gerada pelo módulo varia linearmente com a irradiação, enquanto que a tensão varia logarithmicamente. Na figura 26, encontra-se a eficiência diária dos módulos fotovoltaicos que em média geralmente fica entre 6 a 9 % de aproveitamento, confirmando o que os fabricantes anunciam nos datasheets dos painéis.

A temperatura ambiente tem vários efeitos importantes nas características da bateria, a capacidade nominal aumenta com a temperatura, mas se a temperatura é muito alta, a reação química que acontece na bateria se acelera, causando o mesmo tipo de oxidação que acontece em uma sobrecarga. Isto irá, obviamente, reduzir a expectativa de vida da bateria. Quando a temperatura é reduzida, a vida útil da bateria aumenta.

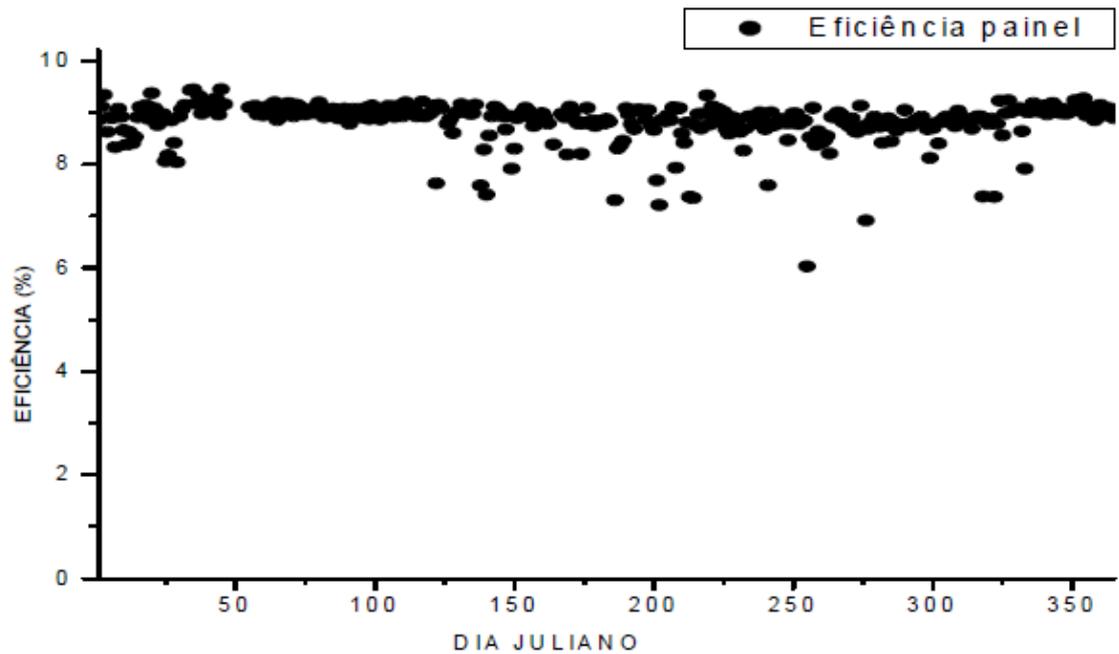


Figura 26 – Eficiência / Dia do painel

Segundo o autor para melhor visualizar os índices de eficiência média mensal foi traçado o gráfico da Figura 27, que reflete a média mensal da eficiência. Numa partição sazonal, os valores de eficiência média obtidos foram: 8,82% na primavera, 8,91% no verão, 8,90% no outono e 8,67% no inverno, com um desvio padrão de  $\pm 0,11$ , não representando uma variação significativa entre as estações.

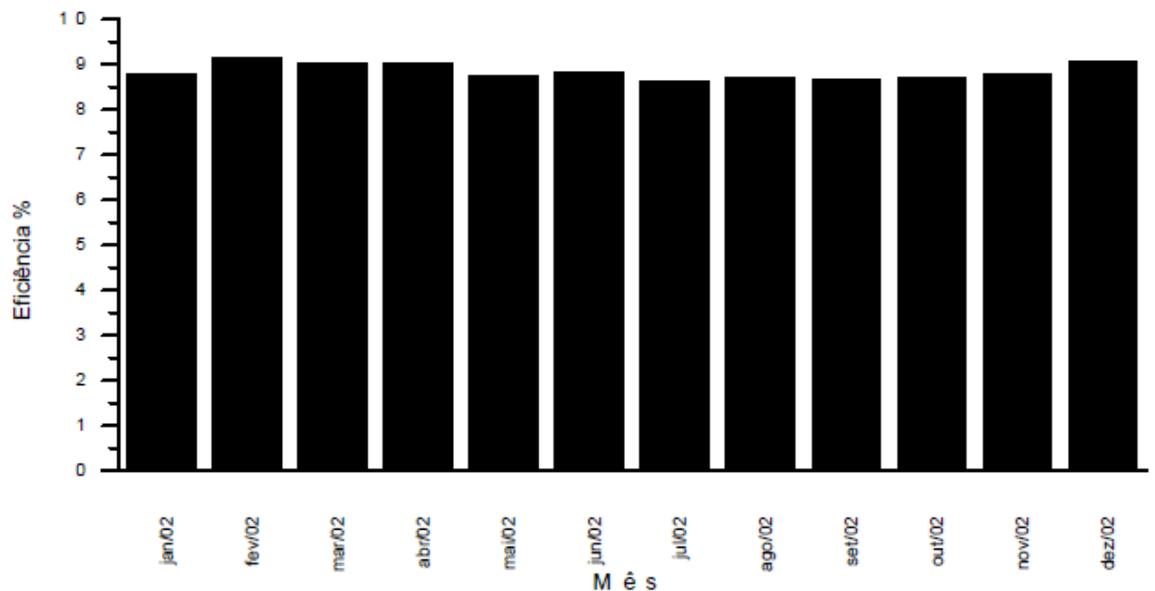


Figura 27 – Eficiência / Mês

Observa-se que o valor de eficiência mínima foi de 8,65%, em julho e a máxima de 9,17%, em fevereiro, com uma média de 8,84%. Salientando dessa forma que há uma variação percentual entre os valores máximo e mínimo de 5,67%, demonstrando que a eficiência do sistema fotovoltaico não apresenta uma variação significativa, durante o período de janeiro a dezembro, possibilitando desta forma a aplicação desses índices para um dimensionamento otimizado de sistemas fotovoltaicos.

## 7. Levantamentos e Testes

### 7.1 Orçamento

Na planilha de orçamento (tabela 10) temos todos os materiais aplicados na implantação da estação. Foi utilizada mão de obra própria em aproximadamente 92 horas de trabalho gastos na implantação.

Tabela 10: Materiais e custos de implantação

Material	Unidade	Quantidade	Valor	Total
Painel Kyocera KD135	Pç	5	R\$ 1.300,00	R\$ 6.500,00
Controlador Phocos CX 40A	Pç	1	R\$ 550,00	R\$ 550,00
Inversor Xantrex 175	Pç	1	R\$ 180,00	R\$ 180,00
Baterias estacionárias Freedom 150Ah	Pç	6	R\$ 750,00	R\$ 4.500,00
Cabo PP 2 x 6,0mm	Mt	10	R\$ 7,15	R\$ 71,50
Cabo PP 2 x 4,0mm	Mt	3	R\$ 3,70	R\$ 11,10
Terminal Pré-Isolado 6,0 mm	Pç	50	R\$ 0,25	R\$ 12,50
Quadro de comando 1000x600x250	Pç	2	R\$ 493,00	R\$ 986,00
Suporte para os painéis	Pç	1	R\$ 680,00	R\$ 680,00
Aluguel de ferramentas	Pç	2	R\$ 50,00	R\$ 100,00
Base de concreto - materiais e M.O.	Pç	1	R\$ 500,00	R\$ 500,00
Conector RJ 45	Pç	35	R\$ 0,25	R\$ 8,75
Cabo UTP Cat. 5	Mt	100	R\$ 0,35	R\$ 35,00
Parabolt 3/8	Pç	12	R\$ 5,00	R\$ 60,00
Cabo de aço, esticadores, clips	Pç	1	R\$ 58,50	R\$ 58,50
Gabinete Outdoor Womer	Pç	1	R\$ 1.800,00	R\$ 1.800,00

<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 16.053,35</b>
--------------	----------------------

## 7.2 Testes

Para os testes, foram realizadas algumas medições utilizando um multímetro na posição de corrente DC (Figura 28). Ligando em série com cada equipamento foi possível medir o consumo de cada equipamento (Tabela 11).



Figura 28 – Multímetro utilizado

Tabela 11: Consumo de cada equipamento do sistema

EQUIPAMENTO	CORRENTE DC (A)
Inversor	0,27
Radio Rocket	0,59
Radio flexWave	1,08
Switch	1,15
Radio Trango	4,95
<b>TOTAL</b>	<b>8,04</b>

Os equipamentos alimentados estão acondicionados no rack de telecomunicações, são rádios para ponto a ponto e switch para conexão de rede.

Cada equipamento foi medido individualmente, obtendo-se as medidas na saída das baterias para o circuito em 12 V.

Na tabela 12 foi calculado a potencia média total de consumo do sistema pela formula:

$$P_{med} = V \times I , \text{ onde,}$$

$$P_{med} = 13,4 \times 8,04$$

$$P_{med} = \mathbf{107,74 \text{ watts}}$$

Tabela 12: Consumo total do sistema

<b>CONSUMO DE BATERIAS</b>		
<b>CORRENTE DC (A)</b>	<b>TENSÃO (V)</b>	<b>POTÊNCIA (W)</b>
8,04	13,4	107,74

Para registro foram tomadas as medidas de temperatura em cima do painel (Figura 29) utilizando um sensor térmico de um alicate amperímetro. Em um dia parcialmente nublado foi encontrado 35°.C e um dia ensolarado temperaturas acima de 50°. C.



Figura 29 – Sensor Térmico

Foram colhidos no site de monitorações climáticas alguns dados históricos de temperaturas incidentes na região de Itatiba conforme mostrado na Figura 30. Com esses dados foi criado um gráfico baseado em um dia qualquer do mês de agosto.

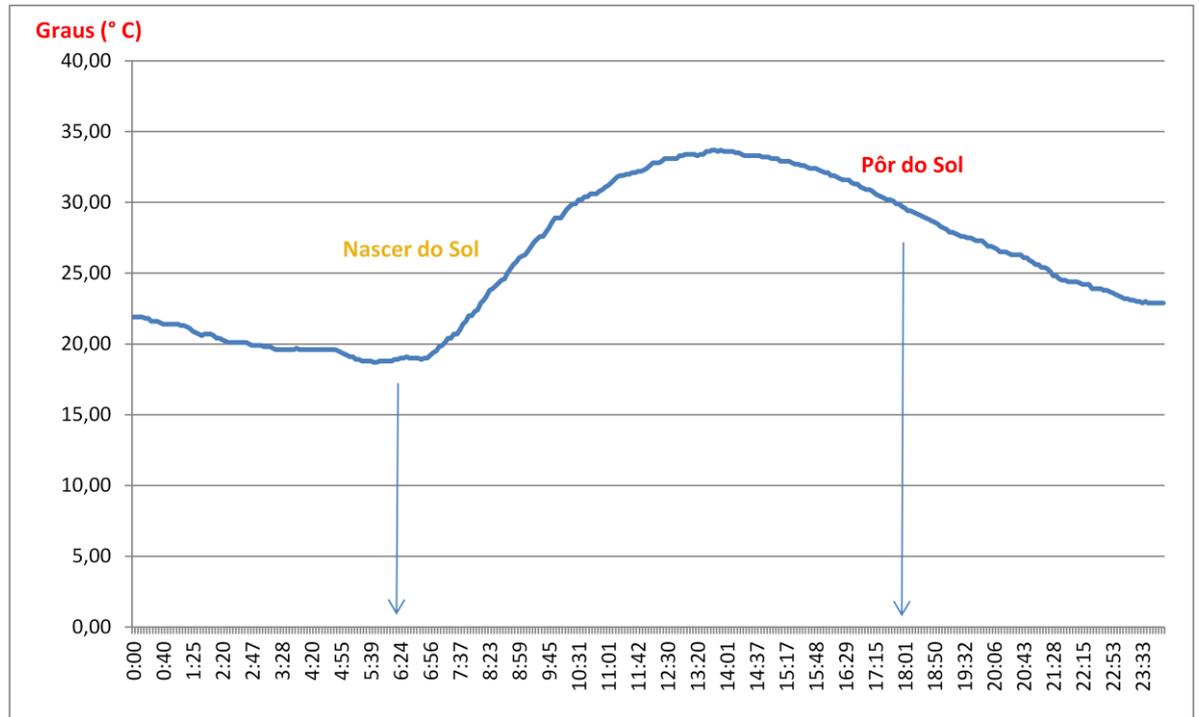


Figura 30 – Gráfico de medição de temperatura

(fonte: [www.wunderground.com/weatherstation/WXDailyHistory.asp?ID=ISPITAT11](http://www.wunderground.com/weatherstation/WXDailyHistory.asp?ID=ISPITAT11))

Podemos notar que naturalmente do nascer do sol até o auge do gráfico temos próximo ao meio dia a temperatura máxima alcançada. Gradativamente em direção ao por do sol observamos uma diminuição na temperatura devido à menor incidência do sol sobre a Terra.

No gráfico da figura 31 observamos o mesmo desempenho de carga das baterias, enquanto existe a incidência de sol há fornecimento de carga pelos painéis.

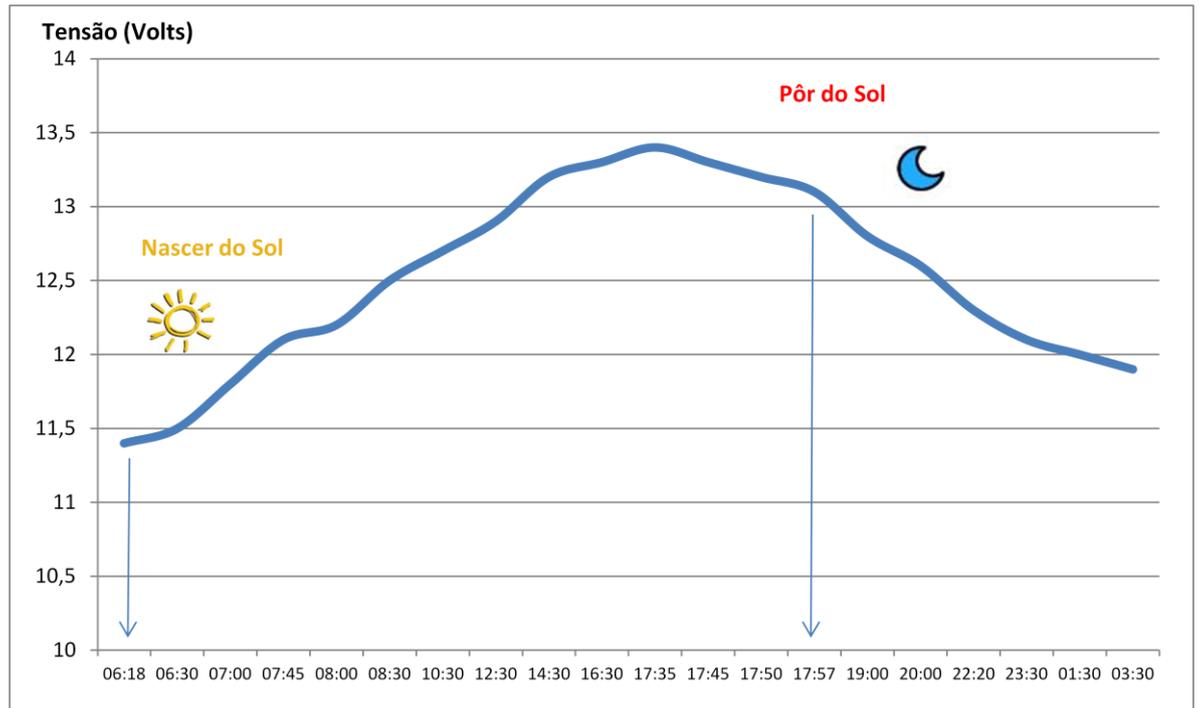


Figura 31 – Curva Típica de Tensão x Tempo de Fornecimento para as Baterias

O aumento da temperatura causa uma agitação nos elétrons e conseqüentemente um aumento na resistência e uma diminuição na corrente elétrica prejudicando a eficiência do painel, conforme mencionado anteriormente.

### 7.3 Energia Solar x Energia Convencional

Na tabela 13 temos um comparativo entre as energias solar e a convencional. Segundo a ANEEL – Agencia Nacional de Energia Elétrica ([www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br)) as tarifas residenciais variam de R\$ 0,19 a R\$ 0,45 por KW.h (quilowatt hora) em diversos estados brasileiro. Este comparativo demonstra a vantagem financeira na captação gratuita de energia solar utilizando os painéis fotovoltaicos no projeto em questão.

Tabela 13: Comparativo de Energias

<b>CONSUMO x VALOR</b>		
<b>Energia</b>	<b>KW.h</b>	<b>KW.mês</b>
Convencional *	R\$ 0,33	R\$ 25,60
Solar	R\$ 0,00	R\$ 0,00

<b>CONSUMO</b>		
<b>KW.h</b>	<b>KW.dia</b>	<b>KW.mês</b>
0,10774	2,58576	77,5728

\* Tarifa CPFL - Companhia Paulista de Força e Luz (04/2011)

Evidentemente não são mencionados os custos de implantação no uso de cada tipo de energia, por não se tratar de substituir uma pela outra, mas sim um simples comparativo financeiro.

## 8. Manutenção Preventiva da Estação

A estação solar deve ser monitorada constantemente, a limpeza das placas deve ser realizada a cada 6 meses, efetuando uma lavagem com água e detergente neutro.

Na manutenção preventiva será importante:

- Passar vaselina nos terminais de bateria;
- O reaperto dos parafusos dos terminais das baterias;
- O reaperto dos parafusos dos terminais das placas fotovoltaicas;
- A verificação do estado geral do cabeamento;
- O reaperto dos parafusos do suporte do painel;
- A coleta de dados, tensão das baterias, corrente de carga, corrente de consumo e temperaturas internas e externas do sistema.

## 8.1 Defeito Apresentado

Após serem realizados vários testes e medições, a estação ficou operante e monitorada constantemente. Mas subitamente parou de operar, tendo que haver uma intervenção técnica. Ao realizar uma inspeção visual, foi encontrado um derretimento nos terminais do controlador de tensão (Figura 32).

Este defeito no projeto se apresentou aproximadamente 3 meses após a implantação e após análise foi constatado um mau aperto nos terminais. Esse mau aperto causou um desperdício de energia ocasionando um aquecimento e posterior derretimento do terminal.

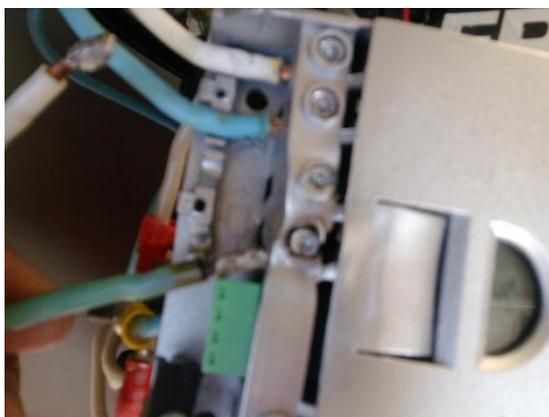


Figura 32 – Terminal do Controlador Derretido

O problema foi sanado refazendo as pontas dos cabos com solda e trocando os terminais do controlador, sem maiores prejuízos com o equipamento.

Também se notou uma grande importância com o dimensionamento do sistema, pois a carga do banco de baterias oscilou bastante dependendo dos dias com mais ou menos sol.

Houve a necessidade de uma abertura nas caixas de comando para melhor ventilação das baterias, assim evitando altas temperaturas prejudicando a vida útil do banco de baterias.

## 9. Outras Aplicações

Os painéis fotovoltaicos possuem aplicações bem específicas, mas podem ser utilizados em diversas situações. A aplicação na área de telecomunicações se torna muito viável em regiões onde a energia convencional não chega, normalmente em áreas rurais de difícil acesso.

Podem ser utilizados em residências para alimentar alguns aparelhos domésticos, como TVs, rádios, PCs, iluminação de jardins, sistemas de telemetria, etc., (Figura 33).

Uma aplicação cada vez mais utilizada é de iluminação pública de praças, ruas e ao longo de rodovias.

O principal casamento de tecnologias seria a utilização dos painéis com lâmpadas led (*Light Emitting Diode*), tecnologia que utiliza diodos emissores de luz especiais, devido o seu baixo consumo propiciam uma boa autonomia do sistema fotovoltaico. As lâmpadas devidamente aplicadas com suas variações de cores e potencia podem ser uma solução interessante e ecologicamente correta.

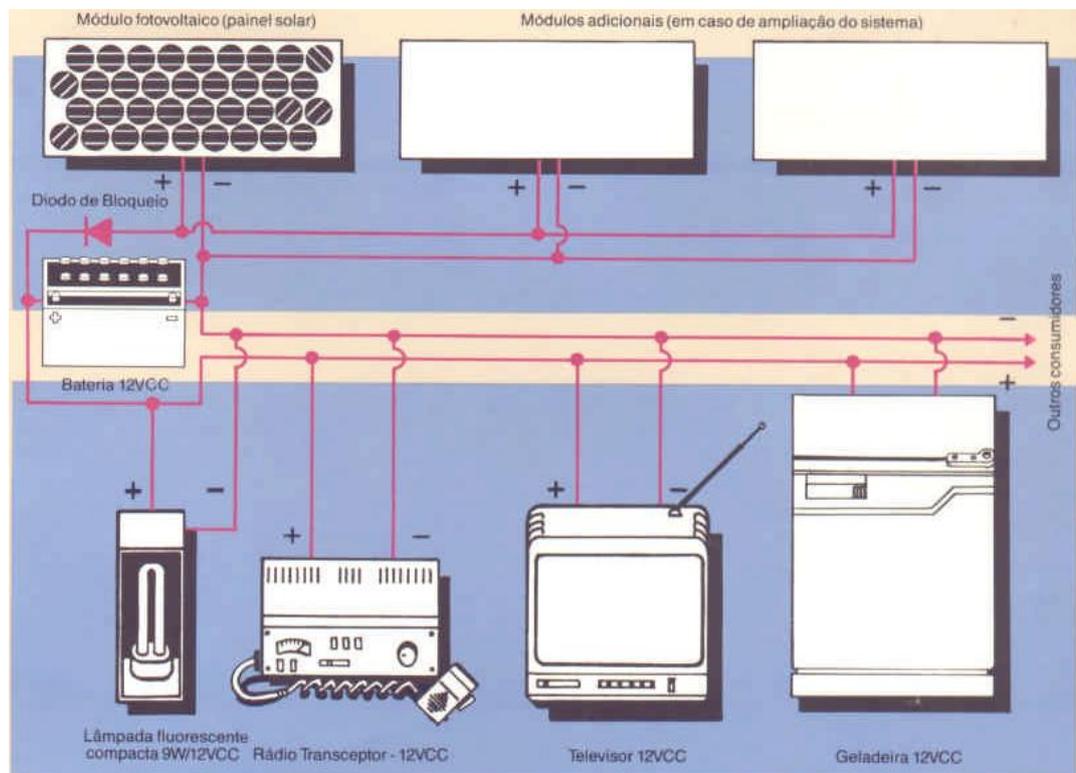


Figura 33 – Exemplo de Diagrama de Aplicação

## 10. Considerações Finais

A energia solar não substitui a energia elétrica convencional de forma plena, existe a necessidade de se planejar muito bem a aplicação do sistema para se obter a viabilidade econômica do investimento. Dependerá de muitos fatores determinantes para o projeto ser implantado com êxito, o quesito viabilidade técnica deve ser analisado cuidadosamente com relação aos equipamentos que se quer alimentar.

Felizmente, o preço de mercado dos painéis fotovoltaicos está ficando mais acessível e serão cada vez mais utilizados como forma alternativa de energia (Figura 34).

Será sem duvida uma das formas de redução de poluições e de aproveitamento energético no Brasil, sendo até uma alternativa aos grandes investimentos em usinas de geração de energia elétrica.



Figura 34 – Visão Final da Estação Solar

## 11. Referencias Bibliográficas

[www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br) (17/08/2011)

Brito, Miguel Centeno. Eletricidade Solar: Principais Tecnologias. Artigo publicado no jornal ABC Ambiente, 2001.

Casaro, Marcio Mendes e Martins, Denizar Cruz. Processamento eletrônico da energia solar fotovoltaica em sistemas conectados à rede elétrica. Sba Controle & Automação, vol.21, n.2, pp. 160, 2010.

[www.cresesb.cepel.br](http://www.cresesb.cepel.br) (21/03/2011)

[www.fe.up.pt](http://www.fe.up.pt) (06/03/2011)

Halliday, David, Resnick, Robert e Walker, Jearl. Física 3. Livros Técnicos e Científicos LTDA, Rio de Janeiro, 1996

Gnoatto, Estor, Ferruzi, Yuri, Ricieri, Reinaldo, Junior, Miguel e Oliveira, Adriana. Artigo Técnico - Desempenho de Painel Fotovoltaico em um Sistema Isolado. Paraná. 2002

[www.kyocerasolar.com.br](http://www.kyocerasolar.com.br) (10/03/2011)

Lenardic, Denis, História da energia fotovoltaica. PVResources.com, 2005.

Michaelis, Moderno Dicionário da Língua Portuguesa. São Paulo. Ed. Melhoramentos, 2009.

[www.solarbrasil.com.br](http://www.solarbrasil.com.br) (06/03/2011)

[www.phocos.com](http://www.phocos.com) (21/04/2011)

[http://tyconpower.com/learning\\_center/learning\\_center.htm](http://tyconpower.com/learning_center/learning_center.htm) (09/09/2011)

[www.xantrex.com](http://www.xantrex.com) (08/08/2011)

[www.wunderground.com/weatherstation/WXDailyHistory.asp?ID=ISPITAT11](http://www.wunderground.com/weatherstation/WXDailyHistory.asp?ID=ISPITAT11) (30/08/2011)