



Centro Universitário de Brasília – UniCEUB  
Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia – FAET  
Engenharia de Computação  
Vinícius Taveira Ribeiro

# **PROJETO DE UM CARREGADOR DE CELULAR UTILIZANDO CELULAS FOTOVOLTAICAS**

Brasília  
2006

Vinícius Taveira Ribeiro

**PROJETO DE UM CARREGADOR DE  
CELULAR UTILIZANDO CELULAS  
FOTOVOLTAICAS**

Projeto de Conclusão do Curso de Graduação  
Engenharia da Computação do Centro  
Universitário de Brasília – UniCEUB  
Orientadora: Maria Marony S. Farias Nascimento

Brasília  
2006

# Índice

Índice .....	2
Lista de Figuras.....	4
Lista de Tabelas .....	5
Lista de equações .....	6
Resumo .....	7
Abstract.....	8
Capítulo 1 – Introdução .....	9
Capítulo 2 - Radiação Solar, Células Fotovoltaicas e Painéis Fotovoltaicos .....	12
2.1 Radiação Solar em Superfície.....	13
2.2 Células Solares .....	13
2.3 Princípio de funcionamento.....	13
2.4 Comportamento sob Iluminação.....	14
2.5 Tipos de Células .....	16
2.6 Módulo e painéis fotovoltaicos.....	17
2.7 Características dos módulos fotovoltaicos .....	19
2.8 Instalação dos módulos fotovoltaicos.....	20
2.9 Manutenção dos painéis fotovoltaicos.....	20
Capítulo 3 – Controladores de Carga.....	21
3.1 Controlador de carga com estratégia de controle “On/Off” .....	22
3.2 Controlador de carga com estratégia de controle à tensão constante .....	22
3.2.1 Controle linear .....	22
3.2.2 Controle por modulação por largura de pulso (PWM) .....	24
Capítulo 4 – Baterias .....	25
Capítulo 5 - Reguladores de Tensão.....	27
5.1 Regulador Zener .....	27
5.2 Regulador Zener com Carga.....	28
5.3 Ponto de saída do regulador zener.....	29
5.4 Seguidor de emissor .....	30
5.4.1 Melhorando a regulagem de tensão com seguidor de emissor .....	31
Capítulo 6. Implementação .....	32

6.1 Coleta de dados.....	32
6.2 Dimensionamento do transistor.....	33
6.3 Dimensionamento do diodo zener.....	34
6.4 Dimensionamento da resistência em série.....	34
6.5 Dimensionamento do painel.....	35
6.6 Dimensionamento do limitador de corrente.....	36
6.7 Dimensionamento da bateria.....	36
6.8 Montagem do circuito.....	36
6.9. Testes.....	38
7. Conclusão.....	40
Referências Bibliográficas.....	41
Apêndice.....	42

## Lista de Figuras

Figura 1.1 - Diagrama de blocos do projeto	10
Figura 2.1 - Diagrama de blocos do projeto com destaque para o painel fotovoltaico	12
Figura 2.2 - Corte transversal de uma célula fotovoltaica	14
Figura 2.3 - Efeito Fotovoltaico na junção PN	15
Figura 2.4 - Silício Monocristalino	16
Figura 2.5 - Silício Policristalino	17
Figura 2.6 - Possível ligação de diodo bypass ente células	18
Figura 2.7 - Utilização de diodo de bloqueio	19
Figura 2.8 - Posição de instalação	20
Figura 3.1 - Diagrama de blocos do projeto com destaque para o controlador de carga	21
Figura 3.2 - Configuração em série utilizando reostato	23
Figura 3.3 - Configuração em paralelo utilizando diodo zener	23
Figura 4.1 - Diagrama de blocos do projeto com destaque para a bateria	25
Figura 5.1 - Diagrama de blocos do projeto com destaque para o regulador de tensão	27
Figura 5.2 - Circuito com Diodo Zener	28
Figura 5.3 - Seguidor zener	31
Figura 6.1 - Circuito regulador de tensão com proteção contra curto (Fonte de energia do painel)	36
Figura 6.2 - Foto do carregador utilizando a energia do painel fotovoltaico	37
Figura 6.3 - Circuito regulador de tensão com proteção contra curto (Fonte de energia da bateria)	37
Figura 6.4 - Foto do carregador utilizando a energia do painel fotovoltaico	38

## **Lista de Tabelas**

Tabela 1 - Coleta de dados da tensão do painel	32
Tabela 2 – Testes	38

## Lista de equações

Equação 5.1	Corrente no resistor em série	28
Equação 5.2	Tensão de Thevenin	28
Equação 5.3	Tensão na carga	29
Equação 5.4	Corrente na carga	29
Equação 5.5	Corrente no diodo zener	29
Equação 5.6	Ponto de saída do regulador zener	29
Equação 5.7	Resistência máxima em série com o diodo zener	30
Equação 5.8	Tensão na carga em um seguidor zener	31
Equação 5.9	Corrente na base do transistor	31
Equação 5.10	Impedância no seguidor zener	31
Equação 6.1	Resistência mínima em série com o diodo zener	34
Equação 6.2	Potência nominal do resistor	35

## **Resumo**

Neste projeto, é mostrado a possibilidade da utilização da energia solar como forma de proporcionar recargas de baterias de telefones celulares em qualquer lugar onde haja emissão de raios solares.

Desta forma, em localidades onde haja sinal da operadora, mas a disponibilidade de energia convencional é inexistente ou limitada, a luz solar pode ser utilizada como fonte de energia alternativa, fazendo com que o uso do celular não fique comprometido.

O estudo foi feito enfocando os vários tipos de células solares, seu funcionamento, os diversos tipos de reguladores de tensão de saída e os tipos de controladores de carga destas células.

Palavras-chave: células fotovoltaicas, módulos fotovoltaicos, reguladores de tensão, energia alternativa, controladores de carga.

## **Abstract**

This project shows how solar energy can be turned into electric energy using solar cells, in order to recharge batteries of cell phones in every place where the sun shines.

So places covered by mobile phone networks but where the regular electric network has not reached can adopt solar energy as an alternative electric energy source, making possible the use of the cell phone.

The study has been done concerning all types of solar cells; it also details their operating systems, the ways to accurate the output tension and the types of charge controllers.

Keywords: solar cells, solar panels, output tension controllers, alternative energy source, charge controllers.

## Capítulo 1 – Introdução

O Brasil é um país de grandes dimensões territoriais, e existem, mesmo nos estados mais desenvolvidos, grotões onde a chegada da infra-estrutura de telecomunicações é bastante complicada e demorada, para não falar nos preços. Grandes distâncias, vegetação, cursos d'água e problemas de logística fazem com que prestadoras do serviço de telefonia fixa desprezem estas áreas, por não serem economicamente viáveis. Muitas delas, inclusive, não dispõem sequer de infra-estrutura de energia elétrica pelos mesmos motivos, tendo de se utilizar de geradores domésticos movidos a combustíveis fósseis ou simplesmente ficarem “às escuras”, uma vez que seu consumo estimado de energia elétrica é muito baixo. Estima-se que no Brasil exista uma população rural da ordem de 20 milhões de pessoas sem acesso à rede elétrica convencional<sup>1</sup>.

Por sua portabilidade e raio de alcance, o celular se torna, nestas áreas, uma alternativa ao telefone fixo com algumas vantagens. Uma delas diz respeito ao custo de implantação, muito menor.

Alia-se a isso a possibilidade de utilizar-se, nessas áreas, uma energia alternativa, limpa, eficaz, renovável e barata, de modo a aumentar a qualidade de vida dessas pessoas e lhes possibilitando a utilização de telefones móveis.

Os aparelhos de telefone celular estão cada vez mais sofisticados: além de sua função primária, a de fazerem ligações, alguns modelos tiram fotos, gravam vídeos, acessam a internet, recebem sinal de rádio e, nos modelos mais modernos, há até mesmo sinais de TV digital. Todas essas evoluções nos celulares causaram um aumento no tempo gasto pelos usuários com esses aparelhos. Entretanto, a evolução das baterias dos aparelhos não acompanhou o progresso tecnológico das funções dos celulares e, assim, o tempo de duração das baterias – alvo de reclamações de usuários desde o começo da telefonia celular – tornou-se um problema ainda maior.

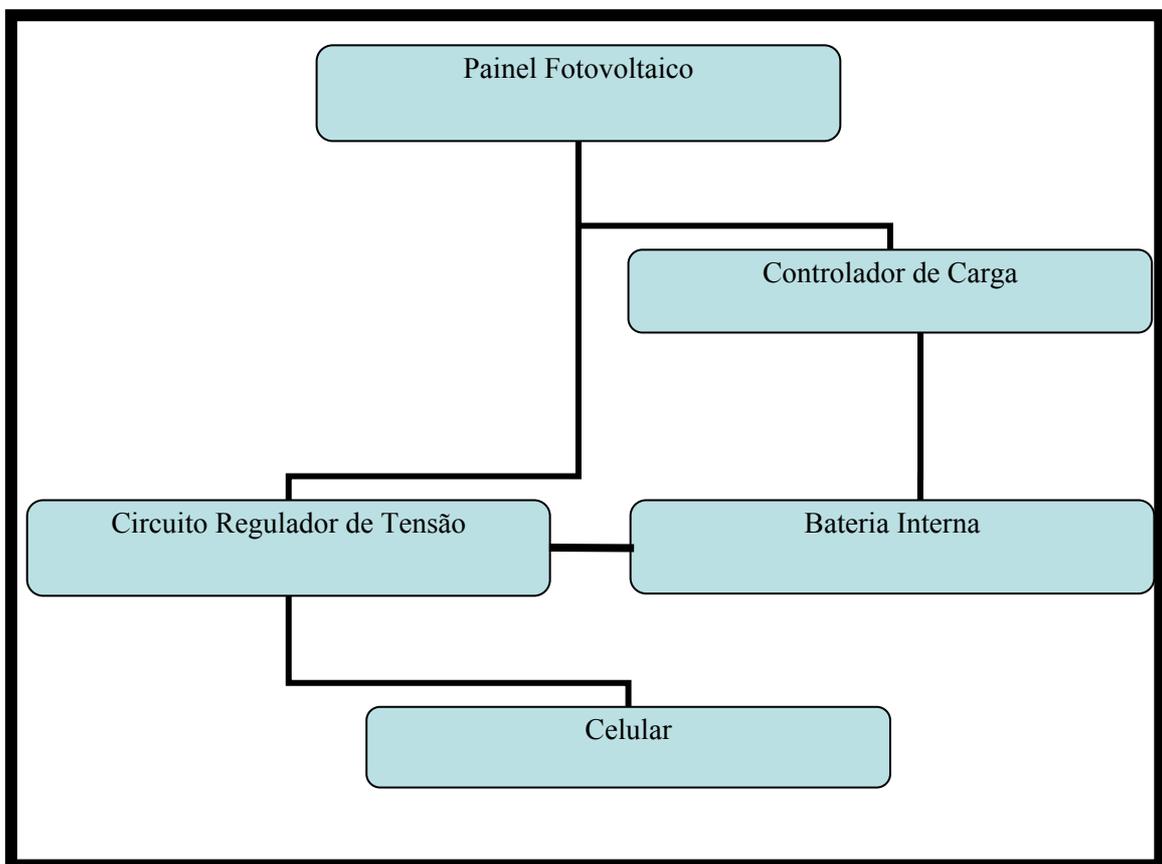
As comunicações continuam sendo as principais beneficiárias da utilização de aparelhos celulares, com eles, diminui-se a distância entre as pessoas, o que desafia as

---

<sup>1</sup> Marco A. Galdino, Jorge H. G. Lima, PRODEEM - Programa Nacional de Eletrificação rural Baseado em Energia Solar. Informação disponível na internet: <http://www.cresesb.cepel.br/Prodeem-CBE.pdf> . Data de acesso: 20/05/2006.

operadoras a espalharem seus sinais a lugares onde não se tinha qualquer outra forma de comunicação.

Neste projeto, é demonstrada a utilização de um painel fotovoltaico que transforma a energia solar em energia elétrica, auxiliado por uma bateria interna para evitar problemas de carga quando não houver luz solar suficiente, um controlador de carga para supervisionar a carga e descarga da bateria interna e, finalmente, um circuito regulador de tensão para controlar a tensão que provem ou dos painéis solares ou da bateria interna para a tensão de 5,7 V exigida pelo celular. Na Figura 1.1, é apresentado o diagrama de blocos de implementação do projeto.



*Figura 1.1 – Diagrama de blocos do projeto*

Este trabalho divide-se em sete capítulos:

- No Capítulo 1, é feita uma breve introdução do projeto.
- No Capítulo 2, são descritos os princípios da radiação solar, mostrados os vários modelos de células fotovoltaicas e seu funcionamento e são trazidos os modelos de painéis solares.
- No Capítulo 3, o estudo expõe os controladores de carga.
- No Capítulo 4, o trabalho trata das baterias.
- No Capítulo 5, são mostrados os reguladores de tensão.
- No Capítulo 6, a implementação do projeto de carregador de celular via energia solar.
- No Capítulo 7, são apresentadas as conclusões inerentes ao trabalho realizado

## Capítulo 2 - Radiação Solar, Células Fotovoltaicas e Painéis Fotovoltaicos

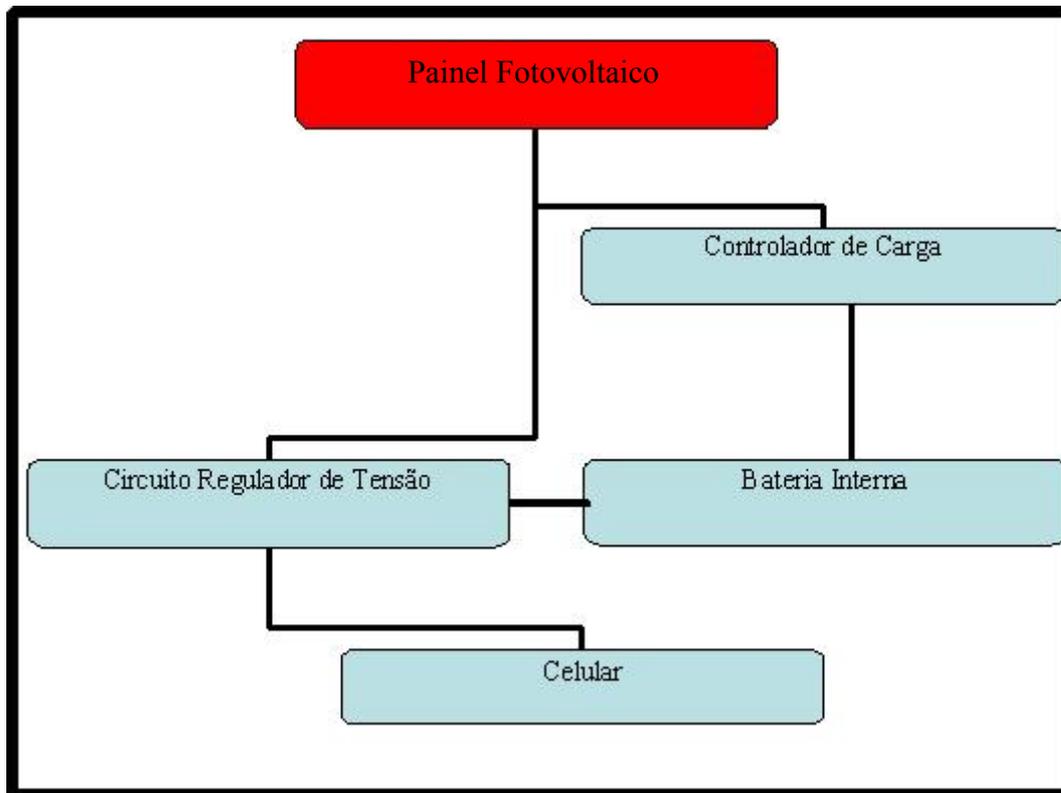


Figura 2.1 – Diagrama de blocos do projeto com destaque para o painel fotovoltaico

Neste capítulo são abordados conceitos básicos sobre radiação solar e painéis fotovoltaicos. Entende-se por radiação solar a uma radiação eletromagnética emitida pelo Sol, e que se propaga a uma velocidade de 300.000 km/s, podendo-se observar aspectos ondulatórios e corpusculares.

O Sol fornece para a atmosfera terrestre aproximadamente  $1,5 \times 10^{18}$  kWh de energia por ano. Este valor corresponde a aproximadamente 10.000 vezes o consumo mundial de energia durante o mesmo período<sup>2</sup>. Tal fato mostra que a radiação solar é uma fonte energética que poderia ser amplamente utilizada se processada por meio de captação e posterior conversão em uma outra forma de energia mais útil.

---

<sup>2</sup> Grupo de Trabalho de Energia Solar Fotovoltaica (CRESESB/CEPEL), "Tutorial Solar".

## ***2.1 Radiação Solar em Superfície***

De toda a radiação que incide na camada atmosférica, apenas uma parte chega à superfície terrestre, graças às perdas ocasionadas pela reflexão e pela absorção dos raios solares pela camada atmosférica. A radiação que chega à superfície terrestre é formada por uma componente direta e outra difusa; no caso de a superfície receptora estar inclinada em relação a horizontal, haverá ainda uma terceira componente, refletida pelo ambiente do entorno (solo, vegetação, obstáculos, terrenos rochosos, etc). O coeficiente de reflexão dessas superfícies é denominado de albedo<sup>3</sup>.

## ***2.2 Células Solares***

Células solares são dispositivos capazes de transformar a energia luminosa em energia elétrica. Uma célula solar pode funcionar como geradora de energia elétrica a partir da luz ou como um sensor capaz de medir a intensidade luminosa.

Antes da atual procura por novas tecnologias de geração de energia, as células solares, por possuírem uma tecnologia capaz de gerar energia renovável e limpa, já haviam mostrado seu potencial neste campo, podendo o seu desenvolvimento ser dividido em três períodos, segundo M. T. Tolmasquim<sup>4</sup>:

- Primeiro período: até o início dos anos 1950, as células eram utilizadas somente como sensores de radiação luminosa;
- Segundo período: os sistemas fotovoltaicos passam a ser a fonte principal de energia das naves espaciais;
- Terceiro período: a partir dos anos 1970, as células solares para aplicação terrestres superam a produção para uso espacial.

## ***2.3 Princípio de funcionamento***

O material mais utilizado para confecção de células solares é o silício. Contudo, o silício puro não possui elétrons livres, necessitando de uma dopagem. Para fazer um silício do tipo N, utilizado na confecção de uma célula solar, introduz-se em sua rede cristalina um material pentavalente (do Grupo V da tabela periódica), tal como o fósforo, que possuem um elétron a mais do que necessário para formar as ligações

---

<sup>3</sup> Idem ob. cit. (2).

<sup>4</sup> Tolmasquim, M. T. "Fontes Renováveis de Energia no Brasil".

covalentes com o silício. Para fazer um silício do tipo P, é feito um processo similar, mas utilizando boro (átomo do grupo III da tabela periódica) ao invés do fósforo, dando origem a lacunas, transferência de elétrons dos átomos de silício da banda de valência para os átomos de boro.

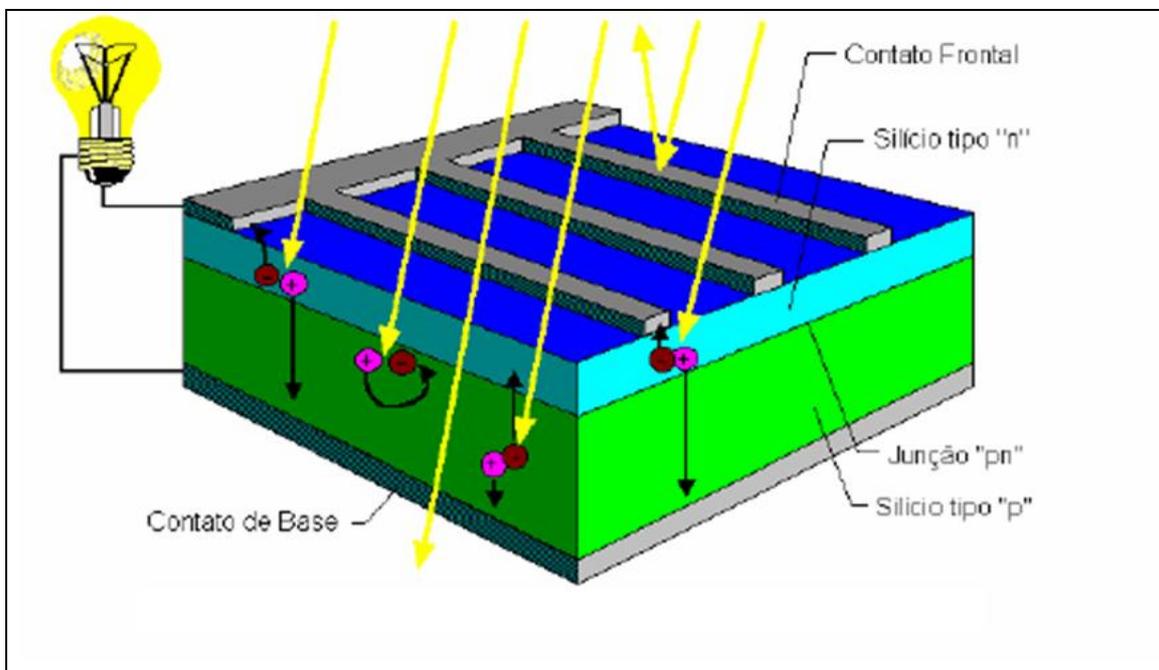


Figura 2.2 – Corte transversal de uma célula fotovoltaica (fonte: CRESESB/CEPEL, “Tutorial solar”).

Estas dopagens, tanto com o fósforo quanto com o boro, resultam na existência de cargas móveis. No primeiro caso, trata-se de portadores de carga negativa, localizados na banda de condução (materiais tipo N), e, no segundo, de portadores de carga positiva, localizados na banda de valência (materiais tipo P)<sup>5</sup>.

Cada célula solar é composta de uma camada fina de material do tipo N e outra com maior espessura de material tipo P; com esta união, os elétrons do silício tipo N difundem para o lado P, formando assim um dipolo, com cargas positivas na região N e negativas na região P, associado a um campo elétrico interno que restabelece as condições de equilíbrio da junção P-N.

## 2.4 Comportamento sob Iluminação

As células solares sob iluminação absorvem fótons, que são partículas que produzem uma passagem de elétrons da banda de valência para a banda de condução.

---

<sup>5</sup> Idem ob. cit. (4).

Os portadores gerados pelos fótons absorvidos estão sujeitos à ação do campo elétrico interno, que se estabelece na interface da junção P-N, dando origem a uma corrente que atravessa a carga externa.

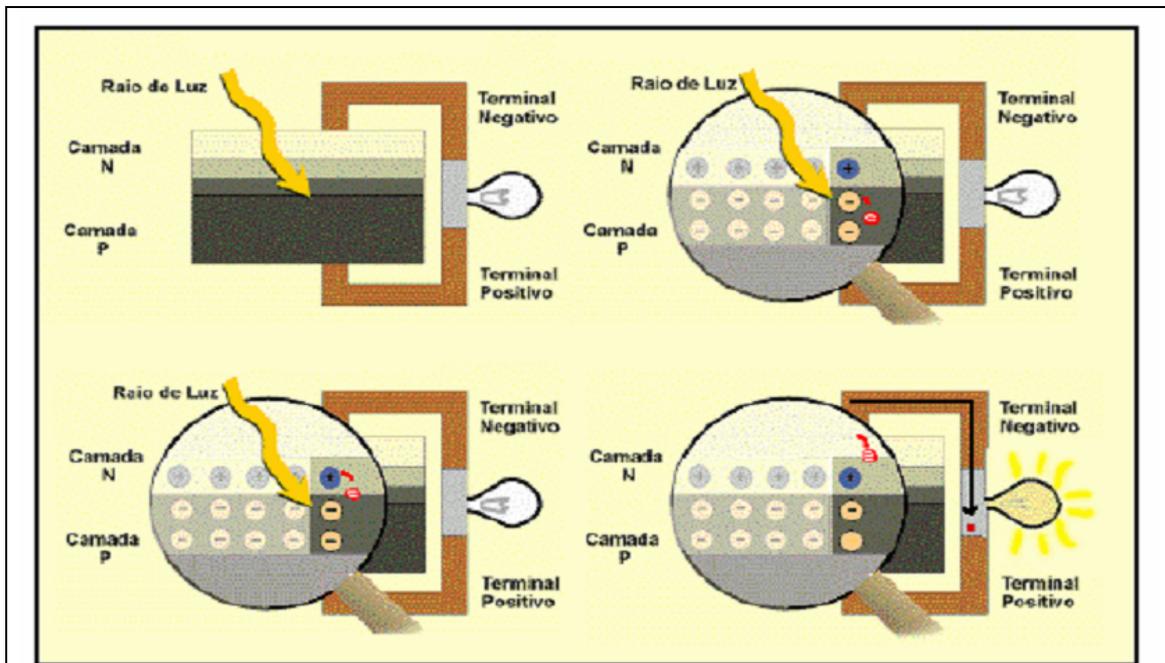


Figura 2.3 – Efeito Fotovoltaico na junção PN (fonte: CRESESB/CEPEL, “Tutorial solar”).

Enquanto a célula estiver sob iluminação haverá uma geração de energia, sendo que a corrente gerada variará proporcionalmente à intensidade de luz incidente.

Grande parte da luz incidente na célula é perdida antes que possa ser convertida em energia elétrica. Atualmente as células podem chegar a ter uma eficiência de 30%, mas a grande maioria possui uma eficiência entre 10% a 15%. As perdas de energia podem ocorrer porque aproximadamente 55% do espectro solar é composto por luzes, que possuem uma frequência pequena, e por isso não conseguem excitar os elétrons do silício. Outras são energéticas demais e a energia extra do par elétron-buraco transforma-se em calor, também contribuem para a diminuição da eficiência o reflexo da superfície da célula e a recombinação elétron-buraco. Para aumentar a produção de energia, podemos utilizar espelhos ou lentes para concentrar os raios solares<sup>6</sup>.

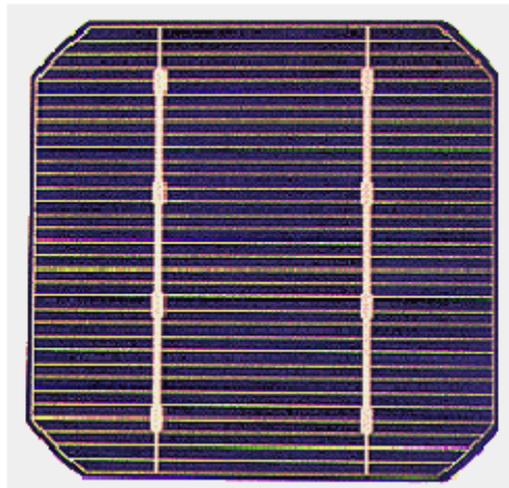
<sup>6</sup> Hinrichs, Roger A. “Energia e Meio Ambiente”.

## 2.5 Tipos de Células

Atualmente, a grande maioria de células solares comercializadas são de silício, mas já existem células de outros materiais sendo comercializados. Estes materiais se baseiam nos semicondutores das famílias III-V, e II-VI da tabela periódica, a numeração das famílias representa a quantidade de elétrons livres que os materiais possuem para fazer ligações covalentes. No primeiro caso, há a combinação de elementos do grupo III (gálio, índio) e do grupo V (arsênio, fósforo), sendo o principal material estudado o arseneto de gálio (GaAs)<sup>7</sup>. No segundo caso, utilizam-se elementos do grupo II (cádmio, cobre) e do grupo VI (telúrio, selênio), sendo estudados principalmente o disseleneto de cobre-índio (CuInSe<sub>2</sub>) e o telureto de cádmio (CdTe)<sup>8</sup>.

Existem três tipos de células de silício, que são classificadas conforme o método de fabricação:

- Silício monocristalino: células são obtidas a partir de barras cilíndricas de silício monocristalino produzidas em fornos especiais. Estas são obtidas por cortes das barras em forma de pastilhas finas (300 μm de espessura). Sua eficiência é da ordem de 15%<sup>9</sup>;



*Figura 2.4 – Silício Monocristalino*  
(fonte: CRESESB/CEPEL, “Tutorial solar”).

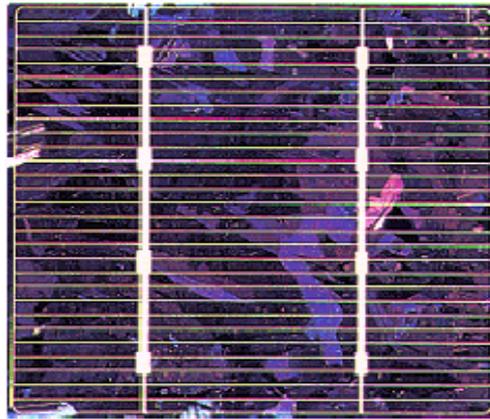
---

<sup>7</sup> Idem ob. cit (4)

<sup>8</sup> Idem ob. cit. (4).

<sup>9</sup> Ibidem ob. cit. (4).

- Silício policristalino: células obtidas a partir de blocos de silício obtidos por fusão de porções de silício puro em moldes especiais. Uma vez nos moldes, o silício resfria lentamente e solidifica-se. Neste processo, os átomos não se organizam num único cristal, formando assim uma estrutura policristalina com superfícies de separação entre os cristais. Sua eficiência é da ordem de 13%<sup>10</sup>, um pouco menor do que a do silício monocristalino mas sua produção é mais simples e barata<sup>11</sup>;



*Figura 2.5 – Silício Policristalino*

*(fonte: CRESESB/CEPEL, “Tutorial solar”).*

- Silício amorfo: células obtidas através da deposição de camadas muito finas de silício sobre superfícies de vidro ou metal. Sua eficiência varia de 5% a 7%<sup>12</sup>. Normalmente estas células sob a luz fluorescente conseguem obter uma eficiência maior do que as células cristalinas. Um problema com estas células é que sua eficiência diminui ao longo do tempo em função da exposição à luz<sup>11</sup>.

## **2.6 Módulo e painéis fotovoltaicos**

Módulos fotovoltaicos são células fotovoltaicas que são conectadas em série, fazendo assim a soma de suas tensões até que se obtenha a tensão desejada.

A conexão mais comum de células fotovoltaicas em módulos é o arranjo em série para chegar num valor final de 12V.

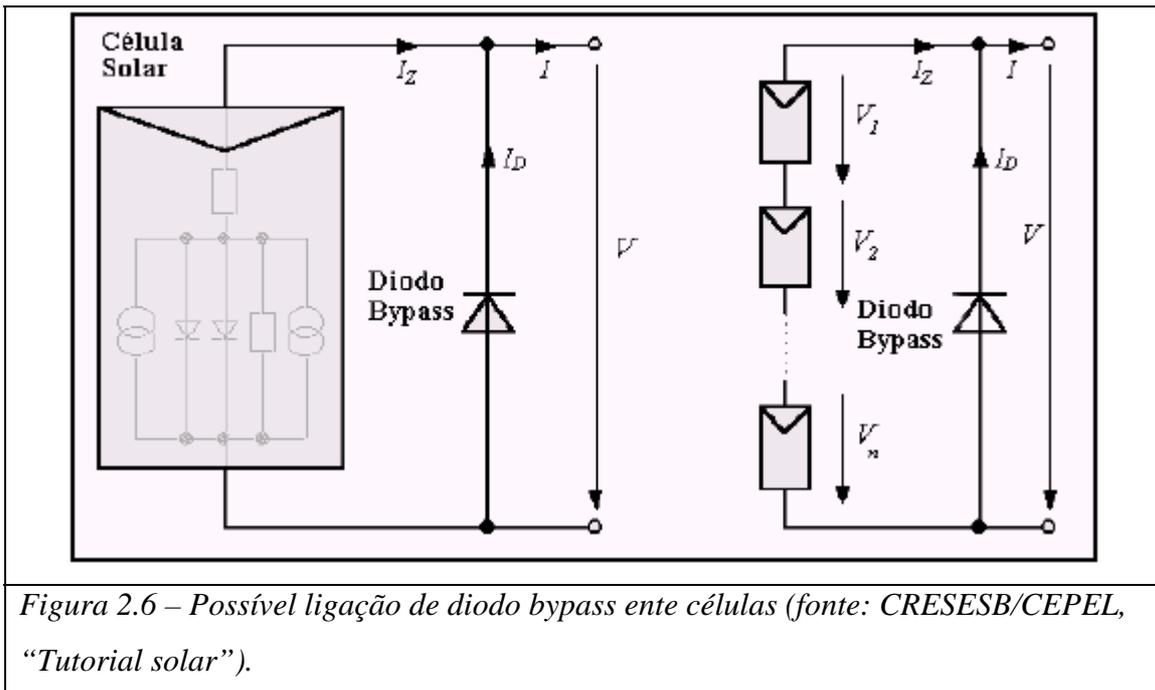
---

<sup>10</sup> Idem ob. cit. (4).

<sup>11</sup> Idem ob. cit. (6).

<sup>12</sup> Idem ob. cit. (4).

Para evitar que toda corrente de um módulo não seja limitada por uma célula de pior desempenho (no caso de estar encoberta), é necessário utilizar um diodo “bypass”. Este diodo serve como caminho alternativo para a corrente e limita a dissipação de calor na célula defeituosa. Geralmente o uso deste diodo é feito em grupamento de células, ficando mais barato do que conectar um diodo em cada célula como mostra a Figura 2.6.



Um outro problema que pode ocorrer é o aparecimento de uma corrente negativa fluindo pelas células, ou seja, ao invés de gerar corrente, o módulo passa a receber muito mais do que produz. Esta corrente pode causar queda na eficiência das células e, em caso mais drástico, a célula pode ser desconectada do arranjo causando assim a perda total do fluxo de energia do módulo. Para evitar esses problemas, utiliza-se um diodo de bloqueio para impedir o fluxo de correntes reversas que podem ocorrer caso o módulo seja ligado diretamente a uma bateria.

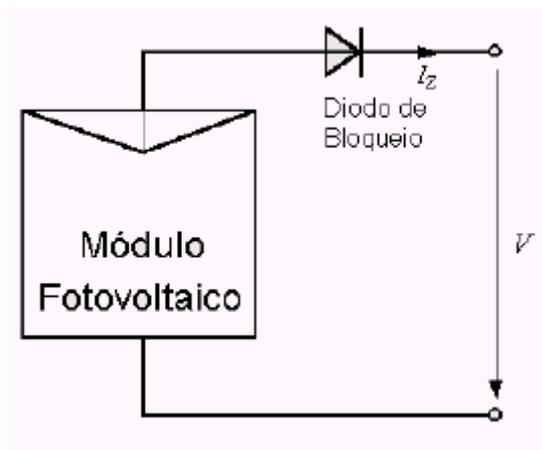


Figura 2.7 – Utilização de diodo de bloqueio  
(fonte: CRESESB/CEPEL, “Tutorial solar”).

Um painel fotovoltaico é um conjunto de módulos fotovoltaicos ligados em série e paralelo. A corrente deste painel será o produto da quantidade de módulos ligados em paralelo ( $N_p$ ) pela corrente ( $I$ ) gerada em cada módulo ( $N_p \times I$ ). A tensão será igual ao produto entre o número de módulos conectados em série ( $N_s$ ) pela tensão ( $V$ ) gerada por módulo<sup>13</sup>.

### 2.7. Características dos módulos fotovoltaicos

As principais características elétricas dos módulos fotovoltaicos são as seguintes:

- Tensão de circuito aberto ( $V_{oc}$ )
- Corrente de curto circuito ( $I_{sc}$ )
- Potencia máxima normalmente dada pela potencia de pico ( $P_m$ )
- Tensão de potencia máxima ( $V_{pm}$ )
- Corrente de potencia máxima ( $I_{pm}$ )

A condição padrão para obter as curvas característica dos módulos são definidas para uma radiação de  $1000\text{W/m}^2$  (radiação recebida na superfície da terra em dia claro ao meio dia) e temperatura de  $25\text{ }^\circ\text{C}$  (a eficiência da célula é reduzida com o aumento da temperatura).

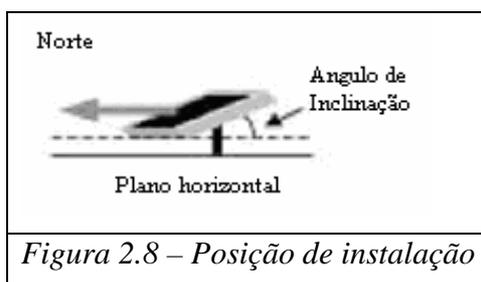
---

<sup>13</sup> Idem ob. cit. (4).

Neste projeto utilizamos o painel fotovoltaico modelo S-5 da empresa sunlab, que segundo tabela em anexo, é capaz de produzir 5W com tensão de pico de 16,5 V e uma corrente de pico de 0,27 A.

## ***2.8 Instalação dos módulos fotovoltaicos***

Os painéis devem ser fortemente fixados em suportes preferencialmente metálicos e aterrados. Esses painéis devem estar em um local que receba luz solar durante todo o período diurno; sua face deve estar voltada para o norte geográfico (hemisfério sul) e sua inclinação entre 25° a 30°.



*Figura 2.8 – Posição de instalação*

Deve-se deixar um espaço entre a superfície de fixação e o painel para permitir a circulação do ar, pois a temperatura influencia na eficiência do painel.

## ***2.9 Manutenção dos painéis fotovoltaicos***

Os painéis solares requerem uma manutenção mínima. Na limpeza dos mesmos deve ser utilizada água e uma esponja não abrasiva. Detergentes ou sabão neutro podem ser utilizados para remover substâncias mais contaminantes.

É recomendada uma inspeção semestral para averiguar terminais e apertos.

## Capítulo 3 – Controladores de Carga

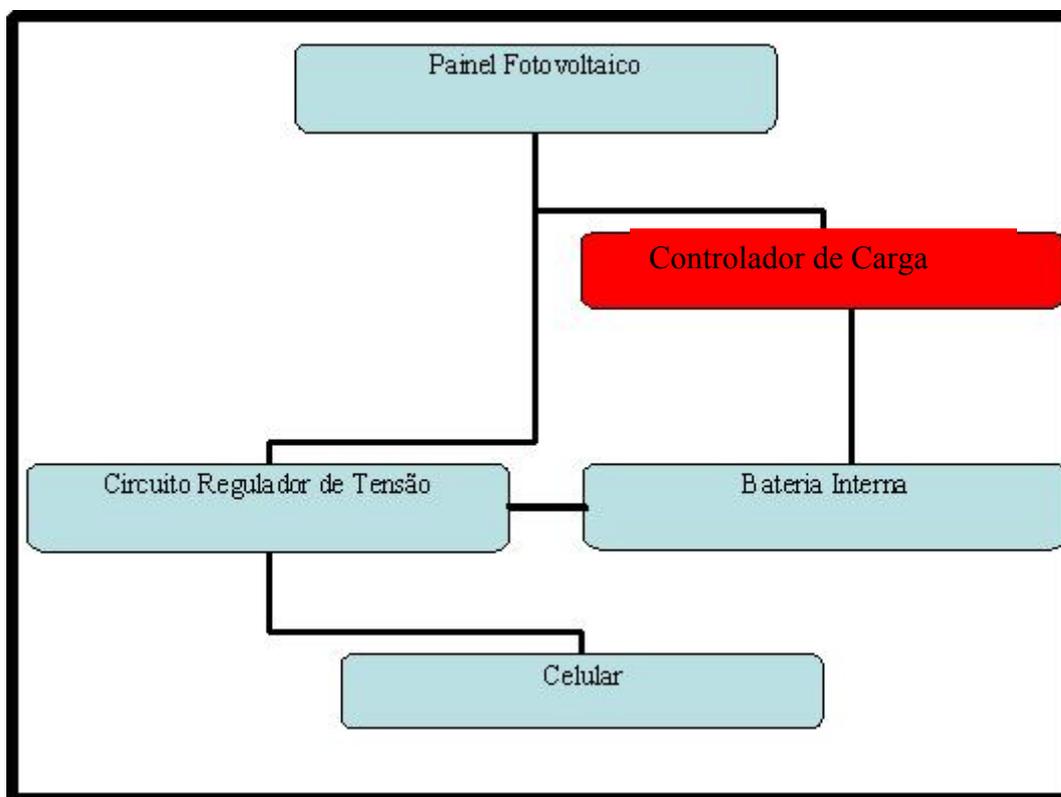


Figura 3.1 - Diagrama de blocos do projeto com destaque para o controlador de carga

Neste capítulo é discutido o controlador de carga e seu uso no projeto. Controladores de carga são circuitos eletrônicos que gerenciam a energia que entra e sai das baterias, para protegê-las contra os efeitos da sobrecarga e da descarga profunda, por meio do ajuste dos pontos de atuação dos circuitos de carga e consumo.

Existem basicamente dois tipos de configuração física dos controladores: série e paralelo. Existem, ainda, duas estratégias de controle de carga, denominados “ON/OFF” e tensão constante<sup>14</sup>.

As configurações paralelo e série diferenciam-se no que diz respeito a seus circuitos elétricos, ou seja, quando a bateria estiver próxima de sua capacidade total, o

---

<sup>14</sup> OLIVEIRA, LUÍS GUILHERME M. “Estratégias de controle de carga e descarga em sistemas fotovoltaicos domiciliares”. Informação disponível na internet: [http://www.iee.usp.br/biblioteca/producao/2005/Teses/Dissertacao\\_Luis\\_Oliveira.pdf](http://www.iee.usp.br/biblioteca/producao/2005/Teses/Dissertacao_Luis_Oliveira.pdf) . Data de acesso: 29/05/2006.

controlador de carga com configuração em série desconectará o painel fotovoltaico do circuito de carga. Já no caso do controlador de carga em paralelo, será causado um curto circuito no ramo de produção de energia. Ambos os controladores possuem a função de reduzir a corrente de carga entregue à bateria.<sup>15</sup>

### ***3.1 Controlador de carga com estratégia de controle “On/Off”***

O controlador “ON/OFF” pode ser comparado a uma chave “liga/desliga”, isto é, o carregamento da bateria através deste método, consiste em permitir a entrega de toda a corrente gerada pelo painel, até um determinado valor denominado tensão de regulação. Ao atingir o valor de tensão de regulação, a corrente de carga é interrompida. O painel fotovoltaico permanecerá desconectado até que a tensão de regulação de reconexão for alcançada, podendo, assim fornecer energia novamente à bateria<sup>16</sup>.

### ***3.2 Controlador de carga com estratégia de controle à tensão constante***

No carregamento à tensão constante, a corrente gerada pelo painel fotovoltaico é regulada pelo controlador, de maneira a manter a tensão nos terminais da bateria em um valor de fixo e constante a partir do ponto de tensão de regulação. Esta estratégia evita que o controlador forneça mais energia para a bateria do que ela é capaz de receber. Por isto, o método de controle à tensão constante é, a princípio, mais eficiente do que o anterior (“ON/OFF”). Por isso ele requer um circuito eletrônico e um projeto de dissipador de calor mais aprimorado. Existem dois tipos de controladores que utilizam a estratégia de controle a tensão constante, os controladores de carga lineares e os controladores de carga por largura de pulso (PWM)<sup>17</sup>.

#### ***3.2.1 Controle linear***

O controlador de carga linear pode ser constituído por circuito elétrico do tipo série ou paralelo. O primeiro mantém a tensão constante, por meio de um reostato em série, quando a bateria estiver próxima de sua capacidade energética máxima ele irá dissipar a energia que não será utilizada para carregar a bateria. O segundo circuito

---

<sup>15</sup> Idem ob. cit. (14)

<sup>16</sup> Idem ob. cit. (14)

<sup>17</sup> Idem ob. cit. (14)

utiliza um diodo zener, em paralelo para manter a tensão da bateria no ponto de tensão de regulação quando esta estiver praticamente carregada. O diodo zener possui uma tensão reversa igual a do ponto de tensão de regulação, quando a tensão da bateria estiver igual a do semicondutor, que será ativado por um curto circuito em seu ramo, que retira o máximo da corrente necessária para que o carregamento a tensão constante seja mantido<sup>18</sup>.

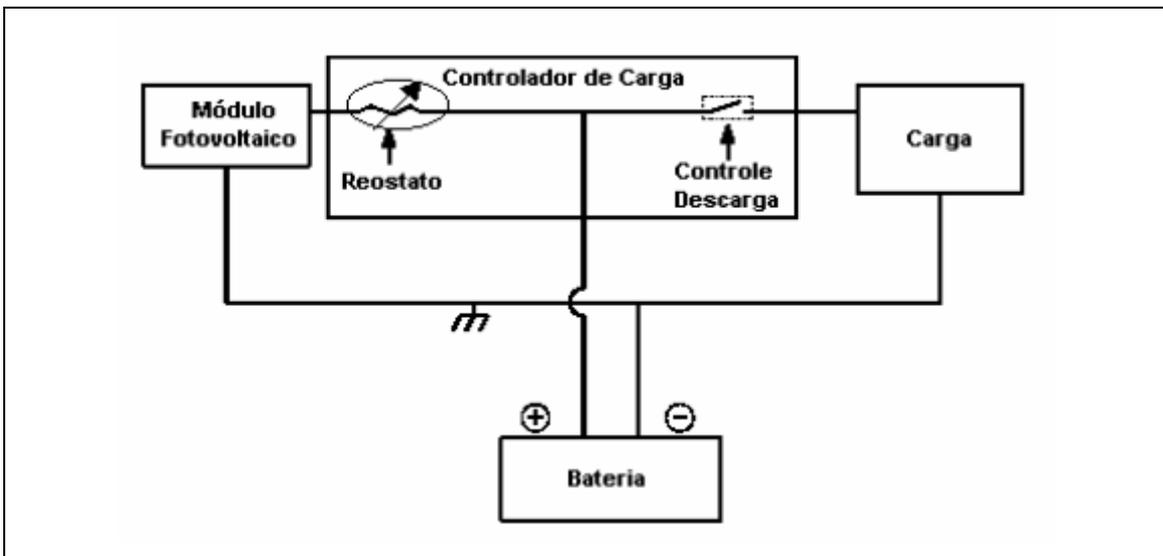


Figura 3.2 – Configuração em série utilizando reostato (fonte: OLIVEIRA, “Estratégias de controle de carga e descarga em sistemas fotovoltaicos domiciliares)

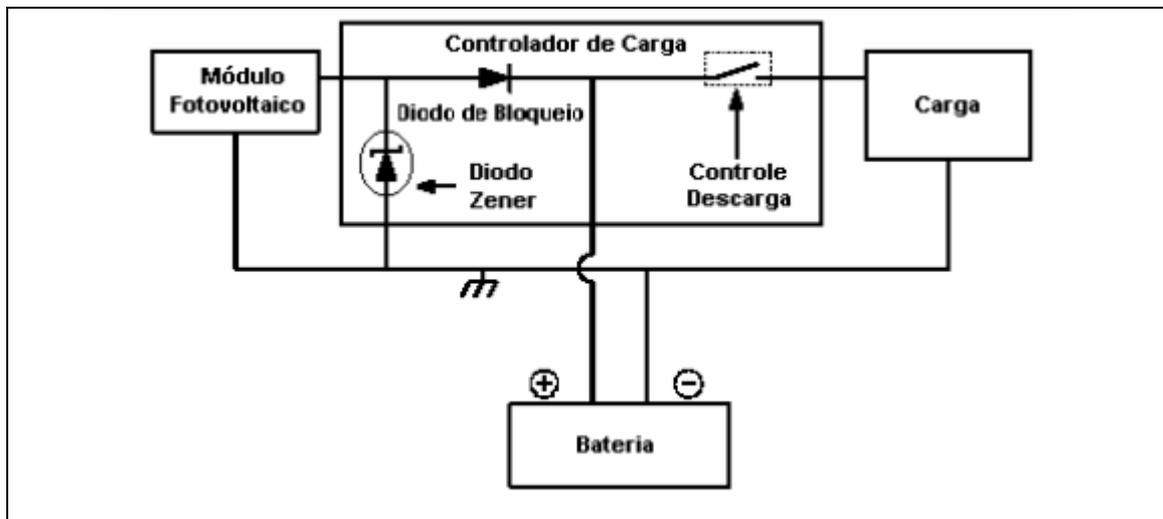


Figura 3.3 – Configuração em paralelo utilizando diodo zener (fonte: OLIVEIRA, “Estratégias de controle de carga e descarga em sistemas fotovoltaicos domiciliares)

<sup>18</sup> Idem ob. cit. (14)

### ***3.2.2 Controle por modulação por largura de pulso (PWM)***

Uma outra maneira de se utilizar a estratégia de controle à tensão constante é feita pela técnica de modulação por largura de pulso. Neste método, faz-se o uso de MOSFETs (dispositivos semicondutores utilizados para realizar o chaveamento), que aplicam pulsos de corrente em alta frequência (300 Hz)<sup>19</sup>, e podem variar o ciclo de operação ou a largura dos mesmos, reduzindo quando necessário, a corrente de carga, de modo a manter a tensão constante entre os terminais da bateria, evitando os efeitos de gaseificação e estratificação, além do aquecimento interno.

Esta estratégia garante um processo de carga rápido e eficaz, principalmente nas baterias de chumbo/ácido, e aumenta o ciclo de vida das baterias entre três a quatro vezes. Por sua eficácia, esta foi a técnica adotada neste projeto. O modelo de controlador de carga adotado neste projeto foi o CCD 1212, da empresa Sunlab, por ter características técnicas (Corrente máxima: 15A, Potência 180W e Tensão de Trabalho 12V) apropriadas à realização do projeto, além de boa relação custo / benefício.

---

<sup>19</sup> Idem ob. cit. (14)

## Capítulo 4 – Baterias

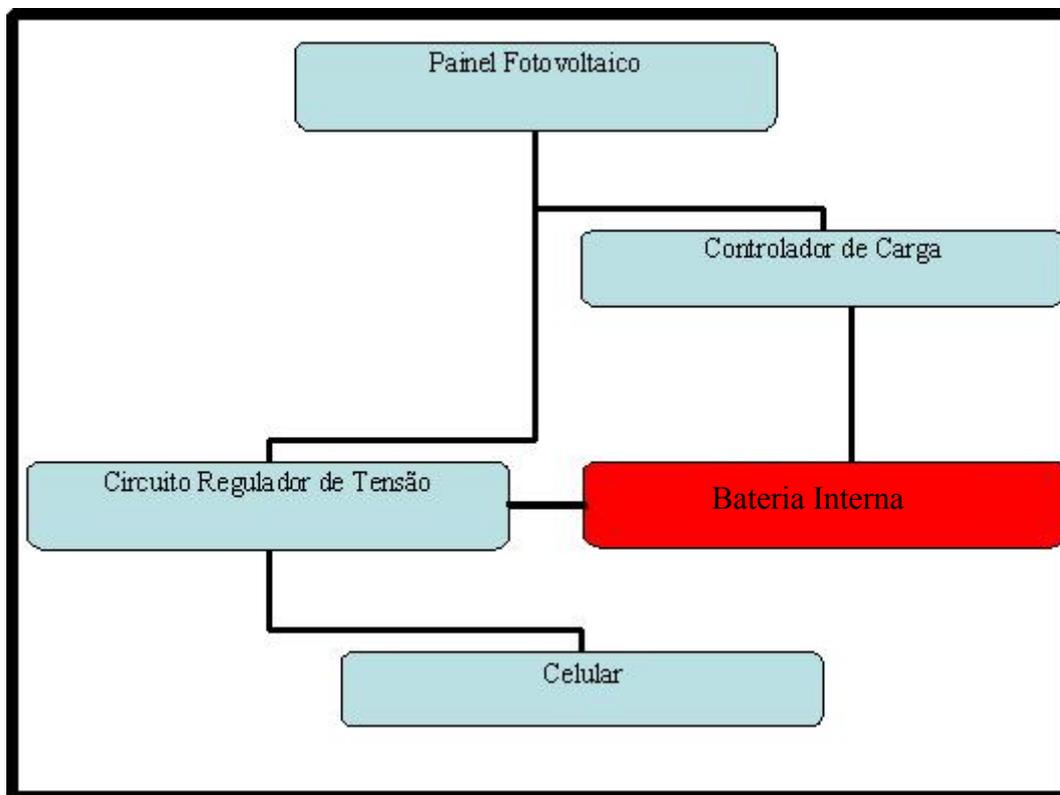


Figura 4.1 - Diagrama de blocos do projeto com destaque para a bateria

Tão importante quanto a captação da energia solar, pelos painéis fotovoltaicos, é seu correto armazenamento, feito através de baterias, o objeto de estudo deste capítulo. Dada a variabilidade da disponibilidade de energia solar, o uso de baterias faz-se necessário para minimizar tal problema.

Sistemas solares podem ser instalados com baterias automotivas, mas o procedimento não é recomendado – estas baterias não podem sofrer descargas profundas. Todavia, caso se deseje utilizar baterias automotivas, alguns cuidados devem ser tomados, em especial o de trabalhar com baterias seladas e aplicar o valor de consumo diário de corrente multiplicado por 5 (cinco). Além disso, não é recomendável que as baterias trabalhem com menos de 50% de sua carga e, quando há este risco, o número de baterias deve ser aumentado<sup>20</sup>.

---

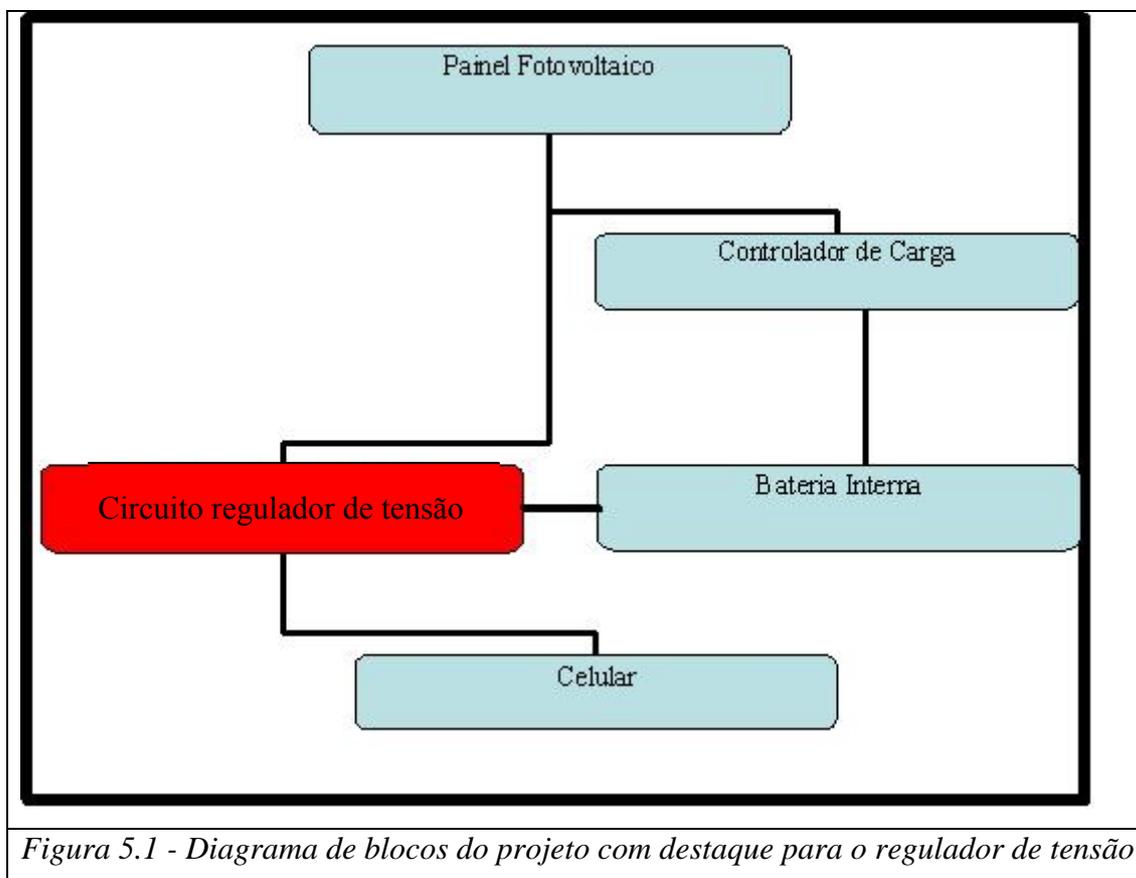
<sup>20</sup> SUNLAB. Informações extraídas do site comercial da sunlab. Informação disponível na internet: <http://www.sunlab.com.br>. Data de acesso: 25/05/2006.

Baterias fabricadas para descarga profunda possuem melhor rendimento, podendo trabalhar com até 90% de sua capacidade e sua vida útil é muito maior que as convencionais. No caso do uso de baterias para descarga profunda o valor de consumo diário de corrente deve ser multiplicado por 3 (três). No caso de utilizar mais de uma bateria é recomendável que sejam da mesma marca e capacidade. Neste projeto, foi utilizada a bateria modelo RT 12V 4,2 Ah da Romtec, com tensão de 12V e capacidade de 4,2Ah<sup>21</sup>.

---

<sup>21</sup> Idem ob. cit. (17)

## Capítulo 5 - Reguladores de Tensão



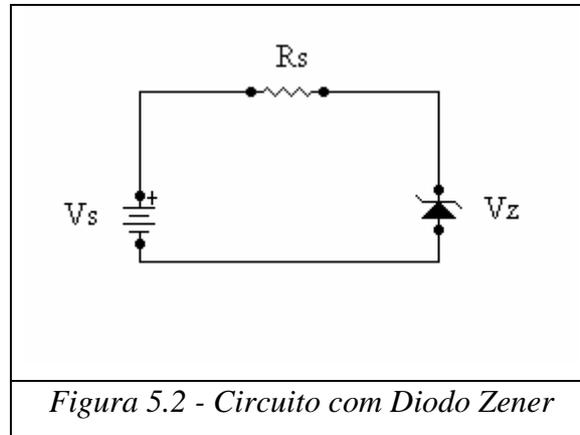
Depois de armazenar a energia solar captada ou armazenada nas baterias, é preciso que se saiba como administrá-la, quando se necessita que ela saia das baterias ou do painel solar e ganhe o novo uso. Para isso, precisa-se de um circuito regulador de tensão, o qual é exposto neste capítulo. Circuitos reguladores de tensão são circuitos que mantêm a tensão na carga constante independente da alta variação na tensão de entrada e na resistência de carga.

O projeto utiliza diodos zener em conjunto com um transistor para regular a tensão de saída. O transistor é utilizado para melhorar o desempenho do regulador zener.

### ***5.1 Regulador Zener***

O diodo zener é muito utilizado como regulador de tensão, pois ele mantém uma tensão de saída constante, embora sua corrente varie. Para uma operação normal, o

diodo zener deve ser polarizado reversamente como é mostrado na Figura 5.2. Um resistor  $R_s$  deve ser utilizado para limitar a corrente de zener num valor menor que a sua corrente máxima nominal, caso contrário o diodo zener queimaria.



*Figura 5.2 - Circuito com Diodo Zener*

A tensão no resistor é igual a diferença de tensão entre a fonte e a tensão zener. Logo a corrente no resistor é dada pela formula abaixo:

$$I_s = \frac{V_s - V_z}{R_s} \quad (5.1)$$

Por ser um circuito em série a corrente no zener é a mesma corrente que passa pelo resistor.

### **5.2 Regulador Zener com Carga**

Quando é adicionada uma carga ao regulador zener, o diodo por operar na região de ruptura mantém a tensão na carga constante, mesmo que haja uma variação na tensão de entrada ou na resistência da carga a tensão na carga permanecerá constante e igual a tensão zener.

Para garantir que o diodo zener esteja operando na região de ruptura, utilizamos a formula abaixo:

$$V_{TH} = \frac{R_L}{R_s + R_L} \quad (5.2)$$

Essa tensão deve ser maior que a tensão zener, caso contrário não ocorrerá a ruptura.

Como a carga esta ligada em paralelo com o diodo zener a tensão na carga é a mesma tensão do diodo zener ou seja:

$$V_Z = V_L \quad (5.3)$$

Podemos então usar a lei de Ohm calcular a corrente na carga da seguinte maneira:

$$I_L = \frac{V_L}{R_L} \quad (5.4)$$

Como o resistor de carga e o diodo zener estão ligados em paralelo, podemos através da lei de Kirchhoff, calcular então a corrente zener através da expressão abaixo:

$$I_Z = I_S - I_L \quad (5.5)$$

Esta equação nos mostra que a corrente no diodo zener não é mais a mesma do resistor em série, no caso de um regulador sem carga. Agora a corrente zener é igual a corrente no resistor em série menos a corrente na carga.

### ***5.3 Ponto de saída do regulador zener***

Para que um regulador zener mantenha a tensão de saída constante, o diodo zener deve permanecer na região de ruptura em qualquer condição de operação. Isso equivale dizer que deve haver uma corrente zener para todos os valores da fonte de tensão e para todas as correntes de carga. O pior caso ocorre quando a tensão da fonte de alimentação é mínima e a corrente na carga é máxima, porque a corrente zener cai para seu valor mínimo. Nesse caso,

$$I_S(\text{mín}) = \frac{V_S(\text{mín}) - V_Z}{R_S(\text{máx})} \quad (5.6)$$

Rearranjando temos

$$R_S(\text{máx}) = \frac{V_S(\text{mín}) - V_Z}{I_S(\text{mín})}$$

Conforme foi mostrado anteriormente,

$$I_Z = I_S - I_L$$

No pior caso, isso é escrito como

$$I_Z(\text{mín}) = I_S(\text{mín}) - I_L(\text{máx})$$

O ponto crítico ocorre quando a corrente da carga é igual à corrente mínima no resistor em série:

$$I_L(máx) = I_S(mín)$$

Nesse ponto, a corrente zener cai a zero e a regulagem deixa de existir.

Substituindo  $I_S$  (min) por  $I_L$  (máx) na equação 5.6, obtemos a seguinte equação útil:

$$R_S(máx) = \frac{V_S(mín) - V_Z}{I_L(máx)} \quad (5.7)$$

Onde:

$R_S$  (máx) = valor crítico da resistência em série

$V_S$  (min) = Tensão mínima da fonte de alimentação

$V_Z$  = Tensão zener

$I_L$  (máx) = corrente máxima na carga

A resistência  $R_S$  (máx) é o valor máximo que a resistência em série deve possuir. Caso contrário, o diodo zener não vai operar na região de ruptura e a ação de regulagem não acontecerá.

#### ***5.4 Seguidor de emissor***

O circuito seguidor de emissor, também conhecido como circuito coletor comum, é um tipo de circuito no qual um transistor bipolar controla um circuito de carga que pode ser um resistor ou um próximo estágio em um amplificador eletrônico.

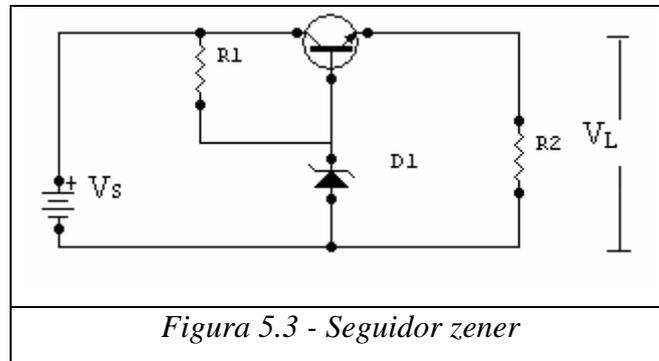
Para evitar o problema de sobrecarga, que é dado quando a resistência da carga é muito menor que a resistência  $r_{cc}^{22}$  do coletor, é utilizado o seguidor emissor. Conecta-se um seguidor emissor entre o amplificador EC (emissor comum) e a pequena resistência de carga com praticamente nenhum ganho de tensão. Além disso, o seguidor emissor tem uma impedância de entrada tão alta que não chega a sobrecarregar o amplificador EC (emissor comum).

---

<sup>22</sup> Corrente contínua

### 5.4.1 Melhorando a regulação de tensão com seguidor de emissor

Um seguidor de emissor pode melhorar o desempenho de um regulador zener, conforme é mostrado na Figura 5.3. Nesta figura, é mostrado um regulador zener sendo utilizado em conjunto com um seguidor emissor.



Como a tensão zener é a entrada da base, a tensão cc de saída é a tensão do diodo zener menos a queda  $V_{be}$  do transistor, portanto:

$$V_L = V_Z - V_{BE} \quad (5.8)$$

Se a tensão de entrada variar a tensão zener permanece a mesma e isto ocorre também com a tensão de saída. Ou seja este circuito funciona como regulador de tensão.

O seguidor zener possui duas vantagens sobre o regulador zener comum. Uma é que a corrente que passa pela resistência  $R_s$  é a soma da corrente zener e da corrente da base que é igual a:

$$I_B = \frac{I_L}{\beta_{CC}} \quad (5.9)$$

Como a corrente da base é muito menor do que a corrente da carga, pode-se usar um diodo zener menor.

Outra vantagem que se consegue ao utilizar o seguidor zener, ao invés do regulador zener comum, é que no regulador zener comum o resistor de carga vê uma impedância de saída de aproximadamente  $R_Z$ , a impedância Zener. Mas no seguidor zener, a impedância de saída é:

$$r(\text{saída}) = r'_e + \frac{R_Z}{\beta} \quad (5.10)$$

A idéia principal de utilizar o seguidor zener é que o seguidor emissor aumenta a capacidade de manipulação de corrente de um regulador zener. O seguidor zener, adotado neste projeto, aumenta a corrente de carga por um fator  $\beta_{CC}$ .

## Capítulo 6 – Implementação

Depois das definições de cada parte explicitadas nos capítulos anteriores, passar-se-á, neste capítulo, ao relato da atividade prática deste trabalho.

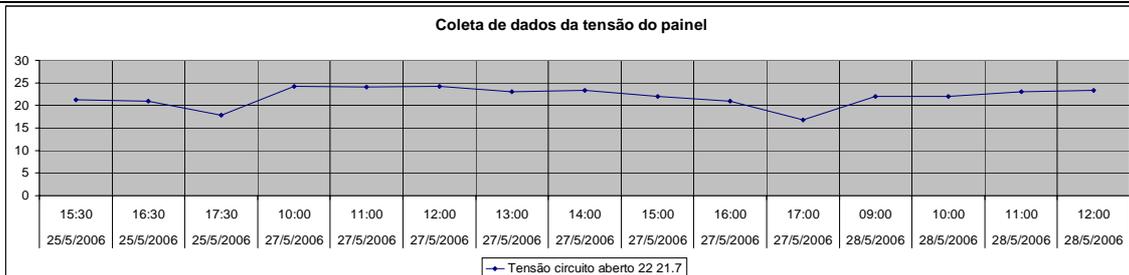
### 6.1 Coleta de dados

O carregador portátil Nokia, modelo ACP 12UB, possui tensão nominal de saída de 5,7V e corrente nominal de saída de 800mA. Este carregador é utilizado para carregar a bateria, também da marca Nokia, modelo BL 5C, cuja tensão nominal é de 3,7V. Esta bateria é amplamente utilizada nos novos modelos de telefones celulares Nokia.

Para comprovar estes valores, foi utilizado um multímetro, que constatou que, na realidade, a tensão de saída do carregador é de 6,13V (quando sem a carga) e 4,85V (quando com a carga). A corrente de saída é igual à corrente nominal, ou seja, 800mA.

Dia	Horário	Tensão circuito aberto
25/05/06	13:30	22,0V
25/05/06	14:30	21,7V
25/05/06	15:30	21,3V
25/05/06	16:30	21,0V
25/05/06	17:30	17,8V
27/05/06	10:00	24,2V
27/05/06	11:00	24,0V
27/05/06	12:00	24,2V
27/05/06	13:00	23,0V
27/05/06	14:00	23,3V
27/05/06	15:00	22,0V
27/05/06	16:00	21,0V
27/05/06	17:00	16,8V
28/05/06	09:00	22,0V
28/05/06	10:00	22,0V

28/05/06	11:00	23,0V
28/05/06	12:00	23,3V
Dados obtidos na cidade de Brasília / DF, em período não abrangido pelo horário de verão.		



## 6.2 Dimensionamento do transistor

O primeiro passo para projetar um regulador de tensão a transistor é fazer a escolha do transistor, deve-se tomar o cuidado de escolher um transistor que não se sature limitando a corrente na carga. A tensão de saturação neste projeto é dada por:

$$V_{CE\ sat} < V_S (mín) - V_L$$

$$V_{CEsat} < 11V - 5,7V$$

$$V_{CEsat} < 5,3V$$

A corrente máxima no coletor é dada por:

$$I_C máx > I máx$$

$$I_{Cmáx} > 800mA$$

Como a potência máxima de coletor do transistor ( $P_{cmáx}$ ) deve ser maior que a potência máxima de coletor de operação no circuito, tem-se duas situações: a primeira, quando estamos utilizando a energia do painel; a outra, quando utilizamos energia da bateria.

No caso do painel tem-se:

$$P_{cmáx} > (V_S máx - V_L) * I_L máx$$

$$P_{cmáx} > (24,3 - 5,7) * 0,27$$

$$P_{cmáx} > 5,022W$$

No caso da bateria tem-se:

$$P_{cmáx} > (V_S máx - V_L) * I_L máx$$

$$P_{cmáx} > (12 - 5,7) * 0,8$$

$$P_{cmáx} > 5,04W$$

Será, então, utilizado o transistor BD137, que adequa-se a todas estas necessidades.

### **6.3 Dimensionamento do diodo zener**

Uma vez que a tensão de saída do sistema é dada pela diferença da tensão zener pela queda de tensão  $V_{BE}$  do transistor faz-se necessário utilizar um diodo zener cuja tensão de ruptura siga a seguinte equação:

$$\begin{aligned}V_L &= V_Z - V_{BE} \\5,7V &= V_Z - 0,7 \\V_Z &= 6,4V\end{aligned}$$

O diodo zener que mais se aproxima desde valor é o modelo 1N4735, dotado de uma tensão de ruptura de 6,2V.

### **6.4 Dimensionamento da resistência em série**

O painel solar SR – 5 utilizado neste projeto produz uma tensão de saída de curto circuito no valor de 16.5V e uma corrente de 0,27A. De posse desses valores, pode-se dimensionar a resistência em série.

Consoante tabela 1, obtiveram-se os dados:

$$V_s(\text{máx}) = 24,3 \text{ V}$$

$$V_s(\text{min}) = 11 \text{ V}$$

Conforme *datasheet* do diodo zener, tem-se que:

$$I_z(\text{máx}) = 0.146 \text{ A}$$

$$I_z(\text{min}) = 0.041$$

$$V_Z = 6,2V$$

Para garantir que a corrente zener fique entre 0.041A e 0.146A, deve-se utilizar uma resistência em série no valor mínimo calculado pela fórmula abaixo:

$$R_{s\text{mín}} > \frac{V_s\text{máx} - V_Z}{I_z\text{máxfab}} \quad (6.1)$$

$$R_{s\text{mín}} > \frac{24,3V - 6,2V}{0,146}$$

$$R_{s\text{mín}} = 123,97\Omega$$

Utilizando a mesma formula para calcular  $R_{s\text{máx}}$  tem-se:

$$R_{sm\acute{a}x} < \frac{V_s^{m\acute{i}n} - V_z}{I_z \text{ min } fab}$$

$$R_{sm\acute{a}x} < \frac{11V - 6,2V}{0,041A}$$

$$R_{sm\acute{a}x} = 141,07\Omega$$

De posse destes valores, utilizou-se uma resist\encia equivalente de 133Ω.

Como a pot\encia nominal do resistor Prs deve ser maior que a potencia m\axima que ele dissipar\ no circuito, o valor de Prs \xe9:

$$P_{RS} > \frac{V_s^{m\acute{a}x} - V_z}{R_s} \quad (6.2)$$

$$P_{RS} = \frac{(24,3V - 6,2V)^2}{133\Omega}$$

$$P_{RS} = 2,46W$$

Por seguran\ca, foi adotado um resistor com pot\encia nominal duas vezes maior que a pot\encia m\axima que ele poder\ dissipar. Assim, foi escolhido um resistor de 133 Ω, com potencia nominal de 5W.

### ***6.5 Dimensionamento do painel***

Dentre todos pain\eis da empresa Sunlab pesquisados durante a elabora\c\o deste trabalho, o mais indicado para o projeto \xe9 o modelo S-10, que produz uma corrente de 0.6A. Como seu custo \xe9 sensivelmente mais elevado do que o painel S-5 (ver tabela no ap\endice), capaz de produzir uma corrente de 0.27A, este foi o eleito para o projeto, em que pesou sua boa rela\c\o custo / benef\icio e suas dimens\o\es, relativamente pequenas. Segundo dados do fabricante, este painel produz 5W, com tens\o de pico de 16.5V e uma corrente de pico de 0.27A – suficientes para suprir as necessidades do experimento com o telefone celular; a corrente deveria ser maior, mas a \xfanica consequ\encia pr\atica ser\ a uma maior demora para que o aparelho celular atinja sua carga.

## 6.6 Dimensionamento do limitador de corrente

O resistor-base emissor ( $R_{BE}$ ), componente limitador de corrente, foi ligado entre o emissor e a saída da fonte, funcionando como um sensor de corrente e um polarizador dos terminais-base emissores do transistor Q2.

O resistor  $R_{BE}$  teve, em seus cálculos, a preocupação de que o transistor não atue enquanto a corrente de saída for menor que  $I_{Lmáx}$ .

Portanto:

$$R_{BE} = \frac{V_{BE}}{I_{Lmáx}}$$

$$R_{BE} = \frac{0,7V}{0,8A}$$

$$R_{BE} = 0,875\Omega$$

Foi utilizado um resistor de  $1\Omega$ .

## 6.7 Dimensionamento da bateria

O valor de consumo para carregar a bateria do telefone celular é de 850 mAh; o valor utilizado no projeto foi multiplicado por 3 (2550mAh), uma vez que trata-se de uma bateria fabricada para descarga profunda; adotou-se uma bateria que suporta descarga profunda e tem capacidade total de 4,2 Ah, para não haver escassez de energia.

## 6.8 Montagem do circuito

O circuito desenvolvido para a carregar a bateria do celular é, na verdade, um seguidor zener com proteção contra curto-circuitos, conforme mostrado na Figura 6.1.

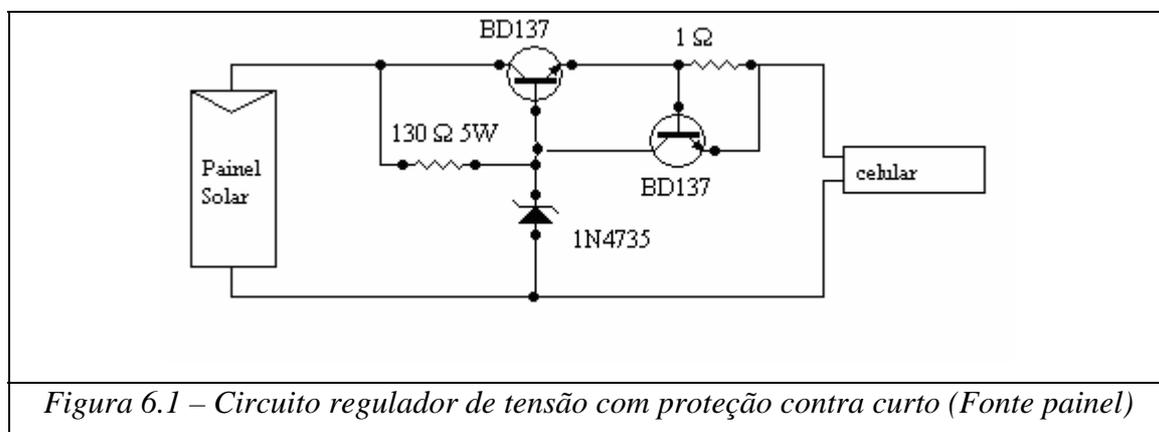


Figura 6.1 – Circuito regulador de tensão com proteção contra curto (Fonte painel)

O painel solar gera a energia elétrica para o circuito, que, por sua vez, regula a tensão para os níveis exigidos pelo celular, fazendo-se, assim, a carga na bateria do celular.



Figura 6.2 – Foto do carregador utilizando a energia do painel fotovoltaico

Durante o período de ausência de radiação solar, o celular pode ser carregado também através de uma bateria recarregada com energia solar, conforme mostrado na Figura 6.3.

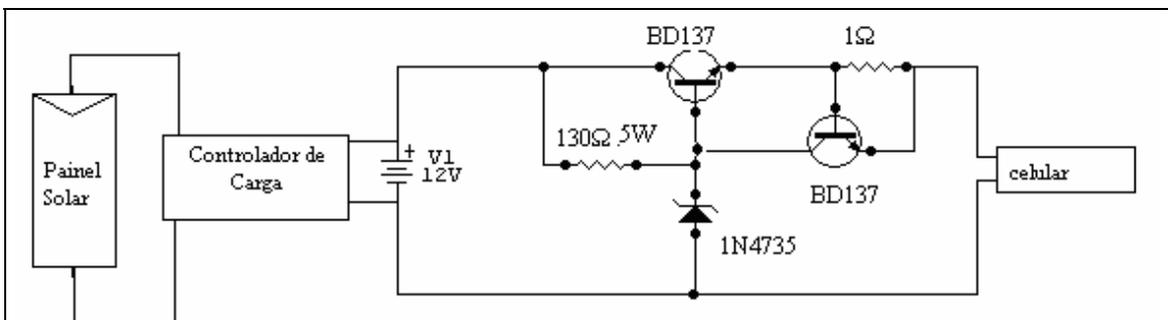


Figura 6.3 – Circuito regulador de tensão com proteção contra curto (Fonte bateria)



Figura 6.4 – Foto do carregador utilizando a energia do painel fotovoltaico

### 6.9. Testes

Os testes foram realizados em horários e dias diferentes, para garantir o funcionamento do carregador à qualquer momento. Na Tabela 2 é mostrado o resultado dos testes somente com a energia do painel solar.

Tabela 2 – Testes do carregador somente com a energia do painel				
Data	Horário	Tensão na carga	Corrente na Carga	Funciona
03/06/06	09:00	4,17 V	240 mA	Sim
03/06/06	12:00	5,58 V	330 mA	Sim
03/06/06	14:00	5,22 V	300 mA	Sim
03/06/06	16:00	4,12 V	230 mA	Sim
03/06/06	17:00	4,05 V	130 mA	Sim
04/06/06	08:00	6,00 V	70 mA	Não
04/06/06	08:15	4,06 V	140 mA	Sim
04/06/06	09:00	4,10 V	240 mA	Sim
04/06/06	12:00	5,58 V	330 mA	Sim
04/06/06	14:00	5,20 V	300 mA	Sim

04/06/06	16:00	4,10 V	230 mA	Sim
04/06/06	17:00	4,00 V	140 mA	Sim
04/06/06	18:00	6,00 V	50 mA	Não
05/06/06	08:00	4,07 V	140 mA	Sim
05/06/06	10:00	4,10 V	240 mA	Sim
Dados obtidos na cidade de Brasília / DF, em período não abrangido pelo horário de verão.				

Os testes realizados, somente com a energia da bateria também obtiveram sucesso e carregaram a bateria em aproximadamente 4 horas.

## 7. Conclusão

Por depender da intensidade de radiação, a geração de energia elétrica de fonte solar apresenta grande variabilidade, necessitando, por isso, o emprego de baterias para o armazenamento. Tal medida não obsta a eficiência do sistema; ao contrário, com a evolução do armazenamento em termos de capacidade e portabilidade, o uso de baterias torna-se uma garantia de funcionamento sem que a praticidade seja prejudicada.

A maior dificuldade encontrada durante a elaboração deste trabalho foi a não disponibilidade de células fotovoltaicas para a construção de um painel fotovoltaico próprio; dada a impossibilidade de encontrar células para sua montagem, tentou-se utilizar as células de uma lanterna que se valia da energia solar para carregar sua bateria interna. No entanto, as células da lanterna caracterizavam-se pela fragilidade, e não puderam ser aproveitadas no projeto. Finalmente, adotou-se um painel fotovoltaico da empresa Sunlab, solução que permaneceu na versão final do trabalho.

Desta forma, buscou-se apresentar uma solução que leva em conta os mais variados aspectos, como praticidade, viabilidade técnica e econômica, facilidade de obtenção da fonte de energia e capacidade. É evidente que, até que um modelo de carregador de bateria para telefones celulares utilizando a energia solar ganhe o mercado, diversos aprimoramentos terão de ser feitos. Este trabalho aponta um caminho a ser desbravado, ciente do interesse crescente e dos estudos que surgirão *a posteriori*, tais como a construção de painéis menores, que possibilitem a portabilidade do projeto, bem como o uso da tecnologia em outras aplicações, como carregadores para baterias de computadores portáteis, reprodutores de música em formato mp3 como o iPod, e mesmo uma churrasqueira movida a energia solar.

## Referências Bibliográficas

GALDINO, MARCO A.; LIMA, JORGE H. G. “Prodeem - Programa Nacional de Eletrificação Rural Baseado em Energia Solar”. Informação disponível na internet: <http://www.cresesb.cepel.br/Prodeem-CBE.pdf> . Data de acesso: 20/05/2006.

Grupo de Trabalho de Energia Solar Fotovoltaica (CRESESB/CEPEL), “Tutorial Solar”. Informação disponível na internet: [http://www.cresesb.cepel.br/tutorial/tutorial\\_solar.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/tutorial/tutorial_solar.pdf). Data de acesso 10/04/2006

HINRICHS, ROGER A. “Energia e Meio Ambiente”. 1ª Edição. Thomson Learning, 2003.

MALVINO, ALBERT PAUL. “Eletrônica – Volume I”. 4ª Edição. Makron Books, 2001.

MARKUS, MARCO. “Sistemas Analógicos”, 4ª Edição, Editora Érica, 2000.

OLIVEIRA, LUÍS GUILHERME M. “Estratégias de controle de carga e descarga em sistemas fotovoltaicos domiciliares”. Informação disponível na internet: [http://www.iee.usp.br/biblioteca/producao/2005/Teses/Dissertacao\\_Luis\\_Oliveira.pdf](http://www.iee.usp.br/biblioteca/producao/2005/Teses/Dissertacao_Luis_Oliveira.pdf) . Data de acesso: 29/05/2006.

SUNLAB. Informações extraídas do site comercial da sunlab. Informação disponível na internet: <http://www.sunlab.com.br> . Data de acesso: 25/05/2006.

TOLMASQUIM, M. T. “Fontes Renováveis de Energia no Brasil”. 1ª Edição. Interciência, 2003

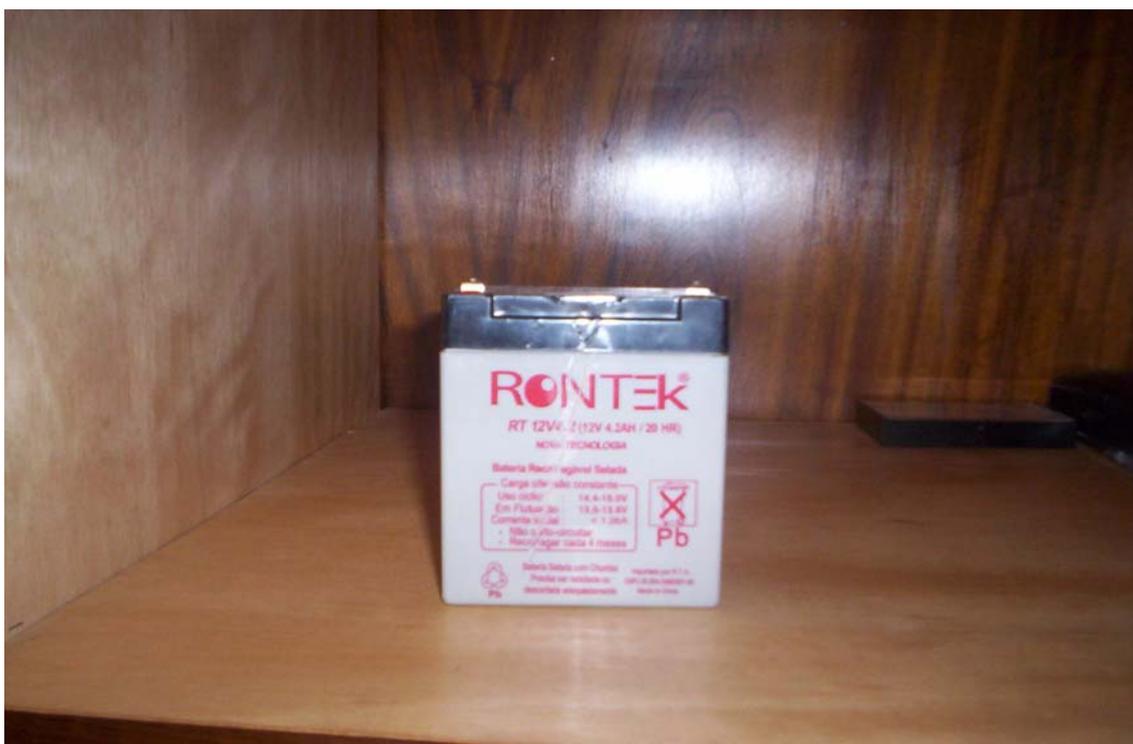
# Apêndice

### Módulos Fotovoltaicos da empresa SunLab

	Código	Modelo	Dimensões(cm)	Peso (Kg)	Potenc. (Wp)	Volts (Vcc)	Amp (A)	Tipo de célula
	<b>90808</b>	SF-01	15X15X2,3	0,1	0,8	7,2	0,11	amorfo
	<b>91003</b>	S- 3	24,4x17,8x2,3	0,8	3,3	16,0	0,21	Policristalino
	<b>91004</b>	S- 5	27,0x24,6x2,3	1,4	4,5	16,5	0,27	Policristalino
	<b>91007</b>	S-10	30,5x35,7x2,3	2,0	10	16,9	0,60	Policristalino
	<b>91008</b>	S-15	40,8x35,2x2,3	2,4	16p	16,9	0,95	Policristalino
	<b>91013</b>	S-20	52x35,2x2,3	2,9	20	16,9	1,20	Policristalino
	<b>91011</b>	S-25	54,8x44,8x3,5	4,1	25	16,6	1,50	Policristalino
	<b>91009</b>	S-35	99,0x34,3x3,6	4,5	35	14,6	3,18	Policristalino
	<b>91014</b>	S-50	128x36,3x3,6	6,4	50	16,7	3,0	Policristalino
	<b>91015</b>	S-60	143x34,3x3,6	6,8	60	16,9	3,55	Policristalino
	<b>91018</b>	S-80	97,6x65,2x3,6	8,0	80	16,9	4,73	Policristalino
	<b>91006</b>	SM-50	129x32,9x3,6	5,5	50	16,6	3,05	Monocristalino
	<b>91010</b>	SQ-80	122x66x5,6	11,5	80	17,0	4,75	Monocristalino

Dimensões em cm (AxLxE) / Peso líquido em Kg. / Potência de pico em W = Pot. / Volts = Tensão de pico em Vdc / Amperes = Corrente de pico em Ampères. (Fonte: Sunlab)

<b>Dados da bateria Rontek RT 12V 4,2</b>			
Tensão	Capacidade	Dimensões	Observações
12 V	4,2 Ah	10x9x7	Bateria recarregável selada de chumbo.
* Dimensões em cm (AxLxE)			



## Características dos controladores de carga

- Discretos ou Inteligentes (microprocessados).
- Carregamento com tecnologia PWM.
- Carga rápida ou lenta automática, conforme a condição.
- Não permitem a sobrecarga da(s) bateria(s).
- Proteção contra curto-circuito, sobre-tensão e sobre-corrente.
- Supervisionam a descarga, não permitindo que ultrapassem o limite seguro da(s) bateria(s).
- Leds de monitoramento.

Controladores de Carga e Descarga Inteligentes	Código	Modelo	Corrente máxima	Potência Watts	Tensão de Trabalho
 <p>Para saber mais, clique </p>	<a href="#">91101</a>	CCD1205	5A	60W	12V
	<a href="#">91102</a>	CCD1210	10A	120W	12V
	<a href="#">91105</a>	CCD1215	15A	180W	12V
	<a href="#">91106</a>	CCD1220	20A	240W	12V
	<a href="#">91110</a>	SR30	30A	450W	12 ou 24V
	<a href="#">91111</a>	PPC1250	50A	600W	12V
	<a href="#">91112</a>	PPC4830	30A	1440	48V
	<a href="#">91113</a>	CE40	40A	480W	12/24/36/48V
Controladores de Carga e Descarga Discretos	Código	Modelo	Corrente máxima	Potência Watts	Tensão de Trabalho
 <p>Para saber mais, clique </p>	<a href="#">91206</a>	CCD1212	15A	180W	12V
	<a href="#">91207</a>	CCD2012	20A	240W	12V
Conversores de Tensão (fontes) AC x DC Chaveados	Código	Modelo	Corrente máxima	Potência Watts	Tensão de Entrada
-	<a href="#">91204</a>	CRA-500	0,5A	55W	110/220Vac
	<a href="#">91205</a>	CRA-1000	1,2A	135W	
	<a href="#">91210</a>	CRA-2500	2,5A	275W	



**NPN GENERAL PURPOSE POWER TRANSISTORS**

TYPE NUMBER	PACKAGE	V <sub>CEO</sub> max. (V)	I <sub>C</sub> max. (mA)	P <sub>tot</sub> max. (mW)	h <sub>FE</sub> min.	h <sub>FE</sub> max.	f <sub>T</sub> min. (MHz)	PNP COMPL.	PAGE
BD131	TO-126	45	3000	15000	40	>40	60	BD132	471
BD135	TO-126	45	1500	8000	40	250	190 typ.	BD136	477
BD135-10	TO-126	45	1500	8000	63	160	190 typ.	BD136-10	477
BD135-16	TO-126	45	1500	8000	100	250	190 typ.	BD136-16	477
BD137	TO-126	60	1500	8000	40	250	190 typ.	BD138	477
BD137-10	TO-126	60	1500	8000	63	160	190 typ.	BD138-10	477
BD137-16	TO-126	60	1500	8000	100	250	190 typ.	BD138-16	477
BD139	TO-126	80	1500	8000	40	250	190 typ.	BD140	477
BD139-10	TO-126	80	1500	8000	63	160	190 typ.	BD140-10	477
BD139-16	TO-126	80	1500	8000	100	250	190 typ.	BD140-16	477
BD226	TO-126	45	1500	12500	40	250	125 typ.	BD227	483
BD228	TO-126	60	1500	12500	40	250	125 typ.	BD229	483
BD230	TO-126	80	1500	12500	40	250	125 typ.	BD231	483
BD329	TO-126	20	3000	15000	85	375	130 typ.	BD330	489
BD825	TO-202	45	1000	2000	40	250	250 typ.	BD826	495
BD825-10	TO-202	45	1000	2000	63	160	250 typ.	BD826-10	495
BD825-16	TO-202	45	1000	2000	100	250	250 typ.	BD826-16	495
BD829	TO-202	80	1000	2000	40	250	250 typ.	BD830	495
BD829-10	TO-202	80	1000	2000	63	160	250 typ.	BD830-10	495

# 1 W SILICON ZENER DIODES

T-11-13

## 1N4728 through 1N4752

### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

#### Temperatures

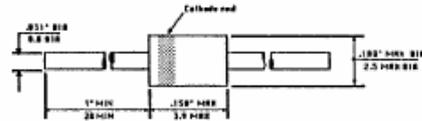
Storage Temperature Range  
Maximum Junction Operating Temperature  
Lead Temperature

-65 °C to +200 °C  
+175 °C  
+260 °C

#### Power Dissipation

Maximum Total Power Dissipation at 25°C Ambient  
Linear Power Derating Factor

500mW  
3.33 mW/°C



DO-41 PACKAGE

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS (25 °C Ambient Temperature unless otherwise noted)

SYMBOL	$V_Z$	$Z_Z$	$I_{ZT}$	$Z_{ZK}$	$I_{ZK}$	$I_R$	$V_{RR}$	$I_{ZM}$	$I_Z$ (surge)
Characteristics	Nominal Zener Voltage @ $I_{ZT}$ (See note)	Max Zener Imped. @ $I_{ZT}$	Test Current	Max. Zener Imped. @ $I_{ZK}$	Test Current	Max. Reverse Current @ $V_{RR}$	Test Voltage	Max. Zener Current	Max. Zener Surge Current
UNIT	V	$\Omega$	mA	$\Omega$	mA	$\mu$ A	V	mA	mA
1N4728	3.3	10.0	76.0	400	1.0	100	1.0	276	1380
1N4729	3.6	10.0	69.0	400	1.0	100	1.0	252	1260
1N4730	3.9	9.0	64.0	400	1.0	50	1.0	234	1190
1N4731	4.3	9.0	58.0	400	1.0	10	1.0	217	1070
1N4732	4.7	8.0	53.0	500	1.0	10	1.0	193	970
1N4733	5.1	7.0	49.0	550	1.0	10	1.0	178	89
1N4734	5.6	5.0	45.0	600	1.0	10	2.0	162	810
1N4735	6.2	2.0	41.0	700	1.0	10	3.0	146	730
1N4736	6.8	3.5	37.0	700	1.0	10	4.0	133	660
1N4737	7.5	4.0	34.0	700	0.5	10	5.0	121	605
1N4738	8.2	4.5	31.0	700	0.5	10	6.0	110	550
1N4739	9.1	5.0	28.0	700	0.5	10	7.0	100	500
1N4740	10.0	7.0	25.0	700	0.25	10	7.6	91	454
1N4741	11.0	8.0	23.0	700	0.25	5.0	8.4	83	41
1N4742	12.0	9.0	21.0	700	0.25	5.0	9.1	76	380
1N4743	13.0	10.0	19.0	700	0.25	5.0	9.9	69	344
1N4744	15.0	14.0	17.0	700	0.25	5.0	11.4	61	304
1N4745	16.0	16.0	15.5	700	0.25	5.0	12.2	57	285
1N4746	18.0	20.0	14.0	750	0.25	5.0	13.7	50	250
1N4747	20.0	22.0	12.5	750	0.25	5.0	15.2	45	225
1N4748	22.0	23.0	11.5	750	0.25	5.0	16.7	41	205
1N4749	24.0	25.0	10.5	750	0.25	5.0	18.2	38	190
1N4750	27.0	35.0	9.5	750	0.25	5.0	20.6	34	170
1N4751	30.0	40.0	8.5	1000	0.25	5.0	22.8	30	150
1N4752	33.0	45.0	7.5	1000	0.25	5.0	25.1	27	135