

CONTROLADOR DE CARGA MICROCONTROLADO DE BAIXO CONSUMO PARA PAINÉIS FOTOVOLTAICOS APLICADO A REDE DE SENSORES SEM FIO

*Newton Sávio S. M. da Fonsêca*¹, *Euler Cássio Tavares de Macêdo*², *Lício Bruno R. Romão*³, *Raimundo Carlos Silvério Freire*⁴

¹ Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Brasil, newton.fonseca@ee.ufcg.edu.br

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia - IFPB, João Pessoa, Brasil, euler.macedo@ee.ufcg.edu.br

³ Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Brasil, licio.romao@ee.ufcg.edu.br

⁴ Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Brasil, freire@dee.ufcg.edu.br

Resumo: Neste artigo apresenta-se um controlador de carga microcontrolado de baixo custo e alta eficiência aplicado ao carregamento de baterias de tecnologia NiMH a partir de painéis fotovoltaicos. O sistema viabiliza a instalação de redes de sensores sem fio (RSSF) em regiões sem disponibilidade de energia elétrica e sem a necessidade de substituição das baterias dos nós sensores que compõem uma determinada rede. O sistema controlador de carga utiliza um microcontrolador da família PIC® para garantir o melhor rendimento do painel solar, obtendo assim, a carga das baterias do sistema com o menor tempo possível e sem perda da sua vida útil. Foram realizados testes experimentais de carregamento e descarregamento das baterias e a implementação prática do circuito apresentou resultados bem semelhantes aos simulados, outra característica interessante é a dimensão reduzida do circuito, o que motiva a utilização em aplicações portáteis.

Palavras chaves: Rede de sensores sem fio, instrumentação eletrônica, sistemas fotovoltaicos, controladores de carga.

1. INTRODUÇÃO

Um dos grandes problemas ao se projetar circuitos para rede de sensores sem fio é o fornecimento da tensão elétrica necessária para o seu funcionamento [1]. Os sistemas fotovoltaicos tem se mostrado cada vez mais aplicáveis as situações onde se necessita de autonomia em sistemas eletrônicos, e com o avanço da sua tecnologia de fabricação, vem se apresentando cada vez com menor custo de aquisição e mais eficientes [2]. No entanto, para se ter um melhor aproveitamento dos painéis solares, é necessário a utilização de um sistema que faça o painel solar operar em seu ponto de máxima potência, que geralmente é fornecido pelo fabricante [3], além de propiciar a utilização da maior potência disponibilizada pelo painel fotovoltaico, objetiva-se garantir a maior durabilidade das baterias recarregáveis [4], ou seja, respeitar as condições dos ciclos de carga e descarga.

Neste artigo é apresentado o desenvolvimento de um circuito baseado em microcontrolador, capaz de executar o controle de carga de baterias recarregáveis de forma automática, utilizando como fonte de energia um painel fotovoltaico operando em seu ponto de máxima potência. O circuito foi projetado para atender as necessidades de

fornecimento de energia para uma rede de sensores sem fio, aplicada a medições na agricultura, que fornece em especial a umidade do solo.

Serão descritos nesse artigo, alguns métodos adotados que garantiram a eficiência e a aplicabilidade desta tecnologia.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Determinação do ponto de máxima potência em um sistema fotovoltaico, utilizando o método de rastreamento.

O MPPT (*maximum power point tracker*) é uma técnica que permite extrair de um painel fotovoltaico a maior potência possível para diversas situações de corrente e tensão, visto que sua característica PV (Potência x Tensão) apresenta um comportamento previsível. Seu ponto de máxima potência é ilustrado de acordo com a Figura 1.

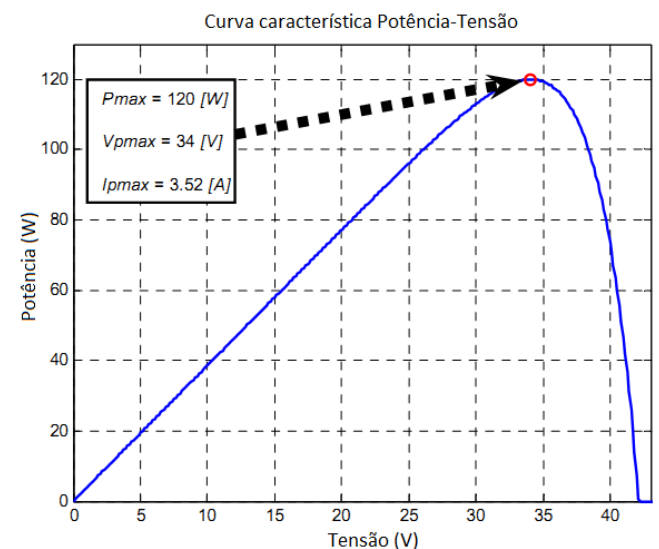


Figura 1 - Curva característica PV (Potência x Tensão) no painel fotovoltaico.

O objetivo MPPT é rastrear independentemente das condições de insolação do ambiente, o ponto ótimo de operação do painel fotovoltaico, no qual a potência oferecida pelo mesmo será máxima.

Existem diversas maneiras de utilizar o MPPT entre elas pode-se citar: método de perturbação e observação, método da condutância incremental, método da tensão constante, etc [2]. Neste trabalho, o método que se mostrou mais aplicável, foi o método da perturbação e observação.

No método da perturbação e observação, varia-se a tensão de saída do painel fotovoltaico e verifica-se simultaneamente o incremento ou decréscimo de potência de saída, sucessivamente, de forma que essa variação de potência convirja para a situação de máxima potência, esse processo é ilustrado graficamente pela Figura 2, onde diversos pontos de operação são ilustrados, inclusive o de máxima potência.

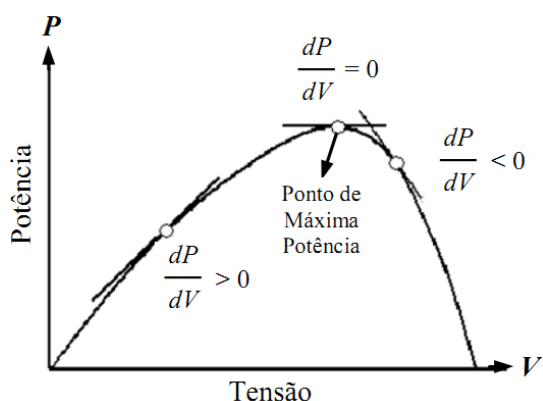


Figura 2 - Método de rastreamento do ponto de máxima potência.

2.2. Hardware

A parte física do circuito controlador de carga é composta por circuitos condicionadores de sinais, conversores CC tipo *buck*, conversores analógico digital e um microcontrolador, que é o dispositivo responsável pela geração de um sinal modulado em largura de pulso (PWM).

O diagrama de blocos do sistema completo é ilustrado na Figura 3.

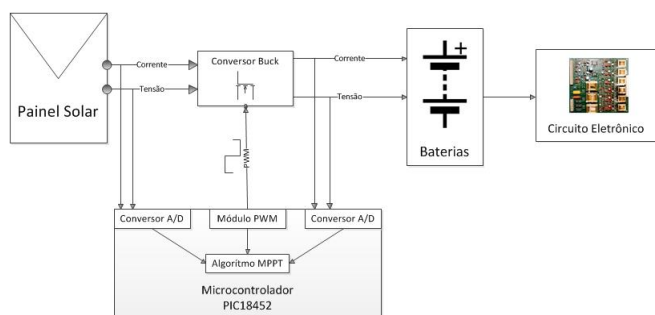


Figura 3 - Diagrama de blocos do sistema proposto.

O painel fotovoltaico utilizado, foi o SG-10 de 10W, na tabela 1 encontram-se algumas de suas especificações técnicas.

Tabela 1 - Especificações técnicas do painel fotovoltaico utilizado.

Modelo	SG-10
Dimensões	350 mm x 295 mm x 25 mm
Potência de Pico de Saída	10 W
Máxima Tensão de Saída	17,5 V
Máxima Corrente de Saída	571 mA
Tensão de Circuito Aberto	21 V
Corrente de Curto-Circuito	671 mA
Condições Padrões de Teste	1000 W/m ² a 25°C

O módulo do conversor CC *buck* é constituído por indutores e capacitores devidamente calculados para as condições de operação. Como chave de comutação do conversor CC, foi utilizado um transistor MOSFET de potência canal N, modelo IRF640. Este transistor se mostrou aplicável ao projeto por apresentar uma baixa tensão de limiar (*threshold*) (3 V), baixa resistência Dreno-Fonte (0,150 Ω) e possibilidade de operar em níveis elevados de tensão e corrente (200 V e 18 A). Apresenta-se na Figura 3, os resultados obtidos em testes preliminares com o conversor CC tipo abaixador (*Buck*).

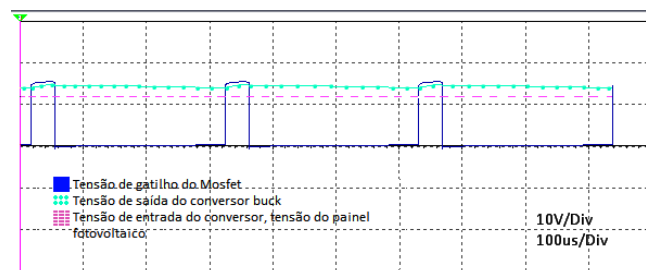


Figura 4 - Gráfico do comportamento do conversor Buck.

Outro ponto importante referente a este trabalho é o cuidado em se realizar a carga das baterias de forma correta, evitando sobretensões e sobrecorrentes, fato que pode levar a redução da vida útil ou até mesmo a inutilização das baterias.

Para se carregar uma bateria de NiMH, basta submetê-la a uma corrente constante fluindo do seu terminal positivo para o negativo. A magnitude dessa corrente influenciará no tempo de carga e na vida útil da mesma. Cada fabricante oferece as características de carga e descarga das baterias, no caso desse trabalho, escolheu-se o tipo de carga rápida, no qual é possível carregar completamente as baterias em cinco horas, aproveitando o período de máxima insolação durante o dia. O controlador de carga é controlado por um microcontrolador PIC®, modelo 18F2550, que se mostrou vantajoso por possuir um modulador de largura de pulso (PWM) integrado para efetuar esse controle.

Para a implementação do MMPT com o microcontrolador, utilizou-se o método da perturbação e observação, no qual se varia a tensão do painel fotovoltaico e verifica-se a potência de saída do controlador de carga. Tendo como base a curva característica de comportamento previsível, é possível manter os valores de corrente e/ou tensão na saída do conversor *buck* fixos. Como já descrito, para se carregar baterias de NiMH é necessária uma corrente constante, logo o MPPT possibilita a circulação de uma corrente constante na saída do conversor. O algoritmo utiliza

a lógica de que ao se aumentar o *dutycycle* do PWM, diminui-se a quantidade de corrente fornecida à bateria, de forma análoga, se o *dutycycle* for diminuído aumenta-se a corrente fornecida à mesma. O fluxograma do algoritmo executado pelo microcontrolador para esta tarefa é ilustrado com auxílio da Figura 5.

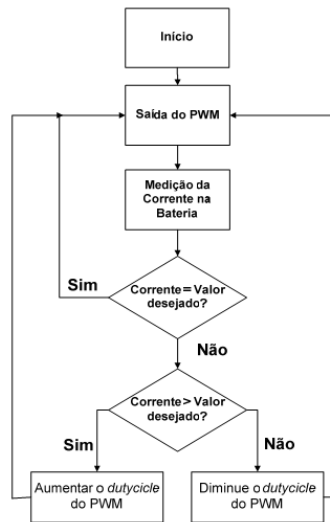


Figura 5 - Fluxograma do algoritmo realizado pelo microcontrolador para efetuar o controle da carga das baterias.

3. RESULTADOS

Inicialmente, foi feita a caracterização das baterias, realizando em laboratório diversos ciclos de carregamento e descarregamento, com o objetivo de viabilizar o aumento da vida útil das baterias em uso.

A Tabela 2 descreve as especificações da bateria utilizada, fornecidas pelo fabricante.

Tabela 2. Especificações Técnicas da Bateria Utilizada

Modelo	Sanyo NiMH HR-3U
Tensão Nominal	1,2 V
Tensão Máxima de Carga	1,5 V
Capacidade	2700 mAh
Corrente de Carga Rápida	550 mA durante 5 horas
dV Término de Carga	5 a 10 mV
dT/dt Término de Carga	0,8 a 1°C por minuto

Antes de iniciar o procedimento de carregamento, as baterias foram totalmente descarregadas e então carregadas em modo de carga rápida, respeitando os limites impostos pelo fabricante. Durante 5 horas, aplicou-se uma corrente de 550 mA e mediu-se a diferença a tensão em seus terminais em intervalos regulares de tempo. O fabricante fornece dois parâmetros de término de carga: a variação de tensão nos terminais da bateria (dV) e a variação da temperatura da bateria em função do tempo (dT/dt). As baterias foram caracterizadas utilizando estes dois parâmetros, e ambos foram identificados simultaneamente, conforme pode ser visualizado na Figura 6.

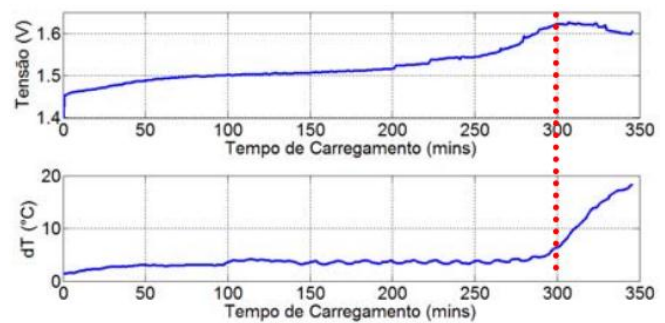


Figura 6 - Curvas de carregamento das baterias de Ni-MH em função do tempo, a) tensão nos terminais, b) temperatura nas baterias.

Observando-se a Figura 6, pode-se notar um aumento de temperatura de forma acentuada com o decorrer do tempo após o término da carga completa da bateria. Este parâmetro foi escolhido para compor o sistema de detecção de término de carga, visto que é uma grandeza mais fácil de monitorar devido a sua variação acentuada. A utilização do parâmetro dV exigiria um sistema de medição bastante preciso, visto que a variação de tensão dos terminais da bateria é da ordem de 5 a 10 mV.

Para realizar o descarregamento das baterias, após o ciclo de carga completa, foi conectado aos terminais das baterias um circuito eletrônico responsável por realizar medições de umidade do solo. Este circuito drenou uma corrente de 250 mA durante 30 horas. A Figura 7 ilustra a curva característica de descarga da bateria.

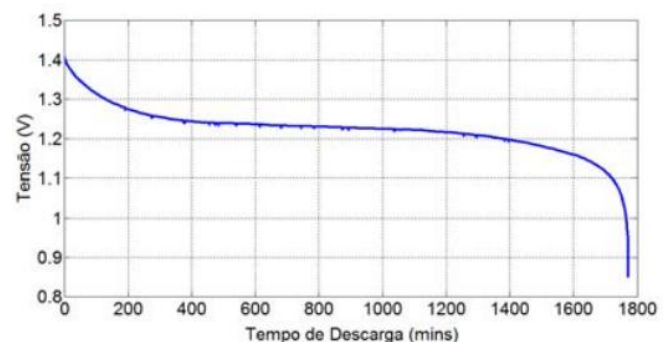


Figura 7 - Curva do tempo de descarga da bateria.

Com o processo de caracterização das baterias finalizado, é possível saber exatamente as condições nas quais as mesmas se encontram, para que se possa efetuar um processo de carregamento correto.

Com o dimensionamento exato da bateria, no que diz respeito à capacidade de carga, é possível projetar um circuito eletrônico autônomo, ou seja, que durante o dia ele seja alimentado pelo painel solar e durante o período noturno pela bateria, não necessitando de nenhuma fonte externa de energia.

Adicionalmente, foram realizados alguns testes preliminares relacionados à eficiência do controlador de carga para diversas configurações de carga. O resultados obtidos estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Tabela de Resultados dos Testes de Eficiência com o Controlador de Carga Proposto

Potência de Entrada (W)	Potência de Saída (W)	Eficiência (%)
3,50	3,38	96,57
4,00	3,86	96,50
4,50	4,34	96,44
5,00	4,85	97,00
5,50	5,33	96,90

Analisando a Tabela 3, pode-se verificar que a eficiência do controlador de carga foi satisfatória dentro da faixa de carga na qual o mesmo irá operar. O alto rendimento do controlador de carga é obtido graças ao dimensionamento correto dos componentes do conversor CC.

O controlador de carga apresentou-se em todas as condições de teste a potência dissipada máxima de 0,17 W. A versão inicial do circuito do controlador de carga é ilustrado pela Figura 8.

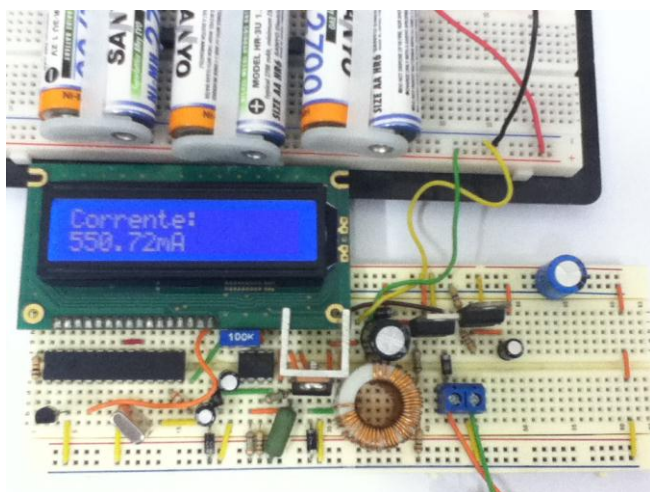


Figura 8 – Versão inicial do controlador de carga proposto montado em laboratório.

4. CONCLUSÃO

Com o controlador de carga apresentado nesse trabalho, foi possível realizar o controle de carga e descarga de baterias de NiMH a partir de painéis fotovoltaicos.

De acordo com os resultados apresentados, nota-se que algoritmo de gerenciamento do sistema realizado pelo microcontrolador PIC, proporcionou uma eficiência satisfatória.

Uma vez conhecidas as características de carga e descarga de uma bateria, pode-se com segurança, implementar o controle de carga de forma a aumentar sua vida útil.

O controlador de carga foi projetado para suprir um circuito eletrônico de aproximadamente 300 mW, pertencente a uma rede de sensores sem fio, aplicada a medições de agricultura, em especial a umidade do solo.

Testes preliminares em laboratório foram motivantes, não só pelo desempenho do controlador, mas também pelas dimensões reduzidas do circuito.

REFERÊNCIAS

- [1] Ed. Newnes – Zigbee Wireless Networks and Transceivers – Sep 2008
- [2] Thomas, M. G., Post H. N., DeBlasio R., 1999, “Progress in Photovoltaics: Research and Applications”
- [3] Montê A. Vitorino, Lucas V. Hartmann, Antonio M. N. Lima and Mauricio B. R. Corrêia – Using the model of solar cell for determining the maximum power point of photovoltaic systems
- [4] G. Boyle. Renewable Energy. Oxford University Press, 2004