

## **Desenvolvimento de uma bancada para estudo de baterias estacionárias conectadas em série.**

**Joseandro Gomes de Lima Brasílio<sup>1</sup>; Germano Pinto Guedes<sup>2</sup>**

1. Bolsista PROBIC/UEFS, Graduando em Bacharelado em Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: joseandro.brasilio@ig.com.br

2. Orientador, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: [germano@uefs.br](mailto:germano@uefs.br)

**PALAVRAS-CHAVE:** Energia solar, Baterias estacionárias, Instrumentação

### **INTRODUÇÃO**

O uso de energia solar é uma solução para casos onde não existe acesso à rede de energia elétrica. Um exemplo de aplicação da energia solar está no Observatório Pierre Auger de Raios Cósmicos, na Argentina, que possui 1600 detectores de radiação de superfície instalados no deserto da patagônia amarela. Cada um desses detectores possui uma instalação fotovoltaica composta de dois painéis de 12V/85Wp ligados em série e duas baterias estacionárias de 12V/105Ah também ligadas em uma configuração série de 24V/105Ah e permite o funcionamento do detector de forma autônoma 24 horas por dia, todos os dias.

Através do sistema de monitoramento dos detectores, a cada três minutos são feitas medidas de temperatura, tensão em cada bateria e corrente consumida pelos dispositivos eletrônicos (CPU, tubos fotomultiplicadores, GPS, rádio, etc.). Este monitoramento contínuo permitiu-nos perceber um comportamento das baterias que, em geral, não é percebido ou mesmo conhecido pelos usuários destes sistemas fotovoltaicos: com o uso continuado, as tensões das baterias se desequilibram, ficando uma maior que a outra, mas ainda mantendo a soma igual a 24V da regulação. Esta diferença aumenta a cada ciclo de carga e descarga, isso faz que uma das baterias não complete sua recarga, podendo alcançar uma descarga de forma profunda, quando sua tensão cai abaixo de 10,5V, podendo ser levada à falência.

### **MATERIAIS E MÉTODOS**

Pretendemos criar um sistema microcontrolado para realizar testes em laboratório capaz de comandar ciclos de carga e descarga das baterias com corrente estabilizada e ajustável, monitorando continuamente suas tensões, corrente e temperatura nas baterias. Já foram projetados e montados dois dispositivos: um descarregador de baterias (DB) com corrente estabilizada em 5 amperes e um controlador analógico de carga e descarga (CACD). Com o DB é possível descarregar as baterias e comparar a curva de descarga tensão x tempo com as curvas que os fabricantes das baterias fornecem e ainda simplificar a análise de energia fornecida por cada bateria. O CACD automatiza o ciclo desligando o DB e ligando um recarregador de baterias até que as baterias atinjam carga plena em 30V. Então, o ciclo de descarga é reiniciado até quando a tensão atingir 21V.

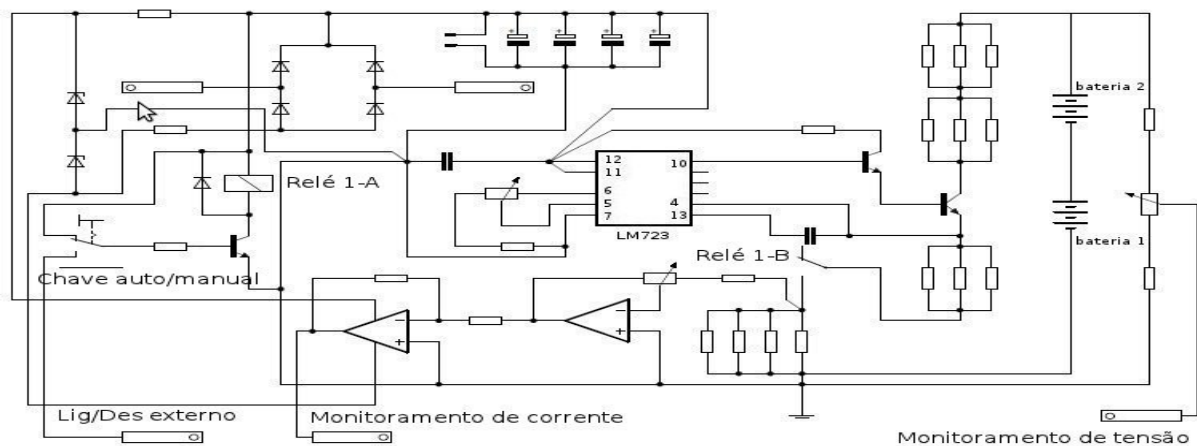


Figura 1: Esquema do descarregador de baterias. O CI LM723 estabiliza a tensão em uma rede resistiva comparando tensões no circuito e variando a condução de um transistor de potência garantindo uma corrente constante independentemente da tensão das baterias. Os amplificadores operacionais do circuito amplificam a tensão de um sensor de corrente para monitoramento se necessário. O DB pode ser controlado e monitorado através de conexões externas.

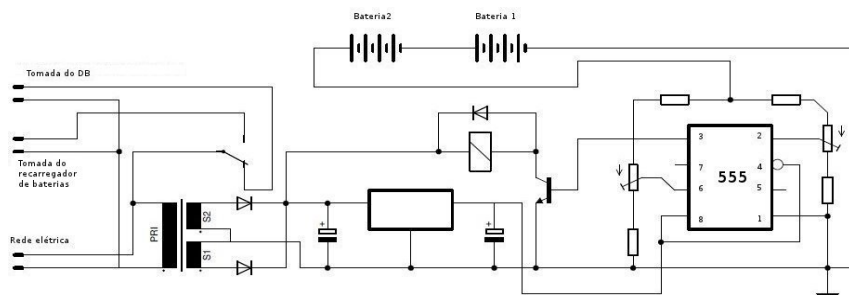


Figura 2: Esquema do CADC. Um CI 555 é utilizado neste circuito e tem a função de acionar um relé da seguinte forma: Quando a tensão das baterias cai até 21V o contato normalmente aberto é fechado e o contato normalmente fechado é aberto, quando a tensão sobe até 30V os contatos voltam às suas posições originais. Esses contatos são usados para controlar o DB e o recarregador de baterias.

Além do DB, do recarregador de baterias e do CADC dispomos de um sistema de aquisição de dados, fabricado pela *Dataq Instruments*, de modelo DT-148U, com oito portas analógicas que são capazes de fazer medidas de tensão com uma frequência determinada pelo usuário. Com esses equipamentos, duas baterias de 12V/105Ah foram colocadas em teste por 96 horas em ciclos ininterruptos de carga e descarga.

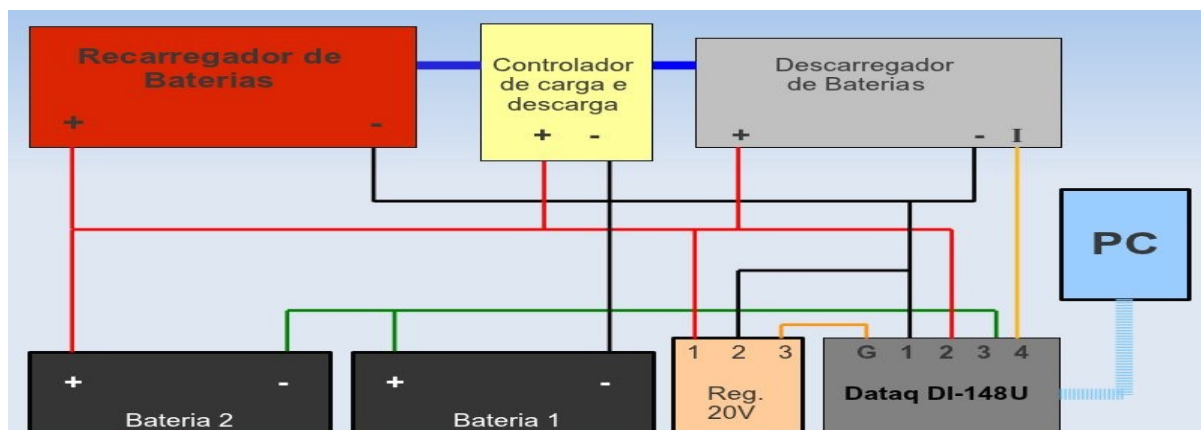


Figura 3: Representa as ligações dos equipamentos utilizados durante o teste. Como o DT-148U mede tensões de até  $\pm 10V$  foi necessário que sua referência de terra (*ground*, G) fosse de 20V acima da tensão do conector negativo da Bateria 1, por isso foi usado um regulador de 20V. Dessa forma, a tensão medida na porta 3 será de 20V menos a tensão da bateria 1, na porta 2 será a soma das tensões das duas baterias menos 20V, a porta 4 recebe um sinal que indica carga ou descarga.

Utilizando um software dedicado ao DT-148U, fornecido pelo fabricante, foi possível efetuar, em cada bateria, medidas de tensão a cada dois segundos que é o período máximo permitido pelo software.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 4 mostra os dados medidos durante o teste onde podemos visualizar as curvas **tensão x tempo** de cada bateria e é possível observar que as baterias foram colocadas em teste apresentando uma diferença no valor de suas tensões.

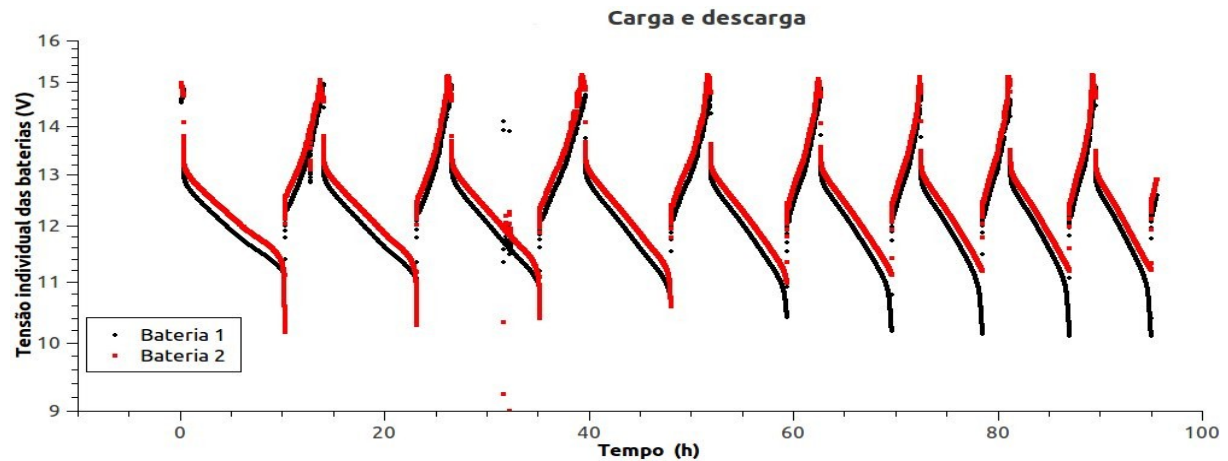


Figura 4: O gráfico mostra as tensões de cada bateria no decorrer do tempo.

Podemos observar que a Bateria 2, nos primeiros ciclos, foi descarregada até uma tensão próxima da mínima recomendada e depois, nos últimos ciclos, a situação se inverteu, a Bateria 1 sofreu descargas profundas, um pouco abaixo de 10,5V, isso pode acontecer em campo, onde as baterias são usadas, podendo ser danificadas.

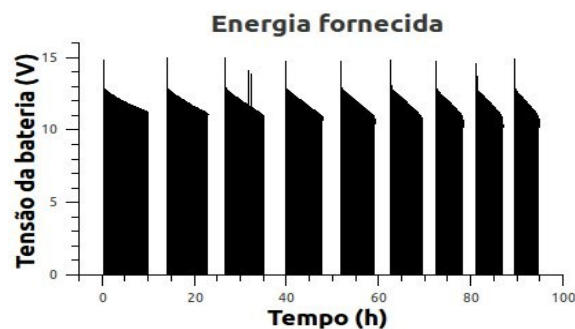


Figura 5: Os produtos das áreas das colunas do gráfico pela corrente elétrica durante a descarga representam a energia fornecida pela bateria 1 em cada ciclo de descarga.

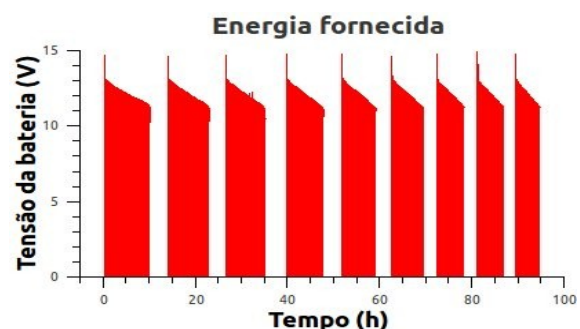


Figura 6: Os produtos das áreas das colunas do gráfico pela corrente elétrica durante a descarga representam a energia fornecida pela bateria 2 em cada ciclo de descarga.

Sabendo que o DB descarrega as baterias com uma corrente constante pudemos calcular a energia fornecida por cada bateria fazendo um somatório dos valores das tensões medidas em cada bateria durante a descarga, multiplicando por cinco que é a corrente em amperes e novamente por dois que é o tempo entre cada medida. Temos então a equação:

$$2s \cdot 5A \cdot \sum V = E$$

Temos a equação da reta:  $y = Ax + B$ , que, relacionando com o gráfico da Figura 7 fica:  $J = Ac + B$  sendo  $c$  o ciclo de descarga. Para os pontos referentes a Bateria 1 temos:  $A = -6,28 \times 10^4$ ,  $B = 1,12 \times 10^6$ ; para os pontos referentes a Bateria 2:  $A = -6,35 \times 10^4$ ,  $B = 1,14 \times 10^6$ . Comparando as inclinações dessas retas temos que a diferença entre elas é de 1,1%. Isso indica que as baterias estão se comportando de forma muito parecida.

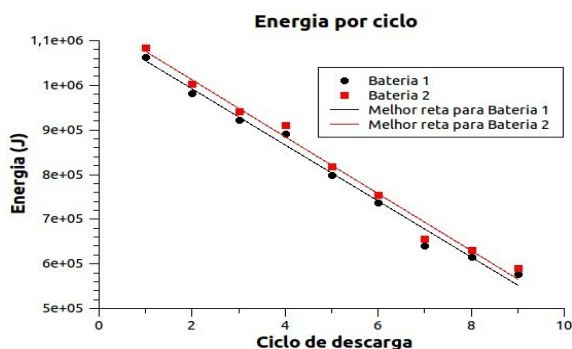


Figura 7: O gráfico mostra a energia fornecida por cada bateria em cada ciclo de descarga.

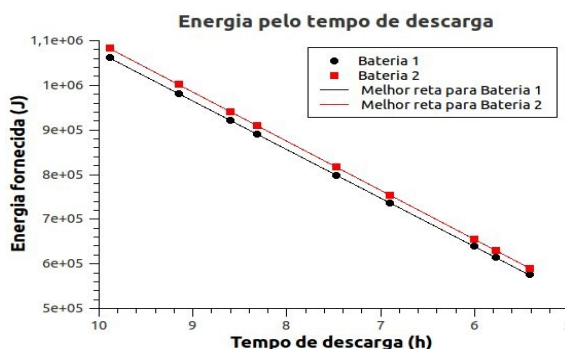


Figura 8: O gráfico mostra a energia fornecida por cada bateria em função do tempo de duração da descarga.

Para o gráfico da Figura 8 temos a equação da reta:  $J = At + B$ , sendo  $t$  o tempo de descarga. Para os pontos referentes a Bateria 1 temos:  $A = 1,08 \times 10^5$ ,  $B = -1,21 \times 10^4$ ; para os pontos referentes a Bateria 2:  $A = 1,10 \times 10^5$ ,  $B = -3,57 \times 10^3$ . A diferença da inclinação dessas retas é de 1,8%. Aqui também observamos um comportamento das baterias muito parecido. É possível observar também que a capacidade de fornecimento de energia varia com o tempo de duração da descarga da bateria.

## CONCLUSÕES

As baterias foram colocadas em teste já possuindo uma diferença de tensão entre elas, portanto, ainda não podemos saber o comportamento caso fossem equalizadas previamente.

As duas baterias se comportaram de forma muito parecida, exceto pela inversão que ocorre, como podemos observar no gráfico 1, onde a Bateria 2 se descarrega profundamente somente no começo do teste e depois isto passa a ocorrer com a Bateria 1.

Ainda não sabemos o que influencia o tempo dos ciclos, desenvolveremos novos dispositivos (Recarregador com corrente estabilizada e Sistema de aquisição de Dados microcontrolado) para possibilitar a aquisição de mais informações como corrente e temperatura. Novos testes, em diversas condições, serão realizados com a finalidade de compreender o comportamento das baterias.

## REFERÊNCIAS

- Auger Collaboration, **Properties and performance of the prototype instrument for the Pierre Auger Observatory**, Nuclear Instruments and Methods A, vol.523 (2004) pg. 50–95.
- A. LopezAguera, E. Lorenzo, E. Marques, G. Parente, I. RodriguezCabo, E. Zas, **Solar Panels for Auger Southern Observatory: A quality check**, GAP Note 2005-106.
- A.F. Barbosa, I.M. Pepe, G.P Guedes, L.C.S. Soares, A.L. Aguera, I. Rodriguez, M.F.N.C. Rosolem, **BATTERIES PERFORMANCE CHARACTERIZATION-I**, GAP Note 2007
- A.L. Aguera, I. Rodriguez, C.M. Torres, A.F. Barbosa, I.M. Pepe, G.P Guedes, L.C.S. Soares, M.F.N.C. Rosolem, **BATTERIES PERFORMANCE CHARACTERIZATION-II**, GAP Note 2008-043.
- The Pierre Auger Observatory – Design Review, **Surface Detector Electronics**.
- R.L. Boylestad, **INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE CIRCUITOS, 10ª ed.**, Pearson Prentice Hall (2004).
- W.H. Hayt Jr., J.E.Kemmerly, S.M. Durbin, **ANÁLISE DE CIRCUITOS EM ENGENHARIA, 7ª ed**, McGraw Hill (2008).
- Grupo de Trabalho de Energia Solar - GTES, CEPEL-CRESESB, **MANUAL DE ENGENHARIA PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS**, PRC-PRODEEM (2004).
- Solar Energy International – SEI, **PHOTOVOLTAICS: Design and Installation Manual**, New Society Publishers (2004).