

## DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO REMOTO MICROCONTROLADO PARA ANÁLISE DE DESEMPENHO DE BANCOS DE BATERIAS<sup>1</sup>

GIULIANO ARNS RAMPINELLI<sup>2</sup>, TIAGO QUARTIERO PEREIRA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Aceito para Publicação no 2º Trimestre de 2017.

<sup>2</sup>Universidade Federal de Santa Catarina- UFSC, Brasil, giuliano.rampinelli@ufsc.br, tiago.qp@hotmail.com.

**Resumo:** As baterias de Chumbo-Ácido são dispositivos eletroquímicos amplamente utilizadas para armazenamento de energia, muitas vezes podendo estar distantes de administradores, como por exemplo, geração de energia elétrica em sistemas fotovoltaicos autônomos. Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema remoto microcontrolado de baixo custo e eletricamente isolado para análise de desempenho de bancos de baterias, medindo dados de carga, temperatura e umidade relativa, utilizando tecnologia GSM (*Global System for Mobile Communications*) para solicitação e envio de informações. Para execução do projeto foi utilizada a plataforma Arduino e efetuado o dimensionamento do circuito de interface para leitura das grandezas físicas e envio de dados através de sistema GSM. Os resultados obtidos com o protótipo demonstraram que o sistema possui precisão de leitura e comunicação. A partir dos resultados obtidos pode-se afirmar que é possível utilizar sistemas microcontrolados versáteis e de baixo custo para avaliar o desempenho de bancos de baterias remotamente.

### **Palavras-chave:**

Banco de Baterias. Plataforma Arduino. Optoacopladores. GSM.

## DEVELOPMENT OF A REMOTE MONITORING MICROCONTROLLED SYSTEM FOR ANALYSIS OF PERFORMANCE OF BATTERIES

**Abstract:** The lead acid batteries are electrochemical devices widely used for energy storage, often may have distant administrators, such as power generation in autonomous systems. This study aimed to develop a remote microcontrolled system inexpensive and electrically isolated for analysis of battery banks performance, assessing data of the load, temperature and humidity, using GSM technology to request and sending the read data. For project execution we used the Arduino platform, designed a interface circuit for reading and sending of the information through GSM system. The results obtained with the prototype shows that the system has accuracy of reading and communication. From the results obtained, it can be concluded that it is possible to use versatile microcontroller systems and low cost to evaluate the performance of battery banks.

Keywords: Batteries. Arduino. Optocouplers. GSM

### 1. INTRODUÇÃO

A geração de energia elétrica através de fontes renováveis é altamente dependente da disponibilidade do recurso energético, sendo que para sistemas autônomos torna-se necessário utilizar algum meio de armazenamento de energia. Pode-se considerar como exemplo um sistema fotovoltaico que apresenta variabilidade de geração de energia elétrica em função da disponibilidade da radiação solar. Caso não haja nenhum sistema de armazenamento de energia, a disponibilidade de eletricidade estará comprometida em períodos em que não há radiação solar. Atualmente a solução mais aplicada neste tipo de configuração (sistemas autônomos) é a utilização de baterias eletrolíticas que convertem energia química em energia elétrica.

Outro exemplo de dispositivo que utiliza circuito inversor e banco de baterias é o *No-break*. Este dispositivo, basicamente é um supridor de energia estratégico cujo objetivo é manter as cargas ativas na ausência da rede elétrica, retirando energia de um banco de baterias. O *No-break* é utilizado para alimentar equipamentos eletrônicos sensíveis a oscilações de tensão elétrica como, por exemplo, computadores e circuitos digitais.

Considerando a importância dos bancos de baterias para os sistemas isolados de geração de energia, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um protótipo microcontrolado capaz de monitorar e autodiagnosticar bancos de baterias utilizando uma interface eletricamente isolada com optoacopladores. Os dados medidos no banco de baterias são apresentados através de um display de cristal líquido e também através de comunicação GSM.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A bateria de chumbo ácido é composta por um conjunto de placas de chumbo e de dióxido de chumbo, imersas em uma solução de ácido sulfúrico e água. As baterias são internamente compostas por um arranjo em série de várias células de aproximadamente 2 V cada uma. O valor da tensão obtida depende da finalidade comercial, porém o mais comum são baterias de 12 V (BOCCHI; FERRACIN; BIAGGIO, 2016).

Segundo Karansinski e Dias (2003) os principais fatores que influenciam na eficiência de um banco de baterias são a profundidade de descarga, os ciclos de descarga, a temperatura ambiente, a equalização da tensão de carregamento e a sobre corrente de descarga.

A profundidade de descarga expressa a quantidade de carga que pode ser extraída de uma bateria plenamente carregada e é dada em valores percentuais. As baterias estacionárias atuais permitem até 80 % de profundidade de descarga quando cada célula chega a uma tensão de 1,75 V. Tais fatores podem ser ajustados de acordo com a necessidade do projeto a fim de se encontrar um ponto

ótimo. A temperatura de trabalho das baterias é outra condição que influencia na sua vida útil, pois está relacionada com a variação da impedância interna e aumento da taxa de autodescarga.

Em um sistema que utilize um banco com baterias associadas em série pode haver uma não equalização da tensão durante a recarga em função da variação da resistência interna e perda de propriedades químicas das células de carga.

## 2.1. Plataforma microcontrolada Arduino

Arduino é uma plataforma física de baixo custo para prototipagem eletrônica. É composta por uma placa com um microcontrolador, no qual é possível desenvolver programas em ambiente C que implementam funções de automatização e processos. Na plataforma, também é possível adicionar *Shields* que são placas ou dispositivos que quando conectados ao Arduino são capazes de incrementar sua funcionalidade. No presente projeto foi utilizado um *shield* GSM, que adiciona a função de envio de mensagens e ligação telefônica (ARDUINO, 2016).

O Arduino possui portas analógicas e digitais. Enquanto a comunicação digital só pode assumir dois estados, *HIGH* e *LOW* (0 V ou 5 V) as portas analógicas conseguem registrar qualquer valor de tensão entre 0 e 5 V. Mesmo registrando valores analógicos, o microcontrolador da Arduino trabalha internamente com dados digitais, por este motivo ele possui um conversor analógico/digital interno com 10 bits de resolução. A Figura 1 apresenta o modelo do Arduino e *Shield* utilizado no projeto.

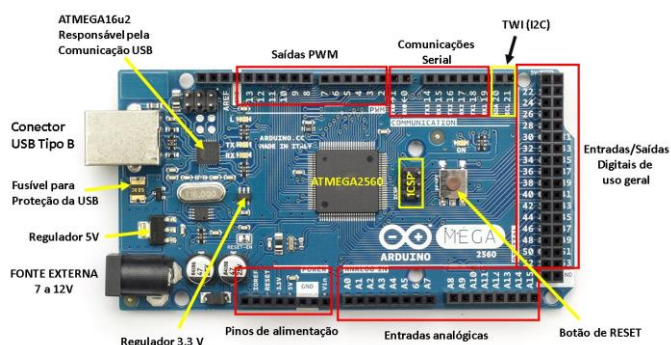


Figura 1 – Arduino Mega e *Shield* GSM EMBARCADOS, (TINYSINE, 2016).

## 2.2. Optoacopladores

Optoacoplador é um dispositivo composto internamente por um LED e um transistor sensível à luz (Figura 2) capaz de transmitir um sinal elétrico de forma isolada. Este dispositivo é amplamente utilizado em projetos de acionamentos e controle.

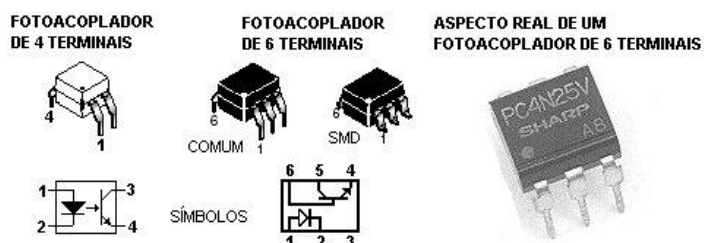


Figura 2 – Fotoacopladores (ELETRONICABR, 2016).

## 3. MATERIAIS E MÉTODOS

A Figura 3 apresenta um diagrama elétrico simplificado discriminando a função dos principais circuitos que compõem o protótipo



o resistor conectado ao pino 3,  $R_e$ , tem a função de provocar uma queda de tensão no emissor do fototransistor que está conectado à porta analógica.

De acordo com a análise de Sissen e Tran (2016), a linearidade do optoacoplador tende a aumentar com o valor da corrente, ou seja, um valor de resistência menor tende a proporcionar uma menor não linearidade, como mostra a Figura 4.

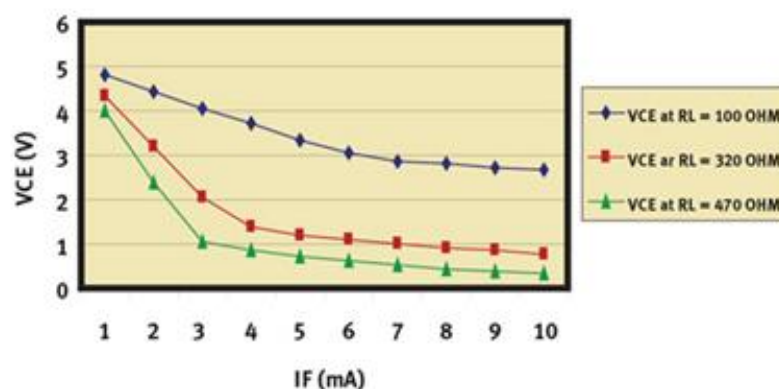


Figura 4 – Variação da tensão Vce em função da corrente do Led (Sissen; Van Tran, 2016).

No presente projeto foi utilizado o valor do resistor  $R_E$  de  $330 \Omega$  por proporcionar uma larga faixa de variação de valores de tensão  $V_{CE}$ . Foi estipulado que o sensor de tensão fosse capaz de medir uma tensão de bateria de 0 a 40 V, pois trata-se de um circuito em série e caso haja variação da resistência interna da bateria, isso poderá ser percebido através do aumento da queda de tensão sobre a mesma. Tendo isso em vista, deseja-se que, quando a tensão a ser medida for de 40 V a tensão na porta analógica do Arduino seja em torno de 4 V e a tensão  $V_{CE}$  seja de 1 V. Com resistor  $R_E$  de  $330\Omega$  e propondo a queda de tensão de 4 V, a corrente  $I_C$  calculada foi de 12,1mA.

De acordo com as curvas fornecidas pelo fabricante (Figura 5), verifica-se que para o modelo utilizado, com  $I_C=12,1$  mA e  $V_{CE}=1$  V obtém-se uma corrente  $I_{led}$  de aproximadamente 8 mA, resultando na tensão aproximada no Led de 1,15 V na temperatura de 25 °C.

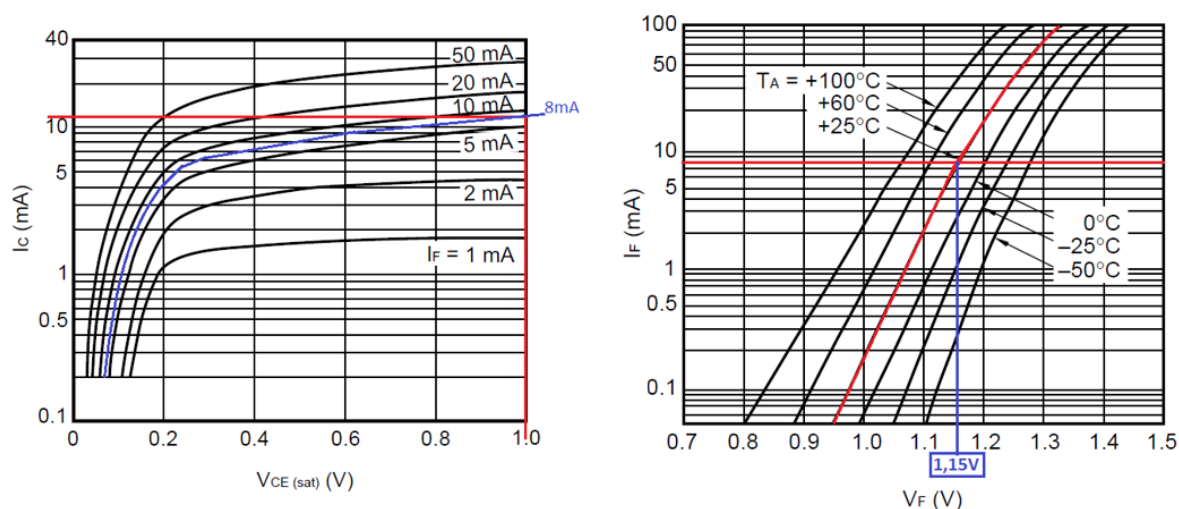


Figura 5 – Curvas de saturação para o fotoacoplador PS2501-1 (CEL, 2016 - Editada).

Com  $V_{led}$  igual a 1,15V,  $I_{led}$  de 8 mA e considerando a tensão máxima medida de 40 V, o resistor  $R_{led}$  calculado é de 4856,25 $\Omega$ , sendo adotado o valor comercial de 4,7 k $\Omega$ . A Figura 6 apresenta o circuito com os valores calculados:

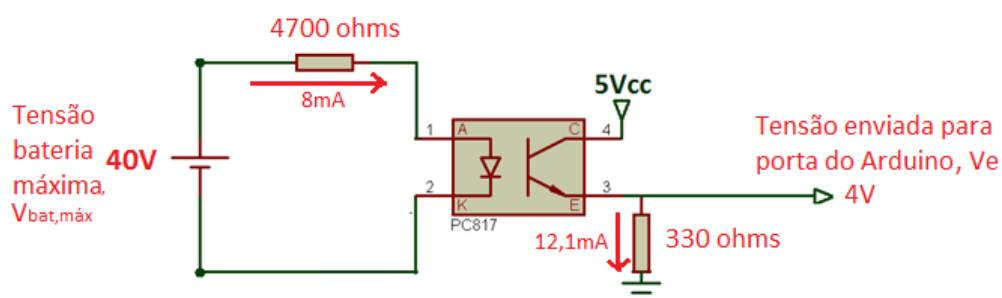


Figura 6 – Modelagem inicial do circuito de medição de tensão (Fonte: do Autor).

Para simular a variação de  $V_E$  com a tensão aplicada  $V_{bat,max}$  foi utilizada uma fonte de tensão ajustável efetuados 40 registros de tensão de valores lidos na porta analógica A0 através da função *Serial.print* e posteriormente efetuada a plotagem das amostras.

Para melhorar a resolução dos dados e a precisão da medição optou-se em truncar a tabela entre os valores de leitura de 2 V a 30 V, e criar uma nova função com os valores maiores de 30 V até 40 V. O programa irá tratar de selecionar qual função será executada de acordo com o valor lido pela porta analógica.

Para simular a corrente exigida pelo inversor foram utilizadas 4 resistências de  $1,2 \Omega$  por 50W de dissipação juntamente com um ventilador para remoção de calor. As resistências são conectadas em paralelo às baterias durante alguns segundos ao mesmo tempo em que é medida a tensão em cada bateria. A sequência que o algoritmo executa as funções é apresentada na Figura 7.

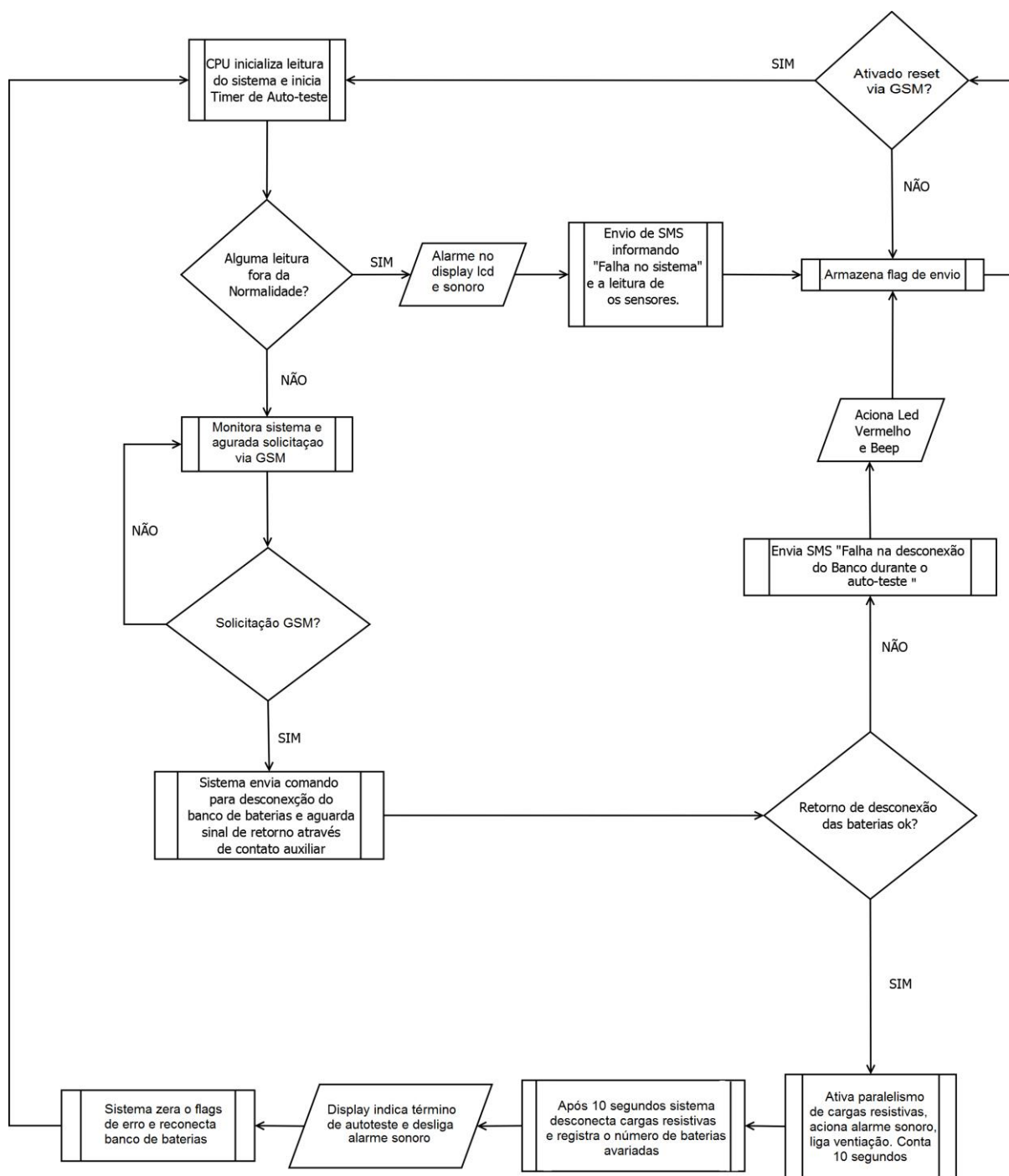


Figura 7 – Fluxograma de Funcionamento (Fonte: do autor).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 8 apresenta o protótipo montado. Para efetuar os testes foram selecionadas 4 baterias de 12 V e 7 Ah com diferentes níveis de carga.

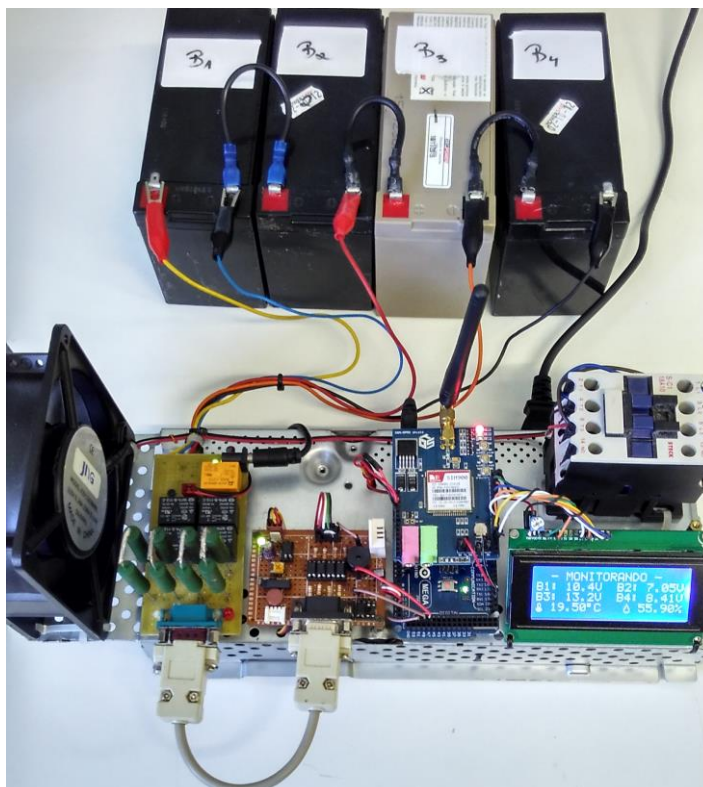


Figura 8 – Módulo montado em funcionamento (Fonte: do Autor).

Para avaliar a precisão do sensor de tensão das baterias foram efetuadas 3 medidas em sequência, comparando com o valor médio da leitura do multímetro Fluke E-115. Os resultados das medições são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Comparação entre os valores de tensão medidos.

Bateria	Método de Aferição	1ª Medição [ V ]	2ª Medição [ V ]	3ª Medição [ V ]	Média [ V ]	Desvio Padrão [ V ]	Erro Relativo [ % ]
1	Protótipo	10,42	10,45	10,40	10,42	±0,03	0,67
	Fluke E-115	10,35	10,38	10,34	10,35	±0,02	
2	Protótipo	7,05	7,10	7,11	7,08	±0,03	1,87
	Fluke E-115	6,94	6,95	6,97	6,95	±0,02	
3	Protótipo	13,20	13,22	13,21	13,21	±0,01	0,76
	Fluke E-115	13,11	13,08	13,15	13,11	±0,04	
4	Protótipo	8,41	8,44	8,37	8,41	±0,04	0,71
	Fluke E-115	8,38	8,35	8,34	8,35	±0,02	

Fonte: do autor.

Foram encontrados diferentes valores de erro (diferença entre o multímetro e o sensor do protótipo) para os sensores de tensão, sendo que o menor foi de 0,67 % e o maior foi de 1,87 %. Notou-se que mesmo sendo utilizada a mesma função de interpolação polinomial para cada sensor, houve uma variação entre os valores de erro. Um dos fatores que pode justificar essa margem é que os optocopladores estão em série e medindo cargas de diferentes valores de tensão de bateria, podendo assim ocasionar variação de milivolts na tensão  $V_{LED}$ .

Para avaliação do sensor de temperatura e umidade do protótipo também foram efetuadas 3 leituras sequenciais. As medidas de temperatura e umidade relativa registradas pelo módulo foram comparadas com um higrômetro/termômetro digital Minipa MT 241, e posteriormente calculado o erro percentual entre o valor médio de leitura dos dois métodos de medição. Como pode ser verificado na Tabela 2, o erro percentual para leitura de temperatura foi de 2,59 %, enquanto que para a umidade relativa foi de 1,91 %.

Tabela 2 – Comparação entre os valores de temperatura e umidade relativa medidos.

Grandeza	Método de Aferição	1ª Medição	2ª Medição	3ª Medição	Média	Desvio padrão	Erro Relativo
Temperatura [ °C ]	Protótipo	19,50	19,50	19,51	19,50	±0,01	2,59%
	Minipa MT 241	20,03	20,02	20,02	20,02	±0,01	
Umidade [ % ]	Protótipo	55,90	55,92	55,91	55,91	±0,01	1,91%
	Minipa MT 241	57,00	57,00	57,00	57,00	±0,00	

Fonte: do autor.

A análise e comparação de todas as leituras do protótipo com outros instrumentos de qualidade (Fluke-E115 e Minipa MT241) foram consideradas satisfatórias, apresentado baixos valores de erro percentual. Dessa forma não se verificou necessidade de novas medidas.

#### 4.1. Teste dos alarmes:

O sistema está programado para enviar mensagens via *SMS (Short Message Service)* quando houver alguma medida fora dos valores parametrizados na programação, mesmo quando conectados ao carregador. Os 5 alarmes testados foram:

- Tensão de bateria baixa inferior a 10,5 V;
- Tensão de bateria alta superior a 20 V;
- Desequalização de carga: quando houver diferença de mais de 30% da queda de tensão entre as baterias
- Temperatura acima de 40 °C;
- Umidade relativa acima de 90 %.

A Figura 9 mostra as indicações do LCD e o recebimento de mensagens SMS dos testes realizados.



Figura 9 – Dados mostrados no LCD e envio via SMS (Fonte: do autor)

Para simular as variações foram utilizados os seguintes dispositivos:

- Fonte c.c. ajustável: Conectada no lugar de uma das baterias;
- Soprador térmico: Aplicação de calor no sensor de temperatura/umidade.

Os testes tiveram excelente resposta, sendo que o tempo entre a identificação da anomalia e o recebimento da mensagem SMS foi menor que 5 segundos. O tempo de recebimento da mensagem pode variar, de acordo com a operadora.

Apesar de o sistema registrar os valores de temperatura e umidade relativa, para mensagem de alerta optou-se em não discriminar qual grandeza está fora dos limites.

Após identificar a anomalia o sistema envia o SMS do respectivo erro apenas uma vez. Nesse momento o usuário poderá solicitar via GSM o autoteste que reseta os registros de envio de mensagem, e se após efetuar o procedimento de autoteste ainda houver algumas variáveis fora dos parâmetros o sistema envia novamente a mensagem. Esta forma de envio de dados garante que se o usuário poderá, a qualquer momento, se certificar da situação atual de leitura do sistema.

## 4.2. Solicitação de Autoteste via GSM

Para efetuar a solicitação do teste do autodiagnóstico de banco foi efetuado uma chamada curta (toque) via GSM para o módulo. Quando o sistema identifica a solicitação envia uma mensagem ao display, conforme Figura 10.



Figura 10 – Mensagem de solicitação no lcd (Fonte: do autor)

Após 2 segundos o sistema iniciou a sequência de ações:

- 1- Desacoplamento do banco de baterias do carregador/inversor;
- 2- Aplicação de carga resistiva em paralelo com cada resistência, acionamento do ventilador para retirar calor das resistências e leitura das tensões.

O processo de teste dura 10 segundos, que foi o tempo definido na programação. Durante o teste o sistema emite um alarme sonoro e o display fica piscando com a informação “Autoteste Iniciado!!”, mostrando o valor atual de leitura das tensões das baterias. Foi verificado que as baterias B1 e B2 tiveram as tensões completamente zeradas durante o teste e a bateria B4 apresentou carga insuficiente com um valor mínimo registrado (no final de 10 segundos) de 4,48 V. Já a bateria B3 conseguiu manter uma tensão de 12,3 V com a carga resistiva paralela. A Figura 11 demonstra as informações exibidas no display.



Figura 11 – Tensões das baterias durante procedimento de Autoteste (Fonte: do autor).

Após finalizar Autoteste o microcontrolador envia uma mensagem informando quantas baterias foram identificadas com tensão inferior à 10,5V, conforme ilustra a Figura 12.

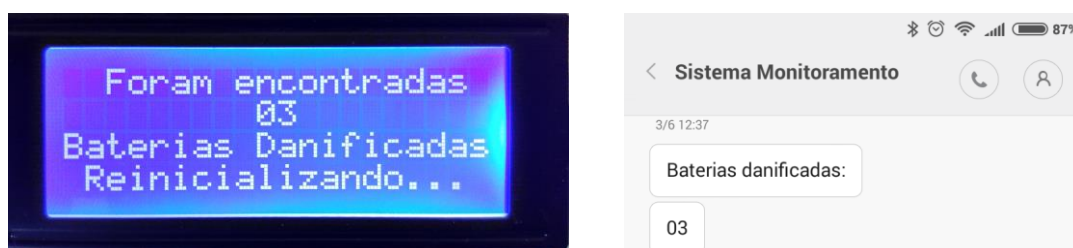


Figura 12 – Finalização de Autoteste e envio de mensagem SMS (Fonte: do autor)

O teste foi realizado com sucesso e o tempo de resposta desde o momento da solicitação até o recebimento da mensagem SMS foi menor que 15 segundos.

### 4.3. Limitações e Manutenção

De acordo com a função interpolada, a faixa de leitura de tensão contínua situa-se entre 1,55 V e 30 V com excelente resolução e entre 31 V e 40 V com resolução menor. Para os objetivos deste projeto, esta precisão é considerada satisfatória uma vez que a tensão medida da bateria é em torno de 12 V. Caso sejam medidos valores superiores durante o procedimento de carga a interpretação é de que a bateria medida está com a resistência interna maior que as outras.

O valor de tensão calculada na faixa entre 31 V e 40 V através da curva de 3<sup>o</sup> grau poderá ser extrapolado para 531 V caso o valor de tensão lido pela porta

analógica seja próximo de 5 V, fazendo o valor decimal lido chegar ao máximo, que é 1023. Esta condição esporádica somente será atingida se praticamente toda tensão do carregador (em torno de 50 V) estiver aplicada em apenas uma das 4 baterias. Neste caso as outras 3 deveriam estar em curto e isso é improvável.

Para aplicar a mesma metodologia em baterias de maior capacidade será necessário diminuir o valor ôhmico das resistências e aumentar o valor de suas potências. Conseqüentemente deverão ser utilizados relés que suportem maior corrente de teste de paralelismo ou utilizar chaves contatoras. Um critério importante para escolha da operadora do sistema GSM é a região no qual será instalado o sistema. Evidentemente a região o sinal deve ser de boa qualidade e alta disponibilidade para poder efetuar a transmissão dos dados.

Aquisição da variável de tensão tem boa precisão, porém o optoacoplador é um dispositivo sensível a variações de temperatura, conforme indica a Figura 13. Para corrigir este problema pode ser implementado um fator de correção na equação polinomial que é atualizado de acordo com as informações de temperatura lidas pelo sensor

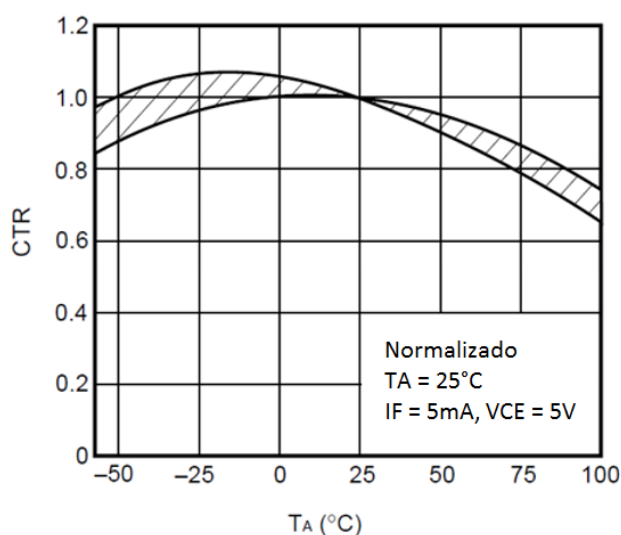


Figura 13 – Curva de temperatura do optoacoplador PS2501-1 (CEL, 2016).

Os optoacopladores possuem sua vida útil reduzida conforme as horas de utilização, como indica a Figura 14.

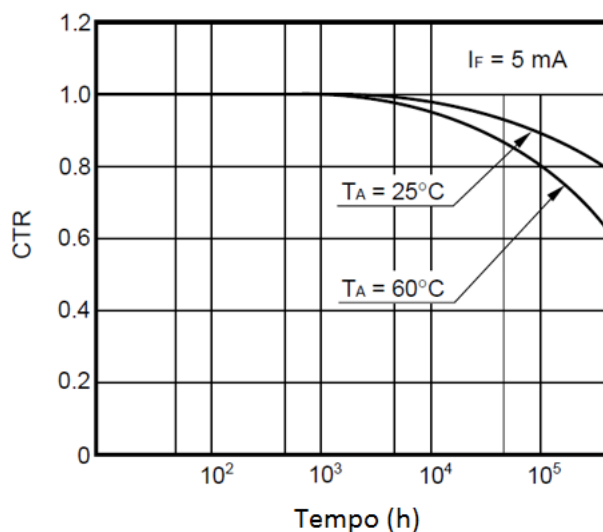


Figura 14 – Curva de depreciação do optoacoplador em função do tempo de uso e da temperatura. (CEL, 2016).

Considerando a temperatura ambiente de 25°C a partir de 50.000 horas (aproximadamente 5,7 anos) há uma depreciação exponencial sendo que com 10 anos de uso contínuo estes dispositivos perdem 10% do seu ganho CTR (razão de transferência de corrente).

Neste sentido, é importante que o sistema seja vistoriado no máximo a cada 2 ou 3 anos, fazendo uma vistoria dos dispositivos que podem sofrer depreciação:

- Baterias: inspeção visual de oxidação nos terminais elétricos (azinhavre);
- Placas: oxidação nas placas eletrônicas;
- Substituição de optoacopladores.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento e montagem do módulo de monitoramento microcontrolado demonstraram que é possível utilizar plataformas de baixo custo para explorar recursos de monitoramento em sistemas de geração e conversão de energia, em especial as energias renováveis que utilizam bancos de baterias. Além disso, deve-se ressaltar a importância de incorporar formas inovadoras de aquisição de dados, como o envio de mensagens através de comunicação GSM, viabilizando testes e monitoramento de sistemas isolados de energia a grandes distâncias. Uma ressalva é feita no que diz respeito à estabilidade e travamentos, pois exigem testes em campo e por períodos maiores.

Foi verificado também que é possível efetuar medidas e acionamentos elétricos utilizando componentes eletrônicos optoacopladores, desde que haja um ajuste das regiões não lineares. Mesmo possuindo algum índice de depreciação de eficiência sua aplicação é justificada por ser seguro e de baixíssimo custo.

Em novos estudos pretende-se aperfeiçoar a plataforma implementando tecnologias mais sofisticadas de aferição de baterias, juntamente com uma modelagem matemática mais apurada de tais dispositivos.

## 6. REFERÊNCIAS

ALLEGRO. **ACS712.** Disponível em: <[www.datasheetspdf.com/datasheet/ACS712.html](http://www.datasheetspdf.com/datasheet/ACS712.html)]=bv.123664746,d.eWE&cad=rja>. Acesso em: 1 jun. 2016.

ALTOGAGREEN. **Dimensionar um Power Bank.** Disponível em: <<http://www.altogagreen.com/sf/if/pt/powerbank/power2.htm>>. Acesso em: 08 maio 2016.

AHMED, Ashfaq. **Eletrônica de Potência.** São Paulo: Pearson, 2000. 440 p.

ARDUINO. **LEARN ARDUINO.** Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/HomePage>>. Acesso em: 06 maio 2016.

BOCCHI, Nerilso; FERRACIN, Luiz Carlos; BIAGGIO, Sonia Regina. **Pilhas e Baterias: Funcionamento e Impacto Ambiental**. Disponível em: <<http://qnint.s bq.org.br/novo/index.php?hash=conceito.45>>. Acesso em: 06 maio 2016.

CEL. **PS2501-1**. Disponível em: <[www.cel.com/pdf/datasheets/ps2501.pdf](http://www.cel.com/pdf/datasheets/ps2501.pdf)>. Acesso em: 08 jun. 2016.

COELHO, K. D. **Estudo de uma Fonte Ininterrupta de Corrente contínua de Baixa Potência Gerenciada por um Microcontrolador**. Dissertação de Mestrado, UFSC. Florianópolis. 2001.

DIAS, Edson da Silva; KARASINSKI, Carlos Alberto. **Guia para Aplicação e Manutenção de Banco de Baterias**. 194 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Cefet-PR, Curitiba, 2003.

ELECTRONICS, Lite-on. **LITE-ON ELECTRONICS, INC.** Disponível em: <[www.soselectronic.hu/a\\_info/resource/d/ltv815.pdf](http://www.soselectronic.hu/a_info/resource/d/ltv815.pdf)>. Acesso em: 08 jun. 2016.

ELETRÔNICA BR. **TUTORIAL SOBRE FOTOACOPLADORES ou acoplador ótico**. Disponível em: <<http://eletronicabr.com/treinamento-eletronica/16/tutorial-sobre-fotoacopladores-ou-acoplador-otico/6584/>>. Acesso em: 05 jun. 2016.

EMBARCADOS. **Arduino Mega 2560**. Disponível em: <<http://www.embarcados.com.br/arduino-mega-2560/>>. Acesso em: 23 maio 2016.

INCROPERA, F.P.; DEWITT, D.P. **Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa**, 6a edição, LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S. A., R. J. 2013.

JOHNSON, D.E. **Fundamentos de análise de circuitos elétricos**. Prentice Hall, 1994.

KAFAAGROUP. **Battery Equalizer 48V**. Disponível em: <Battery Equalizer 48V>. Acesso em: 08 maio 2016.

MOUBAYED, Nazih et al. Parameter identification of the lead-acid battery model. **2008 33rd IEEE Photovoltaic Specialists Conference**, [s.l.], p.1-6, maio 2008. Institute of Electrical & Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/pvsc.2008.4922517>.

NILSSON, James William; RIEDEL, Susan A. . **Circuitos elétricos**. 6. ed Rio de Janeiro (RJ): LTC, c2003. 656p.

PRIDOPIA. **DHT22**. Disponível em: <[www.pridopia.co.uk/pi-user-manual/A4-DHT22.pdf](http://www.pridopia.co.uk/pi-user-manual/A4-DHT22.pdf)>. Acesso em: 08 abr. 2016.

QUALITAS. **Mini Ventilador AC Q180A3.** Disponível em: <<http://www.qualitas.ind.br/mini-ventiladores-ac/mini-ventilador-ac-q180a3.html>>. Acesso em: 08 maio 2016

SISKEN, Larry; VAN TRAN,. **Design Guidelines for Transistor Output Optocouplers.** Disponível em: <<http://www.ecnmag.com/article/2010/12/design-guidelines-transistor-output-optocouplers>>. Acesso em: 05 maio 2016.

SURE. **Silicon Coated Radial Tag Wire Wound Resistor.** Disponível em: <<http://www.sureresistors.com/ssr.pdf>>. Acesso em: 08 abr. 2016.

TEXAS INSTRUMENTS. **AN-1095 Design of Isolated Converters Using Simple Switchers:** Application note. 2013. Disponível em: <[www.ti.com/lit/an/snva005b/snva005b.pdf](http://www.ti.com/lit/an/snva005b/snva005b.pdf)>. Acesso em: 06 jun. 2016.

TINYSSINE. **Arduino GSM/GPRS Shield.** Disponível em: <[http://www.tinyosshop.com/index.php?route=product/product&product\\_id=464](http://www.tinyosshop.com/index.php?route=product/product&product_id=464)>. Acesso em: 23 maio 2016.

TUDOR. **Catalogo Tudor.** Disponível em: <[tudor.com.br/assets/upload/layout\\_catalogo\\_tudor\\_estacionarias.pdf](http://tudor.com.br/assets/upload/layout_catalogo_tudor_estacionarias.pdf)>. Acesso em: 1 maio 2016.

UNIPOWER. **Manual técnico Unipower.** Disponível em: <[www.unipower.com.br/index.php?/Download-document/34-Bateria-UP1290.html](http://www.unipower.com.br/index.php?/Download-document/34-Bateria-UP1290.html)>. Acesso em: 06 maio 2016.

VERA, L. H. **Análise do Impacto do Comportamento de Baterias em Sistemas Fotovoltaicos Autônomos.** 269 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, UFSC, Porto Alegre, 2009.

VISHAY. **Vishay Application Note 2.** Disponível em: <[www.vishay.com/docs/83741/83741.pdf](http://www.vishay.com/docs/83741/83741.pdf)>. Acesso em: 06 maio 2016.