

AQUISIÇÃO DE DADOS DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE COM A PLATAFORMA ARDUINO

Ricardo Machado Dias - dias_rm_dias@hotmail.com

João Batista Dias - joabod@unisinis.br

Léa Beatriz Dai Prá - biadaipra@gmail.com

Laboratório de Energias Renováveis da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica - PPGEM

Resumo. Este trabalho trata do desenvolvimento e implementação de um sistema de aquisição de dados para um sistema FV conectado à rede elétrica (SFCR) utilizando como base a plataforma de desenvolvimento livre Arduino. O sistema é formado por um painel FV de 1080 W_p, de silício policristalino, um inversor c.c./c.a. conectado à rede elétrica, sensores de corrente e tensão, assim como sensores de temperatura e irradiância. Todas as variáveis envolvidas no processo são tratadas e manipuladas na plataforma Arduino, sendo esses dados mostrados em tempo real em um display de cristal líquido (LCD) e armazenados em um cartão de memória (SDCARD). As validações dos dados se deram para dias de céu parcialmente encoberto e de céu claro. Para dias de céu claro, a eficiência global do sistema, η_s , obtida foi de 9 %, para o dia 05/05/2015, enquanto que o inversor apresentou uma eficiência média, η_{inv} , de 84 %, sendo injetados 5,8 kWh de energia na rede da concessionária. O sistema se mostrou estável e confiável, possibilitando uma alternativa no processo de aquisição de dados.

Palavras-chave: Sistema Conectado à Rede, Aquisição de Dados, Plataforma Arduino.

1. INTRODUÇÃO

A busca por alternativas mais econômicas e renováveis de geração de energia, como a energia solar fotovoltaica, tem sido intensificada nos últimos anos, tanto por pessoas físicas quanto jurídicas. Mas esta busca é freada em função dos altos preços dos equipamentos envolvidos no setor.

Da mesma forma que essas pessoas buscam por soluções mais atraentes, deseja-se saber se é economicamente viável o uso de um sistema fotovoltaico. Além dos custos de instalação dos equipamentos e tarifas energéticas envolvidas, existem os custos de monitoramento da energia. Apesar de as concessionárias de energia elétrica já possuírem seus equipamentos de medição, o monitoramento do funcionamento elétrico e energético de um sistema fotovoltaico é de extrema importância para a pesquisa neste setor, e neste sentido buscou-se apresentar neste trabalho uma alternativa de aquisição de dados viável para realização das medições neste tipo de sistema. Uma central de aquisição de dados, construída para este fim, é uma grande aliada ao sistema e proporciona diversas alternativas de monitoramento.

Em função dessas situações mencionadas, foi desenvolvida uma unidade de aquisição de dados para um sistema fotovoltaico conectado à rede (SFCR), com o uso de uma plataforma de desenvolvimento livre chamada Arduino. Esta unidade de aquisição tem por função determinar de forma instantânea o quanto de energia elétrica é gerada pelo painel fotovoltaico, o quanto de energia elétrica foi injetada da rede da concessionária, bem como a medição de parâmetros específicos de avaliação do sistema como tensão, corrente, temperatura e irradiância.

É importante ressaltar que a grande maioria dos inversores para sistemas fotovoltaicos disponíveis no mercado já conta com recursos internos de monitoração incorporados, cujo acesso é feito por interfaces padrão, internet e até por WiFi, e que fornecem os dados de tensão, corrente e potência c.c. e c.a.

Neste trabalho foi priorizado o uso de uma plataforma individual de medições, podendo assim ser adaptada e programada pelo usuário, neste caso um pesquisador. Assim, o sistema desenvolvido possui essa vantagem em relação aos recursos já incorporados nos equipamentos disponíveis no mercado.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito experimental, onde um sistema de geração foi instalado no Laboratório de Energias Renováveis da Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Unisinis, situado na cidade de São Leopoldo. É formado por um painel fotovoltaico (FV), um inversor que converte corrente contínua (c.c.) em corrente alternada (c.a.) e que se conecta à rede elétrica, sensores de tensão e corrente elétrica, sistema de proteção elétrica e unidade de aquisição de dados. O diagrama esquemático desse sistema pode ser verificado na Fig. 1.

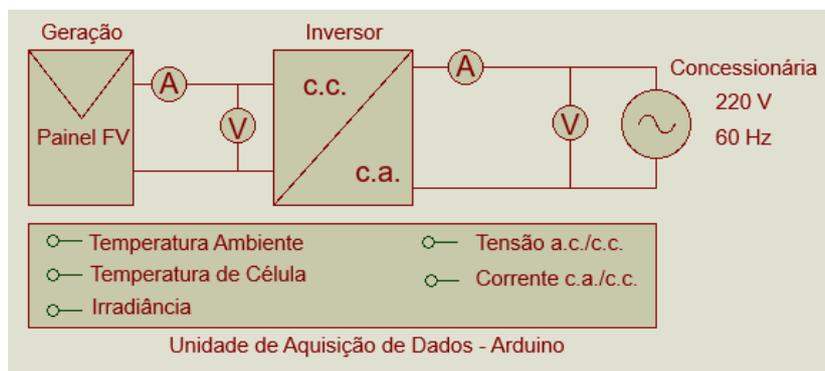


Figura 1- Unidade de Aquisição de Dados-Arduino.

2.1 Painel fotovoltaico

O painel FV é composto por oito módulos fotovoltaicos, modelos da Kyocera, associados em série, sendo o módulo composto por 36 células de silício policristalino (Fig. 2). A potência do módulo na condição padrão de teste (1000 W/m^2 a $25 \text{ }^\circ\text{C}$ e AM 1,5) é de 135 W_p . O painel FV foi instalado com ângulo de inclinação, em relação ao plano horizontal de 30° , e ângulo azimutal de 180° .



Figura 2 - Estrutura formando o painel FV composto por oito módulos policristalinos modelo KD135SX-UPU da Kyocera (2013).

2.2 Inversor c.c./c.a.

O inversor c.c./c.a. modelo *Sunny Boy 1200*, apresentado na Fig. 3, foi utilizado para fazer a conversão da corrente contínua, produzida pelo painel fotovoltaico, em corrente alternada. Este inversor tem como característica a conexão com a rede elétrica. Para que ocorra esta conexão, o inversor efetua um procedimento de inicialização, monitorando os parâmetros elétricos da rede, como frequência, tensão e impedância, antes de efetuar sua sincronização e conexão.



Figura 3 - Inversor Sunny Boy 1200. Fonte: SMA Solar Technology AG (2010).

Por ser um inversor que se conecta à rede elétrica, deve seguir algumas normas de segurança, como a ABNT NBR 5410 (1990), que estabelece alguns tipos de proteções contra choques ou acidentes envolvendo instalações de baixa tensão. Para que não ocorram acidentes com os operadores que trabalham na rede, este inversor possui um sistema de segurança que fica monitorando a rede elétrica, caso ocorra falta de tensão de referência ele se desconecta em 0,2 segundos, aproximadamente, para evitar o fenômeno chamado de *Islanding* (formação de ilhas).

Seguem algumas características elétricas deste inversor:

- Tensão máxima de entrada em corrente contínua, $V_{ccmax} = 400 \text{ V}$
- Potência máxima de entrada em corrente contínua, $P_{ccmax} = 1320 \text{ W}$
- Faixa de tensão do ponto de máxima potência (PMP), $V_{cc} = 100 \text{ V a } 320\text{V}$
- Tensão nominal em corrente contínua, $V_{nom} = 120 \text{ V}$

- e) Corrente elétrica contínua máxima da entrada, $I_{ccmax} = 12,6 \text{ A}$
- f) Potência de saída em corrente alternada, $P_{camax} = 1200 \text{ W}$
- g) Tensão nominal de conexão em corrente alternada = 220 V (180 a 265) V
- h) Frequência de saída = 60 Hz
- i) Eficiência do inversor, $\eta_{inv} = 92,10 \%$

2.3 Sensor de corrente ACS712

Para fazer a leitura das correntes elétricas do sistema fotovoltaico, foram utilizados transdutores de corrente modelo Allegro ACS712. Este componente é um circuito integrado (CI) e sua principal característica é a sensibilidade em relação aos campos magnéticos. Este componente possui, internamente, um sensor de Efeito Hall, muito utilizado para medição de corrente, tanto alternada quanto contínua.

Esses sensores são fabricados para várias faixas de corrente. Os modelos escolhidos são o ACS712-30A, de $\pm 30 \text{ A}$ destinados à medição de corrente contínua; e o ACS712-5B de $\pm 5 \text{ A}$, para corrente alternada. Conforme a documentação do fabricante do sensor ACS712-30, para cada 1 A de corrente elétrica que percorre o sensor, é gerada uma diferença de potencial de 66 mV. Já o ACS712-5 gera uma de 185 mV. Para cada faixa de corrente elétrica suportada pelo sensor, existe um valor de sensibilidade específico. A Fig. 4 mostra um dos sensores que foi utilizado no sistema.



Figura 4 - Placa do sensor de corrente modelo ACS712. Fonte: Allegro Microsystems (2014).

Como característica de funcionamento, esse sensor fornece uma tensão de saída de $V_{cc}/2$, quando não há corrente passando por ele. A alimentação do sensor é fornecida pela plataforma Arduino, 5 V, logo não havendo corrente elétrica, os sensores fornecem, em suas saídas, 2,5 V. Esta informação é importante para a elaboração do algoritmo que faz a manipulação dos dados lidos pelo Arduino. O sensor foi calibrado com o auxílio de um multímetro digital modelo ET-2076A da marca Minipa. Este equipamento possui uma exatidão de $\pm 0,5 \%$ para a faixa de tensão contínua utilizada e de $\pm 1 \%$ para tensão alternada.

2.4 Sensor de tensão

O Arduino pode fazer leituras de tensão em suas entradas analógicas de até 5 V, em tensão contínua. Entretanto a rede elétrica fornece tensão alternada em torno de 220 V, não podendo o Arduino fazer esse tipo de leitura, necessitando para isso fazer um condicionamento deste sinal.

Para esse condicionamento, foi produzido um sensor proporcional que converte a tensão alternada de 220 V para uma tensão de 5 V contínua. A Fig. 5 mostra o sensor que foi produzido juntamente com o circuito elétrico.

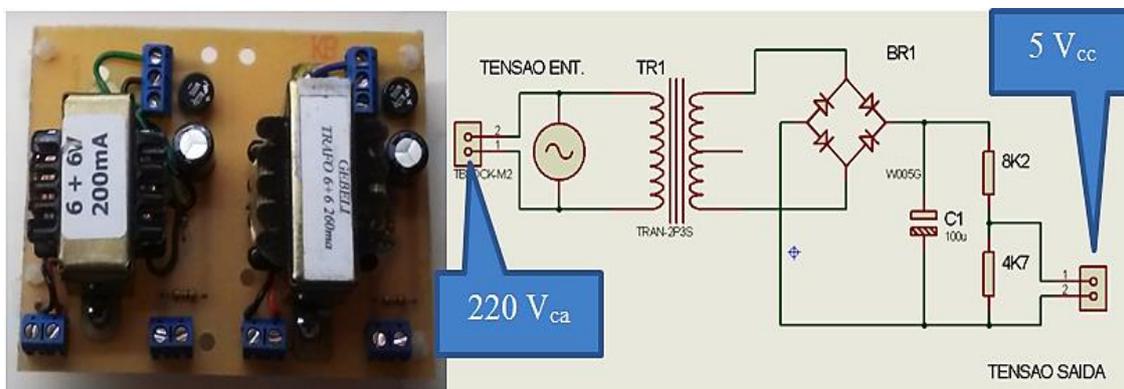


Figura 5 - Sensor de tensão montado e circuito elétrico. Fonte: Dias, R.M., 2015.

Neste circuito, a tensão de entrada de 220 V é rebaixada pelo transformador para 12 V. Na configuração montada com a ponte de diodos BR1, a tensão de 12 Vca sofre uma retificação de onda completa e o capacitor C1 funciona como filtro para diminuir o *ripple*. O divisor resistivo compatibiliza a tensão de saída do circuito com a entrada analógica da placa Arduino. O circuito produz uma tensão de saída de cerca de 4,4 Vcc para uma entrada de 220 Vca.

2.5 Sensor de temperatura

Para a medição das temperaturas ambiente e de uma célula de um módulo são utilizados sensores de temperatura modelo LM35, conforme mostrado na Fig. 6. Estes sensores são circuitos integrados com saídas de tensão linear proporcional à temperatura, em graus Celsius. Esse dispositivo possui uma incerteza de medição de $\pm 0,5$ °C. Sua faixa de trabalho fica entre -55 °C até 150 °C, operando com uma tensão de alimentação de 4 a 30 V, e com uma tensão proporcional de saída de 10 mV/°C.



Figura 6 – Sensor de temperatura LM35 e seus locais de instalação.

2.6 Sensor de irradiância

A medição da irradiância é feito através de um módulo fotovoltaico de silício monocristalino de 5 W_p, modelo mostrado na Fig. 7, servindo como célula padrão, que foi calibrado com o auxílio da estação meteorológica do Laboratório de Energias Renováveis da Unisinos, que oferece a opção de alguns sensores, como radiação solar, temperatura, umidade relativa do ar, precipitação, direção e velocidade dos ventos.



Figura 7 - Módulo utilizado, servindo como célula padrão para medição da irradiância.

2.7 Plataforma de desenvolvimento Arduino

Para fazer o gerenciamento e controle do sistema de aquisição foi utilizado uma plataforma de desenvolvimento Arduino, modelo mostrado na Fig. 8, composta por um microcontrolador ATmega 2560. Essa plataforma é muito versátil, pois disponibiliza 54 pinos de entradas e saídas digitais, onde 14 delas podem ser utilizadas como saídas PWM, 4 UART's (portas de comunicação serial), 16 entradas analógicas, comunicação USB que serve tanto para alimentação da placa quanto comunicação com o computador.



Figura 8 - Arduino ATMEGA2560. Fonte: Arduino (2014).

Através de suas entradas e saídas, é possível receber sinais de sensores assim como fazer acionamentos de LED's, motores, relés e outros. Essa placa permite a conexão de placas com funções específicas, como os *Shields*, que podem ser de comunicação com internet, GSM, rádio frequência, cartão SD e outros. Os *Shields* são dispositivos periféricos que não fazem parte da plataforma Arduino, mas que foram desenvolvidos para uma perfeita conexão com o equipamento, assim dependendo do tipo de aplicação que se queira executar, deve ser escolhido o *Shield* mais apropriado.

Foi utilizado nesse trabalho o *Shield* de cartão SD, onde os dados coletados são armazenados em um cartão MicroSD de 2Gb de espaço para armazenamento. Com aquisições feitas a cada minuto, esse cartão tem uma capacidade de armazenamento de dados de aproximadamente 18 anos.

Em suas portas analógicas o Arduino pode fazer leituras com resolução de 10 *bits*, que corresponde a 2^{10} ou 1024 divisões. A tensão de trabalho varia de 0 a 5 V em tensão contínua, obtendo uma resolução mínima de 5 V/1024 igual a 0,00488 V/bits.

3. SISTEMA DE AQUISIÇÃO

O sistema de aquisição tem por função a coleta de dados, necessários para a avaliação do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede, SFCR. Dentre estes dados estão as tensões e correntes, contínuas e alternadas, temperaturas ambiente e de célula e a irradiância. Através desses dados são feitos cálculos para determinar os valores das potências tanto de entrada quanto de saída do inversor c.c./c.a., a energia gerada pelo painel FV e a energia injetada na rede elétrica da concessionária. Esses dados podem ser verificados instantaneamente em um LCD instalado na porta do quadro de comando onde todo o sistema de aquisição foi instalado, assim como são armazenados em um cartão de memória no intervalo do minuto. A referência de tempo é dada através de um relógio de tempo real (RTC) instalado junto ao sistema de aquisição.

Para cada variável a ser avaliada foram desenvolvidas funções dentro do algoritmo de controle. Esse algoritmo foi desenvolvido em um software específico da plataforma de desenvolvimento Arduino. A Fig. 9A demonstra o sentido das informações, enquanto que a Fig. 9B demonstra a instalação da unidade de aquisição dentro do quadro de comando.



Figura 9 – (A) Topologia representando os sentidos das informações. (B) Quadro de medições e comando. Fonte: Dias, R.M., 2015.

O algoritmo foi estruturado de forma modular, subdividido em várias funções nas quais cada uma delas deve executar uma determinada ação. Dentro do algoritmo existe uma função principal em que estão todas as outras funções com uma determinada ordem de processamento. Essa ordem está de acordo com o sentido da conversão da energia solar em energia elétrica, pois algumas funções necessitam de um parâmetro que foi processado em outra função antecedente.

Para a determinação do valor de irradiância, a função executa 1000 leituras no conversor analógico digital (A/D). Posteriormente é feita a média desses valores e transformado em um valor de tensão. Através da Eq. 1 é feita a relação do valor de tensão com a irradiância. Esta equação foi gerada através do processo de calibração do módulo FV utilizado, sendo considerado o fundo de escala de irradiância da estação meteorológica, que varia de 0 a 1800 W/m², com faixa de atuação do resistor *shunt* instalado na célula padrão de 0 a 200 mV, onde G_M é a irradiância medida, em W/m² e U_{shunt} é a tensão gerada pelo resistor *shunt* em Volts.

$$G_M = \frac{U_{shunt} - 2,563 \times 10^{-4}}{1,617 \times 10^{-4}} \quad (1)$$

Como já foi verificado anteriormente, é utilizado um módulo FV como célula padrão calibrado e que apresenta uma incerteza $w_{cel} \pm 5,0$ % de fundo de escala. Logo a incerteza combinada para a irradiância w_{irrad} é $\pm 5,0$ %. Aplicando esta incerteza em uma irradiância de 1200 W/m², chega-se a um valor de ± 60 W/m².

Para as funções que determinam as temperaturas ambiente e de célula, são feitas 1000 aquisições através do conversor A/D (analógico/digital) do microcontrolador de um nível de tensão gerada pelo sensor LM35, cuja faixa de trabalho é de -55°C até 150°C , sendo garantida pelo fabricante uma incerteza de $\pm 0,5^\circ\text{C}$ a 25°C . Essa conversão gera um valor inteiro entre 0 a 1023, correspondente à resolução do conversor, que nesse caso é de 10 bits. Após, esse valor inteiro é convertido em um valor de tensão através do algoritmo. Com esse valor de tensão é feita uma relação com a sensibilidade do sensor, que nesse caso é de 10 mV/°C, podendo assim determinar as temperaturas ambiente e de célula. Todos os passos dessa função são executados em aproximadamente 40 ms.

Para a determinação da tensão do painel FV cuja tensão de circuito aberto ficou da ordem de 160 V, foi construído um divisor de tensão para condicionar esse sinal, pois as entradas analógicas da plataforma Arduino suportam tensões

de até 5 V. No algoritmo após a soma das 25 leituras é feita a média entre elas. Como o conversor A/D faz a relação entre um valor de tensão lido e retorna um valor inteiro entre 0 e 1023, é feito a transformação desse inteiro em um valor de tensão novamente.

Para as correntes elétricas geradas pelo painel FV e pelo inversor c.c./c.a. foram utilizados sensores de corrente modelo ACS712, mostrado na Fig. 4. Com esses sensores foram verificadas correntes elétricas tanto em regime c.c. ou c.a., pois o range de atuação do sensor vai de 0 a 5 V, fornecendo uma tensão $V = V_{cc}/2$ quando não há corrente passando por ele. Isso significa que quando não há corrente elétrica, a entrada analógica do Arduino mostra um valor inteiro de 512, porque $1024/2$ é igual a 512.

Segundo o manual do microcontrolador, a exatidão de medida fica nos dois bits menos significativos (± 2 LSB - *Least Significant Bit*). Assim, a incerteza de medida nas entradas analógicas é de $\pm 0,3$ %. Como todas as medidas passam pelas entradas analógicas, logo cada uma delas terá pelo menos $\pm 0,3$ % de incerteza. Considerando o fundo escala de 5 V, obtém-se ± 15 mV de incerteza.

As incertezas nas medidas das potências contínuas e alternadas consideram as incertezas tanto das tensões quanto das correntes. Para a potência em c.c., a incerteza w_{pcc} ficou aproximadamente em ± 20 W, para uma potência na entrada do inversor de 1280 W. Já a incerteza w_{pca} na saída do inversor para uma potência 1100 W, ficou também em ± 20 W.

Para a verificação das correntes contínuas e alternadas, foram utilizados os sensores ACS712-30A e ACS-7125B, respectivamente, que possuem incerteza de medida de $\pm 1,5$ %. Considerando as incertezas dos sensores e do Arduino, chega-se à incerteza combinada w_i de $\pm 1,5$ %, correspondendo a um valor de $8,00 \pm 0,12$ A para c.c. e $5,00 \pm 0,08$ A para c.a.

A verificação das tensões se dá de forma diferente. Para as tensões em c.c. é feito apenas um divisor de tensão para rebaixar a tensão, enquanto que na alternada é feito a transformação para contínua e depois utilizado um divisor de tensão. A verificação dos níveis de tensão se deu através de comparação com o multímetro Minipa que possui uma exatidão de $\pm 0,5$ % para tensões contínuas e $\pm 1,0$ % para tensões alternadas. Logo as incertezas combinadas para tensão em c.c. é de $w_v \pm 0,5$ %. Considerando o valor medido da tensão do arranjo fotovoltaico de 160,0 V, chegou-se a uma incerteza relativa de $\pm 0,8$ V. Já para a tensão c.a., a incerteza relativa da medida de 220,0 V da rede elétrica, chegou-se a $\pm 2,2$ V.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os dados coletados pelo sistema de aquisição foram exportados e tabulados no software Microsoft Excel. Foram obtidos os dados nos meses de abril e maio de 2015, coletados de forma amostral, com 1.440 leituras por dia, lidas na escala temporal do minuto. Os dados coletados permitiram traçar dois perfis característicos da geração de energia com relação às condições climáticas: uma condição em dia de céu claro e uma condição intermitente, observada quando há presença de nuvens.

4.1 Dia de céu claro

A Fig. 10A mostra a irradiância solar para um dia de céu claro. Com esse perfil de irradiância foi analisado o comportamento do sistema fotovoltaico. Dentro desse perfil foram consideradas as curvas de potências na entrada e na saída do inversor *Sunny Boy 1200*, P_{cc} e P_{ca} , respectivamente. Através desses dados foi estimada a produção de energia elétrica injetada na rede da concessionária.

Já a Fig. 10B apresenta o comportamento dos perfis de potência na entrada e saída do inversor conectado à rede, mostrando claramente que as potências respondem diretamente a irradiância. Para esse dia específico, 05/05/2015, o sistema conectado à rede elétrica injetou 5,8 kWh de energia na rede da concessionária. A eficiência global, η_s , obtida foi de 9 %, enquanto que o inversor apresentou uma eficiência média, η_{inv} , de 84%.

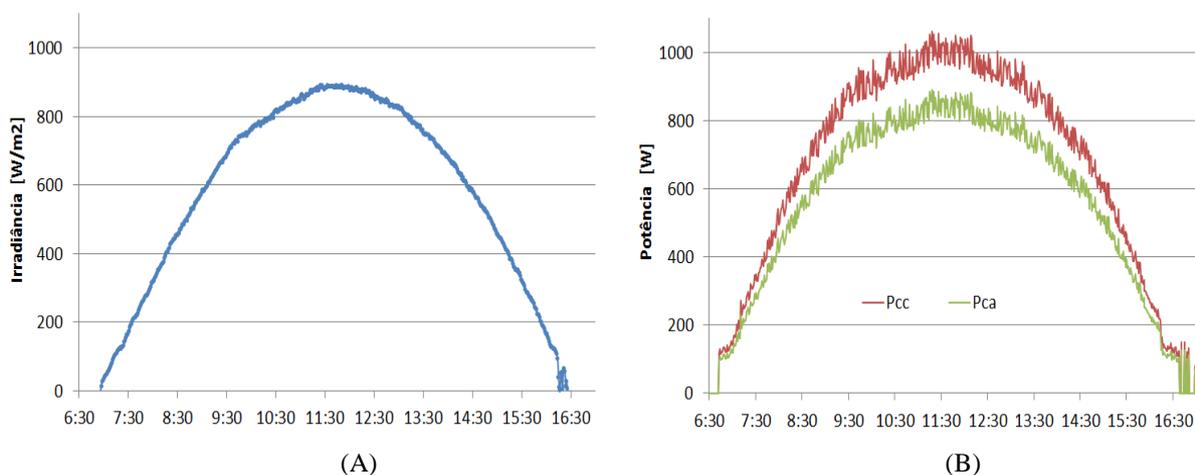


Figura 10 – (A) Perfil de irradiância para dia de céu claro. (B) Perfis de potência no inversor c.c./c.a.

A variação da tensão do painel fotovoltaico com a temperatura se torna evidente na Fig. 11. De acordo com os dados coletados, observa-se que com o aumento da temperatura do módulo (célula), o valor da tensão do painel FV se reduz. Esse fenômeno se deve à queda de tensão com o aumento de temperatura, que é uma característica inerente ao material semiconductor (Silício), em cada célula do módulo FV. Neste caso específico, considera-se apenas a medida de temperatura de uma célula da parte posterior de um dos módulos que compõem o painel FV.

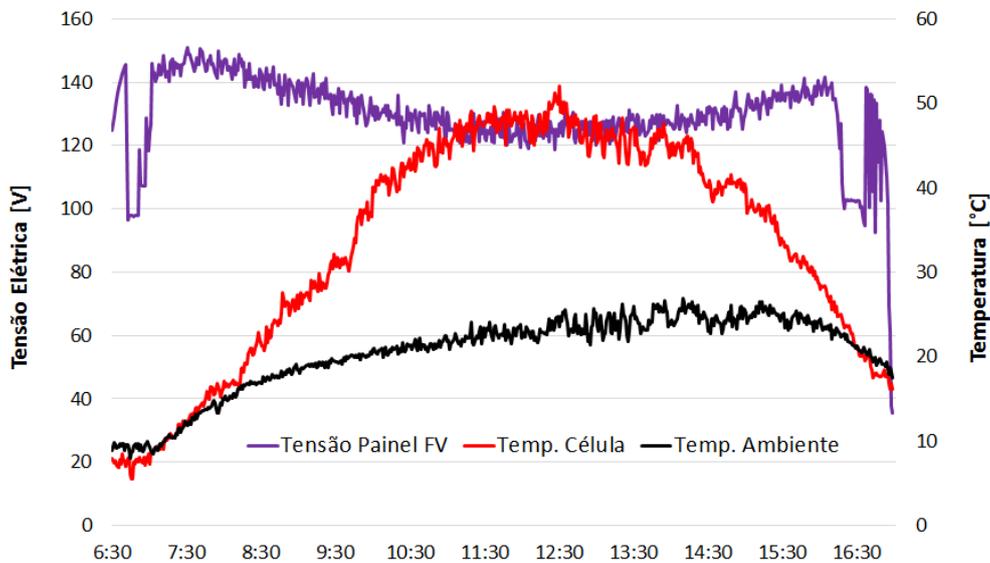


Figura 11 - Comportamento da tensão do painel FV em relação à temperatura do módulo.

4.2 Dia de céu parcialmente encoberto

Assim como para o dia de céu claro, foram analisadas as curvas de potência na entrada e na saída do inversor *Sunny Boy* 1200 para o dia de céu parcialmente encoberto. A Fig. 12A representa o comportamento da irradiância para esse dia. Para os perfis de potências, percebe-se a contribuição de picos de irradiância, chegando até 1176 W/m^2 , superior ao percebido no dia com céu claro. Para esse dia em específico, 15/05/2015, o sistema conectado à rede elétrica injetou 3 kWh de energia na rede da concessionária. A Fig. 12B mostra o comportamento das curvas de potências, para o dia em questão.

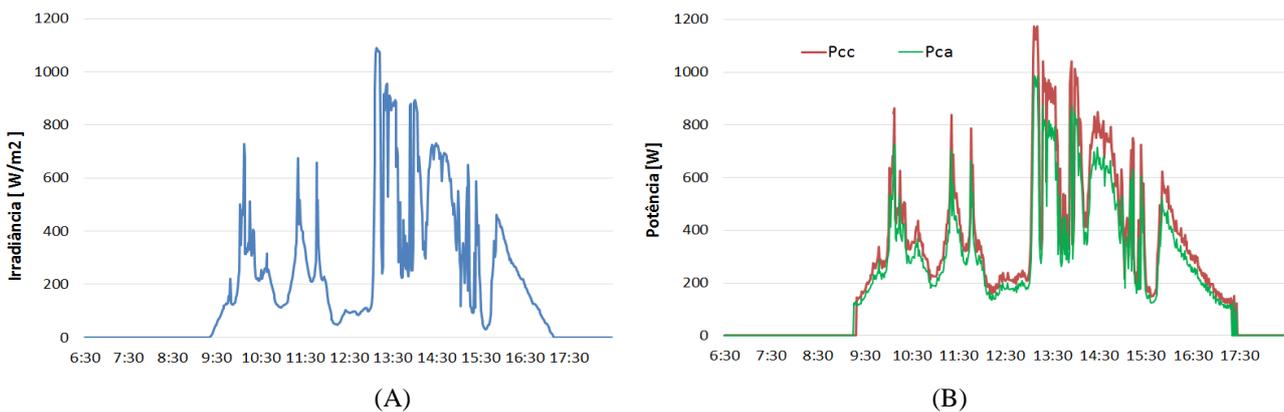


Figura 12 – (A) Perfil de irradiância para dia de céu parcialmente encoberto. (B) Perfis de potência no inversor c.c./c.a.

5. CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou o desenvolvimento de uma unidade de aquisição de dados utilizando a plataforma Arduino, demonstrando o comportamento de um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica (SFCR). Dados sobre temperatura, irradiância, tensões e correntes elétricas foram coletados, manipulados através da unidade de aquisição e disponibilizados em tempo real e armazenados em cartão de memória.

A unidade de aquisição tem por função a coleta de dados necessários para a avaliação do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede, SFCR. Dentre esses dados estão às tensões e correntes, contínuas e alternadas, temperaturas ambiente e de célula e a irradiância. Através desses dados são feitos cálculos para determinar os valores das potências

tanto de entrada quanto de saída do inversor c.c./c.a., a energia gerada pelo painel FV e a energia injetada na rede elétrica da concessionária.

A validação dos dados se deu nos meses de abril e maio de 2015, onde as análises restringiram-se aos dias de céu claro e aos dias de céu parcialmente encoberto. Para um dia típico de céu claro, o SFCR apresentou uma eficiência global, η_s , de 9 %, onde foi injetado na rede elétrica 5,8 kWh de energia na rede da concessionária, estando o inversor c.c./c.a. funcionando com uma eficiência média, η_{inv} , de 84 %. Para um dia típico de céu parcialmente encoberto, o SFCR injetou 3 kWh de energia elétrica na rede da concessionária, ficando o inversor com uma eficiência média abaixo da de um dia de céu claro.

As incertezas relativas para as correntes c.c. e c.a. são, respectivamente, aplicando-se em 8 A ($8,00 \pm 0,12$ A) e 5 A ($5,00 \pm 0,08$ A). Para as incertezas nas tensões c.c. e c.a., respectivamente, considerando o valor medido da tensão do painel fotovoltaico, chegou-se a $160,0 \pm 0,8$ V, e considerando a tensão eficaz da rede elétrica medida, chegou-se a $220,0 \pm 2,2$ V. As incertezas nas medidas das potências contínuas e alternadas consideram as incertezas tanto das tensões quanto das correntes. Para as potências em c.c. e c.a., as incertezas são de aproximadamente ± 20 W, na entrada e saída do inversor.

Salienta-se a importância da continuação desse estudo para comparar as medições realizadas por esta plataforma de aquisição de dados, desenvolvida neste trabalho, com o sistema de aquisição de dados já incorporado no inversor utilizado.

Agradecimentos

Ao Programa de Suporte à Pós-Graduação de Instituições de Ensino Particulares, CAPES/PROSUP, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Rio Grande do Sul, FAPERGS, pelo apoio prestado a este e aos demais participantes da equipe, assim como ao Instituto Senai de Inovação Soluções Integradas em Metalmeccânica – ISI SIM – SENAI CETEMP pela disponibilização de tempo para pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ALLEGRO MICROSYSTEMS, LLC. Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC. Disponível em: < <http://www.allegromicro.com/en/Products/Current-Sensor-ICs/Zero-To-Fifty-Amp-Integrated-Conductor-Sensor-ICs/ACS712.aspx>>2013. Acesso: 02 jun. 2014.
- ARDUINO. Arduino Mega 2560. Disponível em: < <http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMegaA>>. Acesso em: 30 out. 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) – NBR 5410 . Instalações Elétricas de Baixa Tensão. Versão corrigida em 17 mar. 2008. Disponível em: < http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/normas%20e%20relat%F3rios/NRs/nbr_5410.pdf> Acesso em: 18 fev. 2014.
- KYOCERA CORPORATION. 2013. Manual de Instruções do Módulo KD135SX - UPU.
- DIAS, R. M., 2015. Instalação de uma microrrede fotovoltaica conectada/isolada com estocagem e monitoramento com controle da carga alimentada, Dissertação de Mestrado, PPGEM, Unisinos, São Leopoldo.
- SMA SOLAR TECHNOLOGY AG. 2010. Manual de Instruções do Equipamento Sunny Boy.

DATA ACQUISITION OF A GRID-CONNECTED PHOTOVOLTAIC SYSTEM WITH THE ARDUINO PLATFORM

Abstract. *This work deals with the development and implementation of a data acquisition system for a grid-connected photovoltaic system, using as a basis the Arduino open development platform. The system consists of a polycrystalline silicon PV panel of 1080 W_p, a DC/AC grid-connected inverter; current and voltage sensors; and temperature and irradiance sensors. All the variables involved in the process are treated and handled in the Arduino platform; these data are shown in real time in a liquid crystal display (LCD) and stored in a memory card (SDCARD). The validation of the data is given for overcast and clear days. To clear day, the overall efficiency of the system, η_s , obtained was 9%, for May 5th, 2015, while the inverter showed an average efficiency, η_{inv} , of 84%, injecting 5.8 kWh of energy in the grid. The system proved to be stable and reliable, providing an alternative for data acquisition in small-scale grid-connected PV systems.*

Key words: *Grid-Connected PV System, Data Acquisition, Arduino Platform.*