

FERRAMENTA *IoT* PARA MONITORAMENTO DE INSTALAÇÃO FV: ESTUDO DE CASO

Marcus A. P. Oliveira¹, Maxwell M. Costa¹, Wendell E. M. Costa¹

¹Professor - IFTO. e-mail: <marcusandre@ifto.edu.br>, <maxwell@ifto.edu.br>, <wendell@ifto.edu.br>

Resumo: Neste artigo é apresentado um ambiente de monitoramento para sistemas fotovoltaicos conectados à rede, desenvolvido sob a forma de uma plataforma “*IoT*” (Internet das Coisas). Este sistema de medição remota é independente das características internas do inversor utilizado, e possui intervalos de aquisição programáveis. O circuito contém elementos sensores com isolamento elétrica, com baixo custo e de elevada exatidão, permitindo observar não apenas as curvas de geração dos lados CC e CA do inversor, mas também as formas de onda da tensão e corrente obtidas. Esta opção possibilita a análise de parâmetros relacionados à qualidade de energia, e se torna uma opção útil para futuras comparações entre diferentes modelos e fabricantes de equipamentos. Um satisfatório volume de dados de medição já se encontra disponível, e alguns destes são apresentados e discutidos.

Palavras-chave: energia fotovoltaica, monitoramento remoto, internet das coisas (*IoT*)

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a sociedade moderna vem presenciando rápidas mudanças de comportamento, onde a industrialização e o aumento das demandas de conforto e mobilidade da população levam à necessidade de aquisição e uso de um maior número de ferramentas de transporte, trabalho e lazer. O consumo energético por habitante e total, por consequência, cresce em ritmo acelerado, sendo por vezes limitado pela capacidade de fornecimento das fontes de energia disponíveis.

Além das mudanças na demanda de energia, experimentamos também um crescimento muito expressivo na troca de informações, através de redes de comunicação de dados. A Internet, mais conhecida e abrangente, continua sua rápida expansão, embora a uma taxa menor de crescimento. Hoje, cerca de 43% da população mundial está conectada à grande rede de alguma maneira; sua distribuição aproximada (2016) é de 47% na Ásia, 87% na América do Norte, 69% na Europa e apenas 19% na África. No Brasil, estima-se que 58% da população tem acesso aos seus recursos (ONU, 2017). Ao longo de suas poucas décadas de existência até aqui, diz-se que a Internet experimentou até o momento 3 fases de destaque (LINS, 2017): a primeira, a “era da comunicação”, onde a informação passa a ser gerada e disponibilizada em sites oficiais ou pessoais, incluindo aí os de e-commerce; a segunda, a da “interação”, onde as redes sociais passam a ter maior destaque e as novas formas de comunicação entre as pessoas geram profundos impactos em estruturas de telecomunicações convencionais, como a telefonia; e a terceira, já conhecida como

“Internet das coisas” (*IoT*, sigla em inglês para *Internet of Things*), onde os dispositivos de conexão passam a ser incorporados e trafegam diferentes tipos de dados em inúmeras aplicações, como em eletrodomésticos, veículos e rebanhos.

Em relação aos dispositivos físicos que geram o fluxo de dados na rede, dados recentes apontam que o número de elementos não utilizados por humanos a gerar tráfego na Internet já supera o de PCs e outros equipamentos pessoais como telefones móveis, somados. O número de dispositivos IoT superou o número de pessoas na Terra em 2008 e deverão passar de 50 Bilhões até o ano 2020 (EVANS, 2017). O volume de negócios estimado envolvendo IoT deverá superar US\$ 470 bilhões anuais em 2020, acumulando um mercado que movimentará diretamente um total de até US\$ 6,2 trilhões até 2025 (McKINSEY, 2016).

A utilização de plataformas IoT é portanto uma tendência global e abrangerá uma variedade de aplicações cada vez maior. Ferramentas IoT para medição do consumo energético (em suas várias formas) como a que se propõe constituem uma oportunidade para a pesquisa e negócios. Embora não seja a única aplicação projetada para este produto, o monitoramento da energia elétrica é o foco principal e possui aplicabilidade mais imediata.

2 METODOLOGIA

A plataforma *IoT* apresentada é um conjunto complexo de *hardware* e *software* dedicado (incorporado e remoto). Sua ideia principal é a medição remota de tensões e correntes CC / CA em instalações fotovoltaicas, mantendo-se isolado do circuito a ser medido por meio de sensores específicos. Atualmente, este mesmo sistema também está sendo utilizado para monitorar unidades de ar condicionado em uma instituição educacional pública (30 monitorados individualmente nesta fase), além de motores e outras cargas. A Figura 1 mostra o esquema de ligação do circuito e algumas de suas características.

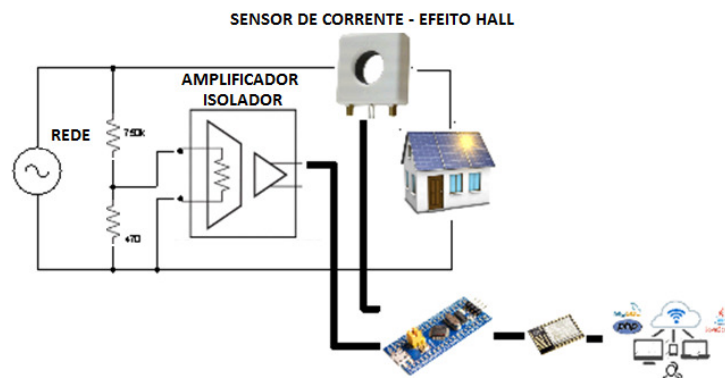


Figura 1 – Esquema simplificado do sistema de monitoramento.

A leitura exata de dados elétricos, incluindo variáveis técnicas relacionadas à qualidade de energia, permite avaliar o comportamento do sistema FV com mais clareza. Desta maneira, espera-se a rápida percepção para o caso de eventuais falhas, aumentando o tempo de vida do equipamento e gerando economia. Nas medidas de longo prazo, o comportamento da potência ao longo do tempo e a energia total consumida no equipamento ou no circuito podem ajudar o cliente a definir rotinas para uma utilização mais eficiente do elemento sob monitoramento.

A plataforma é composta por quatro partes: o *hardware*, o *software* incorporado, o *software* do lado do servidor (incluindo o banco de dados) e o aplicativo *Web* do lado do cliente, conforme explicado nos itens 2.1 a 2.4.

2.1 Hardware

As informações básicas sobre qualquer circuito elétrico são a tensão e a corrente em um determinado ponto. Para coletar sinais de dados com alta qualidade, foram escolhidos sensores de efeito Hall e amplificadores operacionais isoladores como sensores de corrente e tensão, respectivamente. Cada unidade possui ainda uma CPU de 32 bits (incluindo ADCs de 10 bits, *Timers* de 32 bits, etc.), um adaptador UART/802.11 b/g, reguladores de tensão e terminais de expansão. A Figura 2 mostra as etapas de desenvolvimento do circuito, que incluiu especificação de componentes, simulação e roteamento de PCI e montagem.

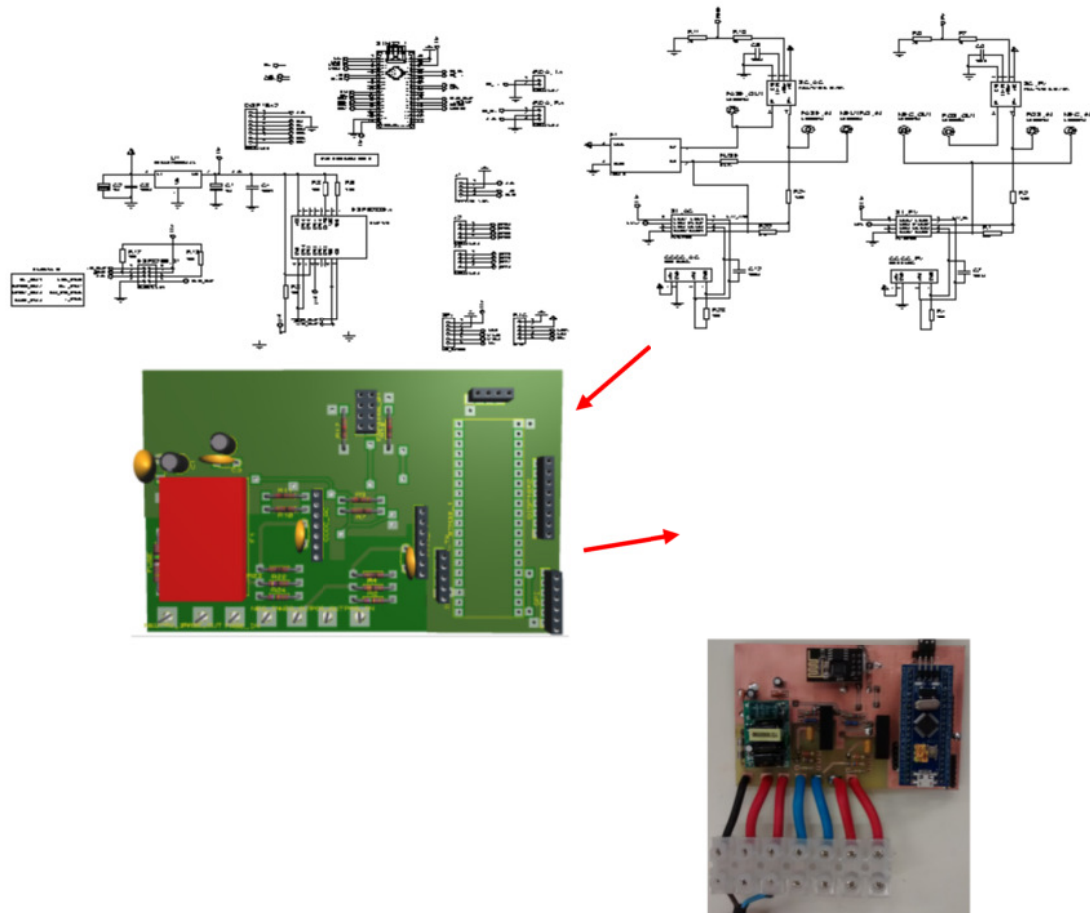


Figura 2 – Desenvolvimento do *hardware* de leitura e comunicação de dados.

Outras características importantes do circuito desenvolvido são: baixo consumo, pequeno tráfego de dados na rede e integração simplificada de outros sensores para uso futuro, tais como: sensores de temperatura, luminosidade, umidade, relés para disparar cargas, transmissões de parâmetros através de transdutores IR, entre outros.

2.2 *Software embarcado*

Para o correto funcionamento do sistema, a CPU requer um software incorporado capaz de realizar o pré-processamento dos sinais dos sensores ali conectados. Neste sentido, as seguintes tarefas são necessárias:

1. adquirir periodicamente uma amostra das formas de onda da tensão e corrente CA (sincronizado pela tensão) e também das grandezas CC;
2. executar a conversão A/D;
3. gerenciar a conexão com o roteador local e com o servidor remoto;

4. formatar e realizar *upload* de dados coletados no formato requerido (uma solicitação HTTP GET ou POST).

Até o momento presente, alguns comandos básicos enviados de usuários remotos para a placa também estão sendo executados com sucesso; nas unidades conectadas a cargas como motores e lâmpadas, executa o controle *on/off* por meio de relés; na unidade conectada ao circuito FV, é possível realizar leituras assíncronas das variáveis lidas. Essa capacidade bidirecional será melhor explorada em futuras versões desta plataforma.

2.3 *Software no servidor*

O servidor remoto contém scripts PHP que são chamados a partir de cada unidade de medição e recebem dados enviados por meio dos métodos HTTP “GET” ou “POST”. Em essência, os objetivos desta etapa são:

1. classificar os valores brutos nas tabelas corretas em um banco de dados MySQL;
2. aplicar ganhos individuais para cada variável;
3. cálculo dos valores *True RMS* da tensão e da corrente;
4. realizar decomposição harmônica dos sinais de tensão e corrente, para o cálculo correto do fator de potência, potências ativa e reativa, distorção harmônica total e individual (DHT e DHI);
5. executar verificação de erros e correção, conforme o caso;
6. retornar os resultados solicitados pelo aplicativo cliente, utilizando padrão JSON.

Neste banco de dados também são armazenados perfis de usuário, características de unidades medidas e algumas outras informações úteis para a visualização correta de gráficos e relatórios, quando solicitado pelo *software* cliente.

2.4 *Software no cliente*

O aplicativo cliente, hospedado em www.simemap.com, é um portal baseado em rotinas HTML e *JavaScript* para visualização de dados. No momento, já é possível analisar os perfis de energia, tensão e corrente, individualmente ou por grupos. À medida que o desenvolvimento cresce, algumas premissas são mantidas em mente:

1. controle de acesso do usuário de acordo com os perfis e privilégios (administração total, local ou apenas visualização);

2. agrupamento de unidades por modelo, posição geográfica, valores medidos ou outros;
3. escolha de diferentes combinações de variáveis para gráficos e relatórios;
4. agendamento de alarmes e eventos para intervenções remotas manuais ou pré-programadas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O circuito apresentado opera desde maio/2016 ligado a uma instalação FV, coletando dados na residência do autor. A Figura 3 mostra as *strings* de painéis, bem como o conjunto formado pelo inversor, circuito de proteção e a placa de monitoramento.



Figura 3 - Sistema FV de 3,12 KWp e circuito de monitoramento.

Esse sistema FV contém duas *strings* com seis painéis cada, totalizando uma potência nominal de 3.12 KWp. Ele é capaz de fornecer correntes de até 18,2 A em curto-circuito e uma tensão de 226,74 V em circuito aberto.

Na Figura 4 (esq.), pode-se observar as medições diárias coletadas no período entre 01/07/2016 e 30/06/2017, bem como os valores médios mensais. O período entre 01/06/2017 e 30/06/2017 é também apresentado na Figura 4 (dir.) para uma observação mais clara. É possível perceber que nos meses de maio a agosto as leituras são mais constantes, em razão do período de seca nesta região. Nos meses de setembro a abril, especialmente, ocorrem mais variações nas leituras, em função da maior nebulosidade e de dias chuvosos. Como se trata de um circuito em fase de desenvolvimento, houve um certo número de leituras incompletas especialmente nos primeiros meses de medição.

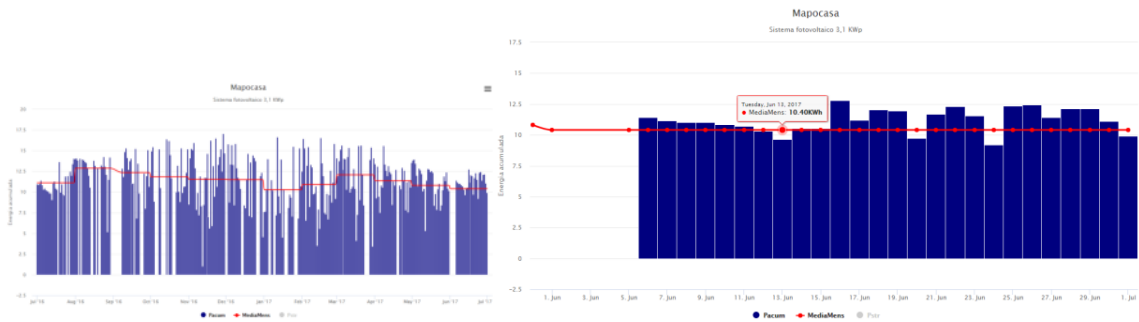


Figura 4 - Geração FV anual e mensal registrada.

Uma observação detalhada da geração no período entre 13/06/2017 a 18/06/2017 é apresentada na Figura 5. Os perfis de potências, tensões e correntes CA e CC podem ser visualizados individualmente ou agrupados conforme desejado.

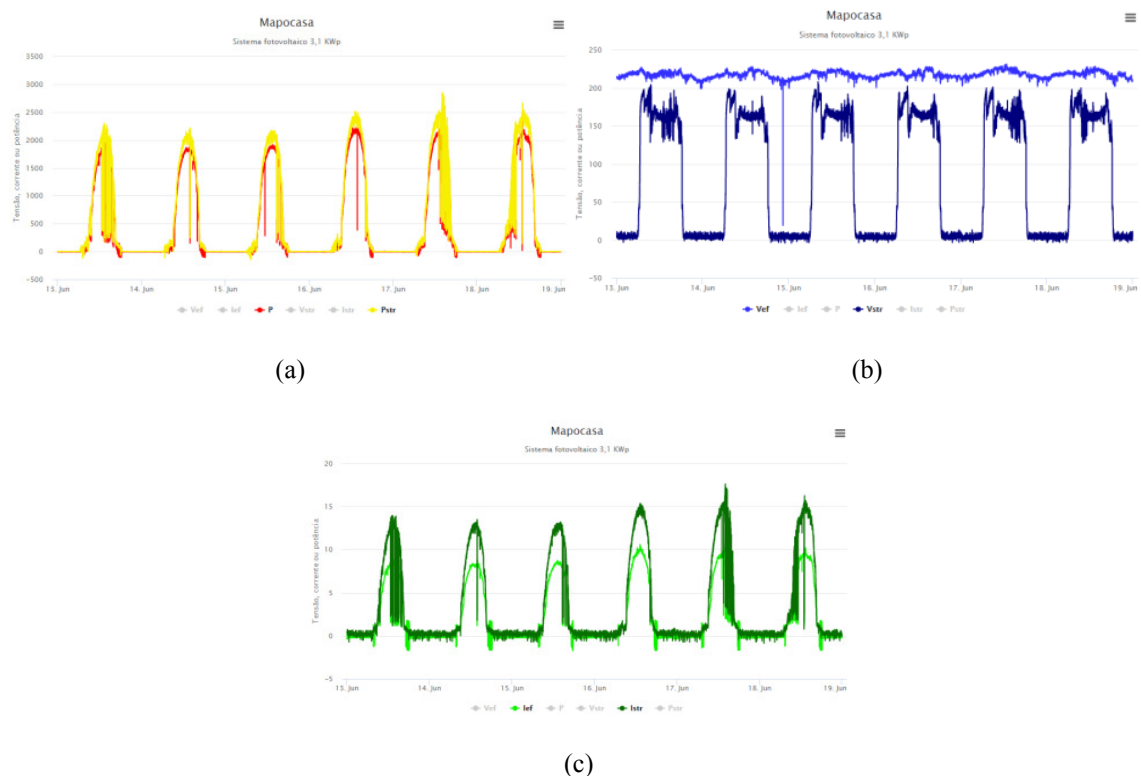


Figura 5 – Potências, tensões e correntes CC e CA da instalação FV.

Ao fim do terceiro dia do período observado na Figura 5.a, os painéis foram limpos para remover a poeira superficial acumulada. Os dias subsequentes mostram um claro incremento na geração de cerca de 2 KWh/dia. A melhor periodicidade de limpeza do conjunto depende das condições do local onde se encontram as *strings*, e novas análises sobre esta questão serão avaliadas em trabalhos futuros com a ajuda desta ferramenta.

Informações ainda mais detalhadas podem ser observadas, selecionando qualquer ponto nos gráficos da Figura 5. Uma nova consulta é gerada ao banco de dados, que retorna as formas de onda da tensão e corrente CA bem como uma análise do comportamento harmônico destes sinais, como na Figura 6. Deste modo, não apenas uma análise quantitativa da geração FV é obtida, mas também o aspecto qualitativo da energia inserida na rede é avaliado. Em momentos de baixa geração, como nos casos das Figuras 6.a e 6.b, o inversor opera com fator de potência reduzido e surgem harmônicas especialmente de 5ª ordem; durante momentos de maior geração (Figuras 6.c e 6.d), se observa um fator de potência praticamente unitário, e um conteúdo harmônico quase nulo.

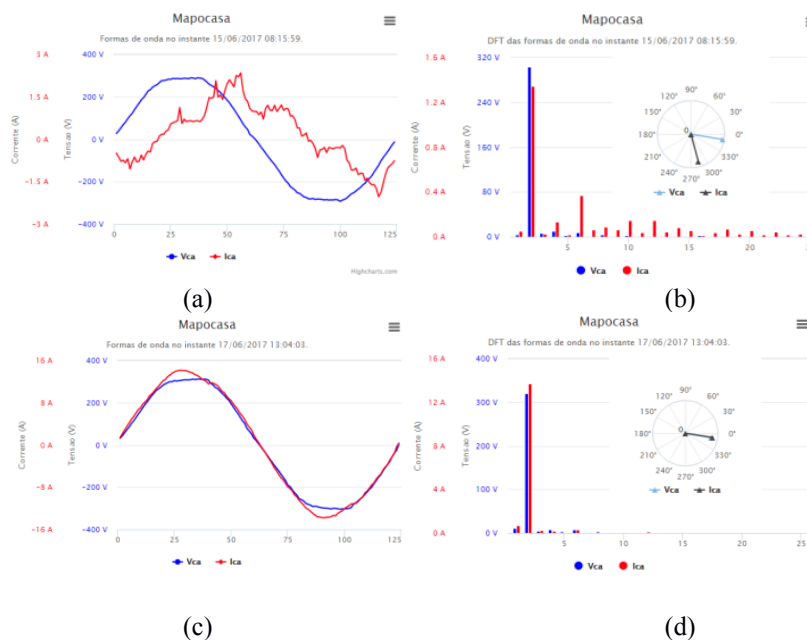


Figura 6 – Formas de onda e análise harmônica da tensão e corrente CA.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ferramenta de medição remota desenvolvida permite o acompanhamento quantitativo e qualitativo da geração FV em uma residência, e pode ser facilmente adaptado a outros tipos de equipamentos ou circuitos, ou mesmo a outras grandezas mensuráveis (fluxo de água, temperatura, etc.). Algumas necessidades foram identificadas e serão tratadas em breve, como a troca dos sensores de corrente por um novo formato, não-invasivo porém de iguais características. Os dias com leituras incompletas ou inexistentes devem-se à indisponibilidade momentânea de conexão com a Internet; para tratar esta questão, será adicionado um armazenamento temporário em cartão SD ao *hardware* de medição, para posterior sincronismo com o banco de dados no servidor remoto.

REFERÊNCIAS



ONU Brasil. **UIT: 3,7 bilhões de pessoas ainda não têm acesso à Internet no mundo** -. <https://nacoesunidas.org/uit-37-bilhoes-de-pessoas-ainda-nao-tem-acesso-a-internet-no-mundo/>
Acesso em 21/04/2017.

LINS, Theo. **Internet das Coisas: coletando dados**. Disponível em <http://www.decom.ufop.br/imobilis/iot-coletando-dados/> . Acesso em 21/04/2017.

EVANS, Dave. **The Internet of Things: How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything**. Disponível em http://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411FINAL.pdf . Acesso em 21/04/2017.