

Aplicação WEB para Monitoramento Online de Microgeração Elétrica via Modem WiFi utilizando Fontes Renováveis de Energia

Fausto Sampaio¹, Sandro C. S. Jucá¹, Renata I. S. Pereira²

¹ Departamento de Telemática – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)
CEP 61939-140 – Maracanaú, CE – Brasil

² Departamento de Engenharia Elétrica – Universidade Federal do Ceará (UFC)
Fortaleza, CE – Brasil

fausto.cefet@gmail.com, sandrojuca@ifce.edu.br, renata@dee.ufc.br

Abstract. *The present paper describes the development of a WEB application implemented with PHP and a WiFi acquisition system to send data to online monitoring server using free software, applied in decentralized microgeneration from renewable energy sources. The WiFi monitoring system was prepared using the RN-XV Wifly modem coupled to a microcontrolled based on SanUSB free tool. This online monitoring system was applied to a photovoltaic (PV) water pumping plant without batteries. Furthermore, the control system and communication with the online server is also autonomous and powered by PV panel. The application allows to analyze the stored data and charts via computational devices such as laptops, tablets and smartphones.*

Resumo. *O presente artigo descreve o desenvolvimento de uma aplicação WEB implementada com PHP e um sistema de aquisição e envio de dados WiFi para um servidor de monitoramento online utilizando software livre, aplicada em microgeração descentralizada a partir de fontes renováveis de energia. O sistema de monitoramento e envio de dados WiFi foi elaborado utilizando o modem Wifly RN-XV acoplado a uma placa microcontrolada baseada na ferramenta livre SanUSB. Este sistema de monitoramento online foi aplicado em uma planta de bombeamento fotovoltaico (FV) sem baterias. Além disso, o sistema de controle e comunicação com o servidor online também é autônomo e alimentado por painel FV. A aplicação permite analisar os dados armazenados e os gráficos através de dispositivos computacionais como notebooks, tablets e smartphones.*

1. Introdução

Com o surgimento da resolução normativa n. 482 da ANEEL (2012), que estabelece condições gerais para a microgeração de energia elétrica conectada na rede de distribuição por meio de unidades com potência instalada menor ou igual a 100 kW, torna-se ainda mais relevante o desenvolvimento de sistemas de monitoramento *online* para os processos de microgeração de energia elétrica baseados em fontes renováveis de energia.

Na realidade brasileira, os sistemas de aquisição de dados e de monitoramento *online* são encontrados principalmente em grandes centrais de geração elétrica, com monitoramento complexo e com custos relativamente elevados, inviabilizando a implantação em clientes domésticos e em outros clientes que se encontram dentro da

faixa de potência de microgeração estabelecida pela resolução da ANEEL (2012). Neste contexto, o presente artigo visa desenvolver técnicas eficientes de monitoramento *online* em *software* livre, sensoriamento e transmissão de dados via WiFi para auxiliar na difusão e na instalação de sistemas de microgeração elétrica em locais de elevado potencial de energia renovável no Brasil.

Em relação à comunicação com a Internet, Kurose e Ross (2003) lembram que até a década de 90, era usada, como ferramenta de troca de arquivos, notícias e mensagens eletrônicas por acadêmicos e universitários. Após a década de 90 a WWW (*World Wide Web*) entrou em cena, chamando a atenção dos usuários da rede e alterando a forma como as pessoas interagem. A Web oferece uma interface gráfica de fácil navegação. Os conteúdos da Web podem ser visualizados através de um *browser*, que verifica os arquivos e exibe os conteúdos armazenados no servidor, como é o caso da aplicação WEB para monitoramento *online* desenvolvida no presente projeto.

2. Envio de dados WiFi

O projeto proposto é baseado em uma placa de aquisição e envio de dados, com conexão WiFi, como ilustrado na Figura 1, que envia os dados monitorados para um servidor *online* programado em *software* livre e possibilita a depuração dos valores dos sensores através da emulação serial virtual via USB.

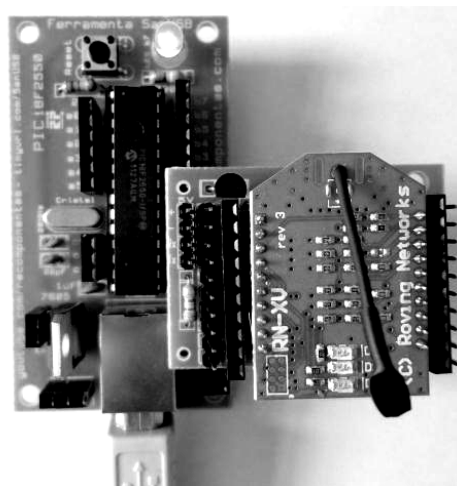


Figura 3. Placa de aquisição de dados e modem WiFi

A placa de aquisição de dados utilizada no presente projeto é baseada em uma ferramenta computacional de programação de microcontroladores via USB desenvolvida em *software* livre, executável nos sistemas operacionais Linux, Mac OSX e Windows® e disponível nos arquivos do Grupo SanUSB (2013). Esta ferramenta é composta por um gerenciador pré-programado no microcontrolador e uma interface gráfica utilizada no PC para gravar o novo *firmware* na memória de programa *flash* do microcontrolador via USB. Por se tratar de uma ferramenta em hardware e software livre e programada, diferentemente de outras ferramentas, em linguagem C padrão, oferece muitas vezes melhor desempenho, incentiva a criatividade, permite aplicações dedicadas e possibilita também localizar e corrigir erros de código mais rápido do que em softwares proprietários [Paulson et al., 2004]. A Figura 2 mostra o processo de programação da Ferramenta SanUSB.

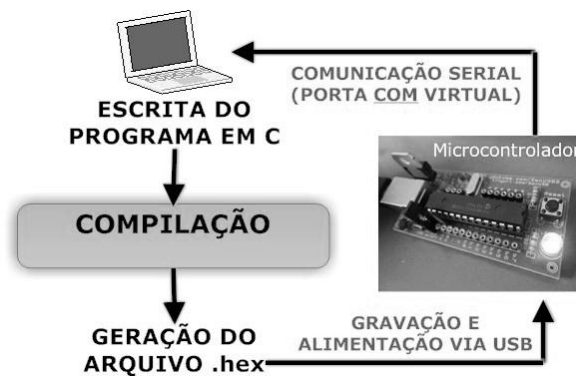


Figura 2. Processo de programação da Ferramenta SanUSB

3. Protocolo de comunicação via WiFi

O modem Wifly, ilustrado na Figura 3, integra o processo de monitoramento *online* via WiFi. Este modem é baseado no módulo RN-171 que é responsável pela conexão às redes sem fio. Utilizando este modem, são necessários apenas quatro pinos para alimentação de tensão e conexão WiFi com o microcontrolador [WiFi Alliance, 2012]. Além disso, este dispositivo possui uma antena independente, que aumenta o raio de ação e oferece sinais de transmissão mais fortes. Oferece também suporte aos protocolos mais comuns de comunicação, entre os quais TCP, UDP e FTP.

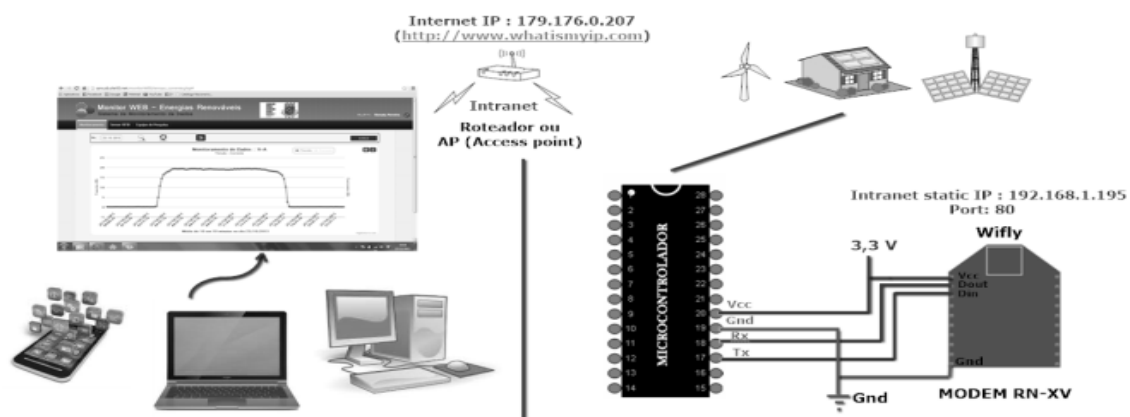


Figura 3. Ilustração do processo de monitoramento *online* via modem WiFi

4. Configuração proposta de monitoramento *online*

Neste item é descrito o processo de monitoramento *online* e os princípios de aquisição WiFi. No estudo de caso é utilizada uma planta de bombeamento FV sem baterias, em que o sistema de controle e comunicação com o servidor *online* também é autônomo e alimentado por painel FV. Neste caso, o envio de informações para o banco de dados *online* foi configurado com acesso remoto via WiFi, sem tarifação, diferentemente das aplicações que utilizam o protocolo 3G/GPRS disponibilizado pelas operadoras de telefonia móvel.

O banco de dados *online* pode ser consultado por qualquer dispositivo computacional, conectado à internet, por meio de senha de acesso. As consultas podem ser realizadas a qualquer momento com a atualização implementada a cada minuto. A Figura 4 ilustra o monitoramento *online* desenvolvido em duas etapas:

- Sensoriamento, condicionamento e transmissão de dados.
- Armazenamento no banco de dados de um servidor *online* e apresentação ao usuário.

A etapa 1 implementou a comunicação entre os sensores conectados à placa de aquisição de dados. Já a etapa 2, ou seja, a camada de apresentação ao usuário, foi desenvolvida em PHP com banco de dados em MySQL. Desta forma, é apresentada uma alternativa totalmente livre de monitoramento *online* aplicado às fontes renováveis de energia. A etapa 1, de sensoriamento, condicionamento e aquisição sem fio, lê os dados dos sensores a cada minuto e os armazena em uma memória EEPROM interna.

A cada dez minutos, é calculada a média de cada sensor e enviada para a etapa 2. É importante ressaltar que atuadores também podem ser conectados à placa permitindo controle de cargas WiFi através do servidor.

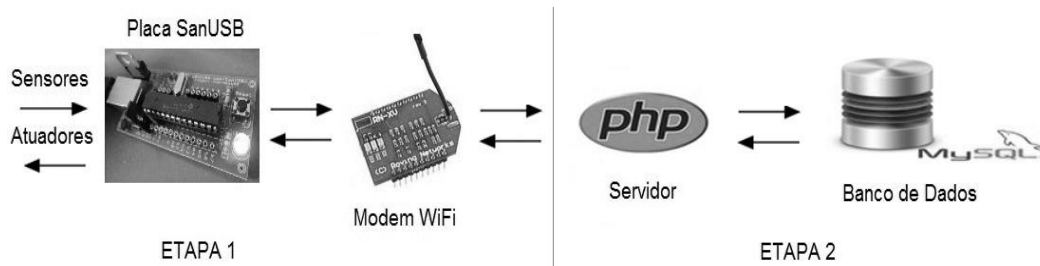


Figura 4. Etapas do sistema de monitoramento em software livre

No servidor, foi desenvolvida uma interface de comunicação com o sistema de aquisição, e outra, que funciona paralelamente para comunicação com o usuário. A primeira interface é responsável por receber os dados via HTTP, armazená-los no banco de dados e enviar uma confirmação à placa. Já a interface com o usuário fornece um *front-end* amigável que possibilita a visualização dos dados na forma de lista ou gráfico.

5. Descrição da planta de microgeração fotovoltaica (FV)

A planta de microgeração utilizada no estudo de caso está instalada no Laboratório de Energias Alternativas (LEA) da Universidade Federal do Ceará (UFC). Esta planta consiste em um sistema de bombeamento de água acionado por painéis FV. A aplicação WEB de monitoramento *online* e aquisição/envio de dados sem fio foi implementada no intuito de armazenar os valores de tensão e corrente dos painéis FV, pressão e vazão do conjunto motobomba (Figura 5), temperatura ambiente e radiação solar. Os dispositivos eletrônicos foram acondicionados em caixas plásticas para evitar a influência da variação térmica.



Figura 5. Motobomba CC

Em relação aos dados de tensão do painel FV, foi necessário desenvolver uma placa com circuito de condicionamento por divisão de tensão para adquirir os dados, pois os sinais ultrapassam o limite de tensão do conversor analógico-digital (AD) do microcontrolador. No caso da leitura de tensão, o painel FV utilizado, para as condições meteorológicas de Fortaleza-CE, em torno do meio dia, fornece um valor de tensão máximo em torno de 19 V.

6. Software livre de monitoramento *online*

O Monitor WEB é uma aplicação desenvolvida em um servidor *online* com a linguagem de programação PHP com as tecnologias HTML, Java Script e CSS em conjunto com uma base de dados estruturada no SGBD (Sistema de Gerenciamento de Bancos de Dados) MySQL no intuito de servir como visualização do monitoramento dos dados (sinais de sensores) oriundos de fontes renováveis de energia, enviados através de uma comunicação sem fio (GPRS ou WiFi). A Figura 6 mostra a tela de menu expandida, onde é selecionado o tipo de monitoramento a ser visualizado.

Para acessar o sistema de monitoramento, é necessário digitar o endereço: <http://sanusb.site50.net/monitorWEB/index.php> e em seguida é exibida a página de autenticação do sistema. A página contém um formulário de autenticação (usuário e senha) para que apenas os usuários previamente cadastrados tenham acesso ao sistema.



Figura 6. Tela de Menu expandida

Através do monitor WEB é possível consultar os dados armazenados no banco *online* através de *smartphones* ou PCs. Considerando que o padrão *Ethernet* é a solução mais utilizada atualmente em sistemas prioritários para interconectividade de redes, o custo de sistemas de monitoramento para microgeração em rede *wireless* com software livre tende a ser cada vez menor.

No item do menu “Monitoramento” (Figura 6) existem as aplicações a serem visualizadas, e para cada aplicação existem mais dois submenus: Gráfico e Logs, conforme ilustrado na Figura 7. Ao clicar no submenu “Gráfico” será gerado um gráfico com os valores dos sensores da aplicação que estão armazenados no banco de dados, como mostra a Figura 8.

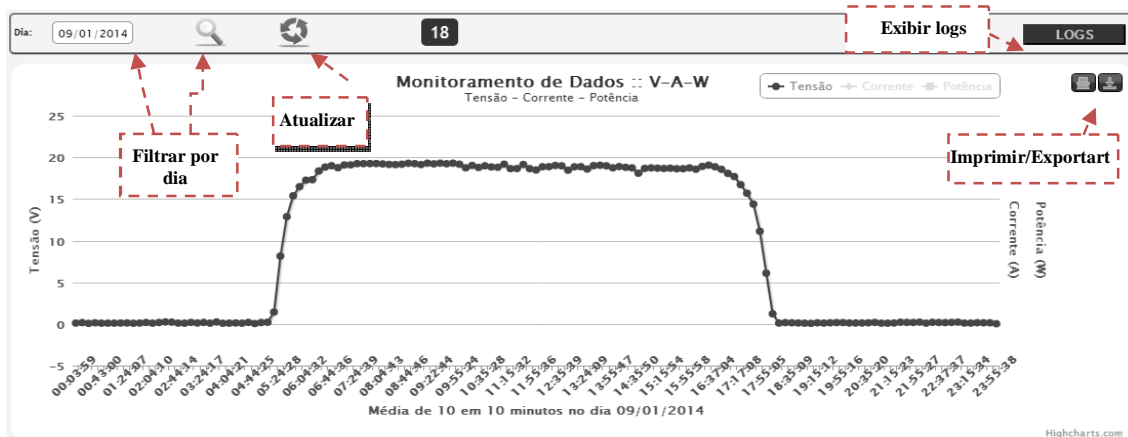


Figura 7. Gráfico utilizando a biblioteca Highcharts

Para geração dos gráficos foi utilizado o Highcharts (2014), que é uma biblioteca de gráficos escrita em Java Script. O gráfico reinicia automaticamente a cada 30 segundos. Caso haja a necessidade de reiniciar o gráfico antes dos 30 segundos, é preciso clicar no ícone de reiniciar destacado no gráfico da Figura 7.

Para exibir os valores dos sensores envolvidos na aplicação escolhida, de um determinado dia, é necessário informar ou selecionar uma data válida e depois clicar no ícone de uma lupa ao lado. Logo após, o gráfico será atualizado exibindo para cada ponto do gráfico um valor representativo da média calculada sobre os valores dos sensores em questão a cada 10 minutos.

No intuito de visualizar os *logs* correspondentes aos valores atuais exibidos no gráfico, é necessário clicar no botão “logs” destacado na Figura 8.

O sistema também disponibiliza a opção de imprimir ou exportar (PNG, JPEG, PDF e SVG) toda a estrutura do gráfico em exibição. Para isto é necessário clicar em um dos ícones destacados também na parte superior direita da Figura 7.

6.1. Gráficos da Aplicação WEB

Neste tópico serão apresentados os gráficos obtidos da aplicação WEB para monitoramento *online* referente aos dados de tensão, corrente e potência elétrica. O formato do gráfico de tensão do painel FV, permanece estável nos dias de sol pleno, apresentando um máximo de 19,3V ao meio dia e mantendo-se em torno de 19V de 06h da manhã até às 17h.

A corrente na bomba FV tende a acompanhar a radiação solar, chegando a um máximo de 3,7A às 12h, momento este em que há um pico de radiação. O gráfico de potência elétrica é obtido multiplicando-se os valores de tensão e de corrente elétrica do gerador FV. A potência mantém em torno de 70W, ou seja, se a tensão gerada é de 19,29V e a corrente é de 3,64A, tem-se que a potência é aproximadamente 70W. Na Figura 8 é possível visualizar os gráficos de tensão, corrente e potência elétrica em um dia de monitoramento.

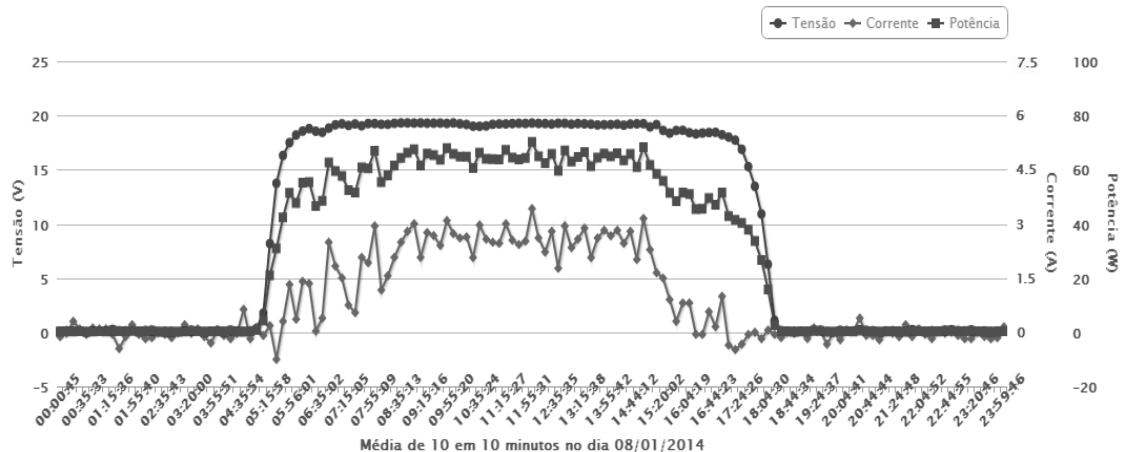


Figura 8. Gráfico de tensão, corrente e potência elétrica

A Figura 9 apresenta os valores de radiação solar e temperatura ambiente para um dia típico de sol pleno em Fortaleza-CE. Às 11h35min, a radiação solar apresentou uma medição de 607 W/m² conforme mostrado na Figura 9. Como esperado, a radiação aumenta a partir de 6h, gradativamente, até o máximo ao meio dia e decresce até as 17h, onde há pouca radiação solar sobre o painel FV.

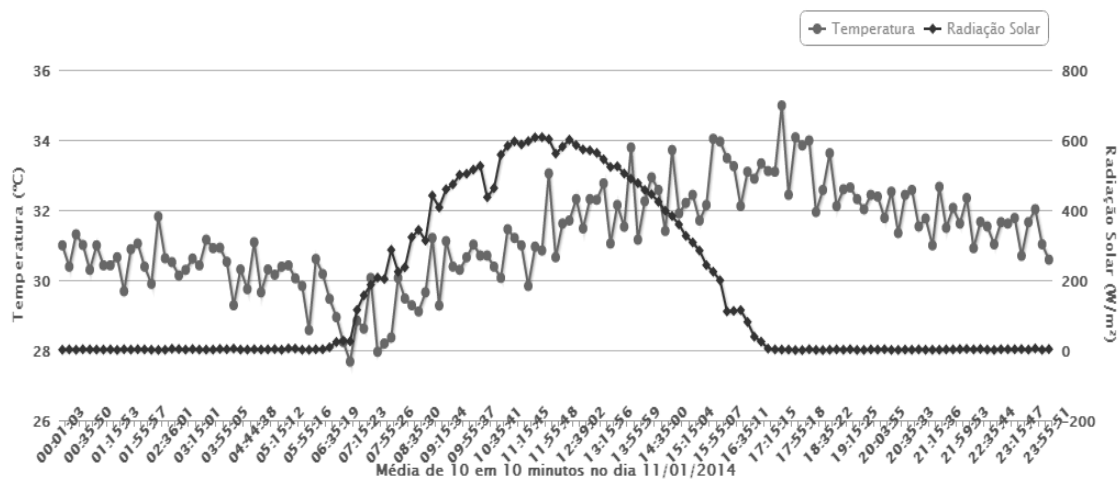


Figura 9. Gráfico de temperatura e radiação solar ambiente

Quanto à temperatura ambiente, onde está instalado o sistema de bombeamento FV, o valor de temperatura variou de 28°C até o máximo de 35°C às 17h30min.

A temperatura ambiente apresenta o valor máximo algumas horas após os maiores índices de radiação, devido ao acúmulo de calor no ambiente.

7. Considerações finais

Como os recursos financeiros dos países em desenvolvimento são geralmente limitados, as soluções dedicadas para monitoramento e identificação dos recursos energéticos locais e para o monitoramento em tempo real de plantas descentralizadas que utilizam fontes renováveis de energia podem contribuir para uma política de descentralização da geração de energia elétrica nestes países.

O presente artigo apresentou uma proposta de sistema de aquisição de dados sem fio, supervisão online aplicados à microgeração descentralizada de energia elétrica a partir de fontes renováveis de energia.

O sistema desenvolvido de monitoramento WEB e aquisição de dados de uma planta de microgeração mostrou-se eficaz devido à possibilidade de consulta *online* e em tempo real da operação da planta de microgeração elétrica, apresentando um comportamento de acordo com o projeto.

A utilização de ferramentas baseadas em softwares livres para sistemas de monitoramento *online*, aplicadas em microgeração, permite maior interação e acessibilidade aos usuários em geral.

O modelo WiFi de monitoramento *online* e aquisição/envio de dados proposto pode ser expandido para registrar dados de outros tipos de sensores analógicos ou digitais, bem como para outros tipos de aplicações utilizando fontes renováveis de energia.

Referências

- ANEEL (2012) “Resolução nº 482, de 17 de abril de 2012”, <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>, Abril.
- Grupo SanUSB (2013) “Ferramenta SanUSB”, <http://www.tinyurl.com/SanUSB>, Abril.
- Paulson, J.W., Succi, G., Eberlein, A. (2004) “An empirical study of open-source and closed-source software products”, IEEE Transactions on Software Engineering, 30, 246-256.
- Kurose, J. and Ross, K. (2003) “Redes de computadores e a internet: uma nova abordagem”, 1ª ed. São Paulo: Addison Wesley. 548 p.
- WiFi Alliance (2012) “The How and Why of Wi-Fi”, <https://www.wifi.org/knowledge-center/articles/how-and-why-wi-fi>, Outubro.
- Highcharts (2014) “API Reference”, <http://www.highcharts.com/products/highcharts>, Janeiro.