

## PROJETO E MONTAGEM DE UMA BANCADA DIDÁTICA DE FONTES RENOVÁVEIS

Vitoria Borges Santana <sup>1</sup>  
Gerônimo Barbosa Alexandre <sup>2</sup>

### INTRODUÇÃO

A produção de energia elétrica através do vento e da radiação solar são promessas para o futuro da matriz energética brasileira. O Nordeste Brasileiro é a região com maior potencial para a implantação de parques eólicos e usinas fotovoltaicas, pois apresenta sol abundante durante o dia e rajadas de vento durante a noite. Com investimentos adequados, principalmente em pesquisas, o custo de geração da energia elétrica proveniente de fontes alternativas pode diminuir, já que o custo é o fator principal de desvantagem das energias renováveis frente às fontes de energias tradicionais (hidráulica e termelétrica).

A área de energia híbrida (solar + eólica) é fundamental em diversos cursos de Engenharia apesar da pouca discussão a seu respeito em sala de aula, outro fato que torna o processo de ensino-aprendizagem das energias renováveis nos cursos de graduação é o custo das bancadas didáticas comerciais (em média de 80 mil reais) e as dificuldades enfrentadas pelos docentes na elaboração de experimentos didáticos a baixo custo.

Neste contexto, o trabalho tem como finalidade principal projetar e construir uma bancada didática a baixo custo integrando energia fotovoltaica e eólica para auxiliar os discentes dos curso da área da Engenharia Elétrica e também de outros cursos do Instituto Federal de Pernambuco – Campus Garanhuns. Após a construção da bancada foi possível realizar aulas práticas, a coleta de dados experimentais da produção de energia elétrica, comparação dos dados teóricos de geração com os dados experimentais, estudos dos ventos no município de Garanhuns, treinamento das tecnologias envolvidas para a comunidade acadêmica e a difusão das fontes renováveis de energia no Agreste Pernambucano por meio de treinamentos a comunidade externa. Além de promover a discussão sobre energia híbrida no Agreste Meridional Pernambucano, a bancada híbrida confeccionada serve como auxílio para o desenvolvimento de projetos de pesquisa e trabalhos de conclusão de curso e suporte para aulas experimentais na Graduação em Engenharia Elétrica do Campus.

O diferencial do trabalho está em: (1) supervisão remota de dados; (2) baixo custo; (3) baixo consumo de energia pelos componentes utilizados no protótipo; (4) caráter didático.

### MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados para a montagem da bancada didática foram escolhidos com o intuito do produto final apresentar baixo custo quando comparado com kits e / ou bancadas comerciais, a exemplo da placa UNO R3, que é um microcontrolador de baixo custo (em média 54,00 R\$), apresenta plataforma *Open Source*, rica literatura na área (fácil de encontrar

<sup>1</sup> Graduanda do Curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Pernambuco – Campus Garanhuns, vbs@discente.ifpe.edu.br;

<sup>2</sup> Professor Orientador: Mestre em Engenharia de Automação e Controle, Instituto Federal de Pernambuco – Campus Garanhuns, geronimo.alexandre@garanhuns.ifpe.edu.br.

na rede mundial de computadores) e compatibilidade com os mais diversos sensores, incluindo os necessários para a bancada. No geral, os materiais com valor mais elevado, foram os geradores de energia (fotovoltaica e eólica) e as baterias estacionárias.

## 2.1 Materiais

Os materiais utilizados para a montagem da bancada didática e seus respectivos valores foram os seguintes:

- Aerogerador 0.3/0.6kW (1) no valor de R\$ 1000,00;
  - Conversor / Charge Controller of Wind Generator SF-12-24-A (1) no valor de R\$ 65,00;
  - Painéis Solares 150W / Yingly YL250P-29b (2) no valor de R\$ 600,00 cada unidade;
  - Controlador de carga – solar / PWM Solar Charge Controller GT285 (1) no valor de R\$ 70,00;
  - Baterias estacionárias – 12V-220Ah / Moura Clean 12MF220 (2) no valor de R\$ 850,00 cada unidade;
  - Bateria de moto 12V-5Ah / GTI GTX 5BS (1) no valor de R\$ 90,00;
  - Protoboard para montagem (1) no valor de R\$ 10,00;
  - Sensores / LM35 (temperatura) e ACS 712 (corrente) no valor de R\$ 8,00 e R\$ 25,00 respectivamente;
  - Arduino UNO (1) no valor de R\$ 54,00;
  - Controlador de carga – aerogerador / PMW Solar Charge Controller LS1024E (1) no valor de R\$ 80,00;
  - Lâmpada 60W (1) no valor de R\$ 10,00;
  - Disjuntor / UNIC PIAL (2) no valor de R\$ 10,00 cada unidade;
  - Softwares (Arduino IDE, AutoCAD versão estudante, Sketchup).
- Totalizando um valor de R\$ 4.318,00 para confecção da bancada didática de geração híbrida.

## 2.2 Métodos

A metodologia utilizada consistiu nas seguintes etapas: (A) dimensionamento do arranjo híbrido (desenhos e esquemas elétricos, lista de execução do tipo DE-PARA, lista de materiais); (B) compra dos equipamentos; (C) montagem física do arranjo híbrido e instalação do sistema de proteção; (D) construção e validação do sistema de medição, aquisição e armazenamento de dados; (E) projeto e validação do sistema de supervisão local; (F) projeto e validação do sistema de supervisão remota.

A montagem foi implementada com a utilização de um aerogerador de pequeno porte que possuem cinco pás, capaz de produzir uma potência de 0,3/0,6 kW e uma placa solar de 265 Wp da marca Canadian. O aerogerador foi interligado a um conversor CA-CC, pois a tensão produzida é variante no tempo devido à instabilidade da velocidade do vento, possibilitando uma saída com tensão em CC variante.

Após foi inserido um controlador de carga para regular/fixar em 12 VCC a tensão fornecida à bateria de moto, já a placa solar está ligada a um controlador de cargas 24 VCC/20A, associado a este estão duas baterias estacionárias 12VCC em série, conectado ao banco de baterias está o sistema de proteção composto por fusíveis e diodos, em paralelo com cada bateria foi instalado um conversor CC-CA para alimentar cargas monofásicas. Entre os controladores e as baterias estacionárias foi projetado um circuito de comando via botoeira para associação das fontes, podendo inseri-las em série ou em paralelo. O circuito de

comando foi composto por uma contactora 220 VCA com dois contatos (um NF e um NA), e um botão para comandar a associação em série ou paralelo das fontes distribuídas.

Os geradores foram instalados na laje do banheiro dos servidores distando de 4,5 m do solo (3,5 m do pé direito da edificação e 1,0 m da base de sustentação), e 10 m de distância da sala de supervisão, cada aerogerador forneceu 12/24V com uma potência de 300/600W. Para ligação elétrica entre os equipamentos foram utilizados 40 m de cabo flexível 2,5 mm<sup>2</sup> azul, já para proteção foi utilizado um disjuntor de 32A monopolar.

Para o monitoramento das grandezas físicas do sistema, foi desenvolvida uma plataforma de aquisição de dados, inserindo medidores em pontos estratégicos da planta didática. As grandezas mensuradas foram monitoradas localmente pelo supervisório desenvolvido no software Elipse SCADA Versão DEMO e enviadas via Wi-fi para o monitoramento remoto no ThingSpeak.

A instrumentação utilizada foi um sensor de corrente alternada (SCT-013 da marca YHDC), um sensor de umidade e temperatura (DHT22), um sensor de temperatura e pressão (BMP180), um anemômetro fixo com sensor e cabo para o microcontrolador, um sensor/indicador de direção do vento com cabo para o microcontrolador e um pluviômetro automático com conexão com o microcontrolador.

A linguagem C é utilizada para programação da IDE Arduino, a ligação física da placa UNO R3 com o computador é feita por meio de um cabo de comunicação serial (RS232). O software Elipse SCADA DEMO foi instalado no mesmo computador que está funcionando a IDE Arduino, desta forma os dois softwares acessam a mesma porta de comunicação serial, impossibilitando o uso simultâneo do Serial Monitor e da tela de supervisão do SCADA.

O sistema de medição e supervisão de dados medidos na planta de geração eólica é composto de duas partes: o hardware e o software. O hardware é composto pelos sensores espalhados na planta didática e o microcontrolador. Já a parte de software é constituída do supervisório local, do servidor Web, do aplicativo para dispositivos móveis e do gerenciador do banco de dados MySQL. A comunicação com a nuvem na chamada internet das coisas foi implementado usando protocolo HTTPS usando o microcontrolador ESP32 e a ferramenta ThingSpeak.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No trabalho de MARTINELLO (2015) é apresentado um emulador da turbina eólica em bancada experimental com supervisão de grandezas aerodinâmicas e mecânicas da turbina por meio de placa de aquisição de custo elevado e o uso do software LabView (software pago), no trabalho de AZEVEDO E COELHO (2014) é apresentado um sistema supervisório para monitoramento de grandezas elétricas e mecânicas em uma turbina para fins comerciais. No presente trabalho é apresentado um sistema de supervisão de baixo custo, com uso de tecnologias gratuita e de código aberto (Arduino, ESP32, software livre - ThinkSpeak) para o monitoramento das grandezas elétricas e físicas de cada turbina. Outro diferencial do trabalho é o arranjo completo de geração composto por um aerogerador e uma placa solar (dois geradores distribuídos) com supervisão de dados de todas os geradores, diferentes dos trabalhos de MARTINELLO (2015), ALMEIDA (2011), AMINANA e PENEREIRO (2013), JÚNIOR (2014) e TIBOLA (2009) onde a supervisão de dados se concentra em apenas uma turbina e com número limitado de variáveis monitoradas (apenas grandezas elétricas e/ ou mecânicas).

Vale salientar que os trabalhos na literatura focam no uso de uma única fonte de energia, neste Trabalho a discussão e acompanhamento da produção do sistema de geração de energia híbrida.

Um ponto forte da confecção da bancada didática híbrida está no baixo custo, quando comparada com kits didáticos comerciais, por exemplo o kit didático de energia solar/eólica da Automatus, custa em torno de 80 mil reais. A montagem da plataforma didática de geração resultou em um custo de R\$4.318,00, cerca de 5% do valor de uma bancada comercial.

Uma contribuição do Trabalho está na elaboração de material didático versando sobre experimentos na plataforma didática construída, todos os guias encontra-se na página eletrônica do Orientador e será distribuído nos principais sites de troca de material acadêmico do Brasil (divulgação gratuita na internet).

Com o uso da plataforma didática foi possível a realização de diversos experimentos sobre energia solar fotovoltaica, energia eólica e energia híbrida, dessa forma integrando todo o processo de aprendizado teórico ao prático. Ao todo, foram desenvolvidos oito guias de experimentos com a bancada, a saber: (A) Estudo do efeito fotovoltaico; (B) Estudo do controlador de carga com painel solar; (C) Dimensionamento de cargas para um painel fotovoltaico; (D) Levantamento da curva de geração de uma turbina eólica de pequeno porte; (E) Estudo do controlador de carga com o aerogerador; (F) Dimensionamento de cargas para o aerogerador; (G) Dimensionamento de cargas para geração híbrida; (H) monitoramento local e remoto de variáveis climáticas e elétricas.

Os guias montados têm a seguinte estrutura: (1) Descrição; (2) Objetivo; (3) Materiais utilizados; (4) Conhecimento prévio necessário; (5) Roteiro do experimento; (6) Anexos (tabelas e questionário pós experimento).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por este trabalho pode-se chegar às seguintes conclusões:

Que o monitoramento das variáveis de decisão da geração híbrida em tempo real via a plataforma de hardware microcontrolado open source (temperatura, tensão, corrente, umidade, velocidade e direção do vento) atingiu boa confiabilidade dos dados mensurados, baixo consumo energético e mínimo atraso entre a leitura e a exibição na tela de monitoramento;

Que a interface para o usuário (telas de monitoramento) é simples e de fácil acesso, requerendo apenas um celular com conexão internet;

Que o posicionamento dos sensores foi estratégico contribuindo para uma transmissão de dados eficiente, apresentando atrasos na comunicação de microssegundos.

Devido à dificuldade dos alunos na disciplina de Instrumentação Industrial propõe-se a utilização deste material em aulas práticas.

Como trabalho futuros sugere-se: monitoramento em tempo real da curva de geração diária, avaliação dos parâmetros mecânicos e aerodinâmicos de cada turbina eólica com envio de mensagens para o chefe da manutenção da planta de geração diariamente; monitoramento da carga/descarga das baterias.

**Palavras-chave:** Experimentos, geração híbrida, plataforma didática, supervisão de dados.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. T. P.; SILVA, M. M. Desenvolvimento e montagem de um gerador eólico com pás compósitas. 84f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica). Universidade de Brasília. Brasília, 2011.

ALMINANA, C. C.; PENEREIRO, J. C. Montagem e testes de uma turbina eólica de pequeno porte. In: Congresso de Iniciação Científica da PUC-Campinas, vol. 13, Anais, Campinas, 2013, 10p.

ARDUINO. Download the Arduino IDE. 2014. 2p. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/main/software>. Acesso em: 28/10/2019.

AZEVEDO, A. L. G.; COELHO, T. F. L. Projeto e implementação de sistema supervisorio para gerador eólico. 59f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Automação Industrial). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

JÚNIOR, E. A Estratégias de conversor para interligação de sistemas de geração eólica à rede elétrica. 101f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica e Computação). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2014.

MATINELLO, D. Sistema de emulação de aerogeradores para aplicações em geração distribuída de energia elétrica. 117f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2015.

TIBOLA, G. Sistema eólico de pequeno porte para geração de energia elétrica com rastreamento de máxima potência. 285f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2009.