

PROJETO DE UM SISTEMA DIDÁTICO DE GERAÇÃO DE ENERGIA HÍBRIDA

GERONIMO BARBOSA ALEXANDRE¹

¹M.Sc. Professor EBTT, IFPB, Cajazeiras-PB, geronimo.alexandre@ifpb.edu.br;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
04 a 06 de outubro de 2022

RESUMO: Esse trabalho objetivou demonstrar o planejamento e o dimensionamento de uma bancada que demonstre as propriedades das fontes elétricas renováveis solar (fotovoltaica) e eólica, de forma didática a fim de que seja plataforma de experimentos laboratoriais na disciplina de Fontes Renováveis nos cursos de engenharia do IFPB-Cajazeiras. O protótipo é formado por quatro partes: (1) a geração fotovoltaica off-grid, (2) a geração eólica, (3) o sistema de bombeamento e (4) o sistema de gestão da produção e consumo energético. Fora projetado a parte elétrica de cada subsistema, baseado na NBR5410 e nas prescrições de segurança ao usuário. Os diagramas elétricos, a lista de materiais e o orçamento são apresentados, este foram pensados no menor preço, mantendo a qualidade. O diferencial do produto está no baixo custo, quando comparado com bancadas comerciais e na replicabilidade por outras instituições de ensino, sendo uma ferramenta fundamental no processo de ensino-aprendizagem.

PALAVRAS-CHAVE: Protótipo didático, geração de energia, dimensionamento.

DESIGN OF A HYBRID POWER GENERATION DIDACTIC SYSTEM

ABSTRACT: This paper aimed to demonstrate the planning and sizing of a bench that demonstrates the properties of photovoltaic array and wind renewable electrical sources, in a didactic way in order to be a platform for laboratory experiments in the discipline of Renewable Sources in engineering courses at IFPB -Cajazeiras. The prototype consists of four parts: (1) the off-grid photovoltaic generation, (2) the wind generation, (3) the pumping system and (4) the energy production and consumption management system. The electrical part of each subsystem had been designed, based on NBR5410 and user safety requirements. The electrical diagrams, the list of materials and the budget are presented, this was thought of at the lowest price, maintaining quality. The product's differential is its low cost, when compared to commercial benches and its replicability by other educational institutions, being a fundamental tool in the teaching-learning process.

KEYWORDS: Didactic prototype, power generation, sizing.

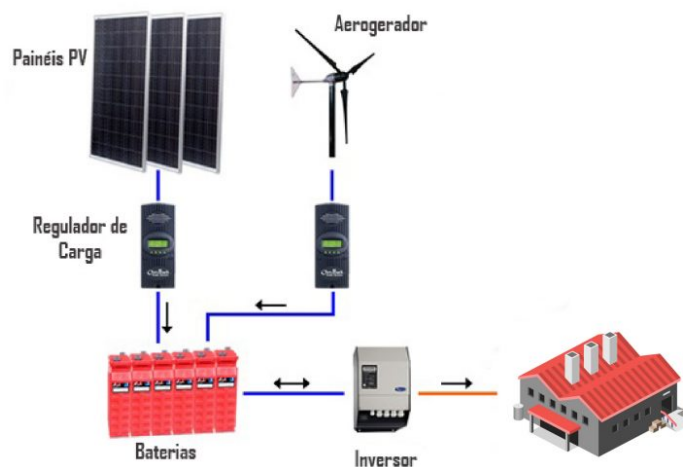
INTRODUÇÃO

Um sistema de geração híbrida é a combinação de duas ou mais fontes energéticas trabalhando de maneira combinada, uma complementando as outras, garantindo o fornecimento contínuo de energia, aprimorando a confiabilidade do sistema de energia e a redução do custo da energia gerada.

O sistema eólico-solar se completa ao longo do dia, o perfil da radiação solar obedece a uma curva gaussiana (NETO, *et al*, 2019), iniciando em valores baixos no início da manhã, atingindo o seu pico ao meio-dia e diminuindo até o entardecer. Nos momentos de baixa ou inexistência de radiação, o gerador eólico age como complemento ao sistema. Em especial no sertão Paraibano, temos ótimos índices de radiação solar durante o dia e ótimas rajadas de vento durante a noite em especial na madrugada.

Os sistemas híbridos (Figura 1) fornecem um alto nível de segurança energética por meio da combinação de métodos de geração e podem incorporar um sistema de armazenamento (bateria e célula de combustível) ou um pequeno gerador alimentado por combustível fóssil para garantir a segurança máxima e cumprimento do fornecimento (TECNOVERITAS, 2018).

Figura 1. Sistema de geração de solar-eólico.



No Trabalho de RODRIGUES (2014) é apresentado uma bancada híbrida eólica/solar com um sistema de supervisão local feita usando o MATLAB App Designer da MathWorks, contudo não há o monitoramento remoto da geração do arranjo e não há medições das variáveis físicas.

Em 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 & COELHO (2014) é apresentado um sistema supervisorio para monitoramento de grandezas elétricas e mecânicas em uma turbina para fins comerciais.

Em ALEXANDRE, *et al* (2019) é apresentado um sistema de supervisão local da produção energética de uma planta de geração eólica usando o Eclipse SCADA DEMO e a plataforma ThingSpeak da MathWorks que usa conceitos de internet das coisas com canal web de supervisão remota. Contudo não há um sistema de banco de dados interagindo com o website.

Em VIERA, *et al* (2020) é apresentado um sistema híbrido eólica/solar com supervisão usando um canal web na plataforma ThingSpeak, um diferencial deste trabalho foi a confecção de guias de experimentos e o uso da bancada numa turma do curso de engenharia elétrica.

Neste cenário o objetivo do trabalho é apresentar o projeto de um sistema didático de geração solar-eólica para estudos da qualidade da energia e automação da planta. O produto é uma ferramenta didática que será usada na realização de aulas práticas nos cursos técnicos e de graduação, projetos de pesquisa / extensão e capacitação da comunidade do IFPB Campus Cajazeiras.

MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente foi feita a revisão bibliográfica nas seguintes plataformas acadêmicas: IEEE Explorer Digital Library, ScienceDirect, Researchgate, Periódico Capes e Google Acadêmico, dessa pesquisa foram escolhidos alguns artigos que serviram de base do projeto (VIERA, *et al*, 2020), (ALEXANDRE, *et al*, 2014) e (RODRIGUES, 2014). Desta forma o trabalho trata-se de uma pesquisa quali-quantitativa com apresentação de um produto.

Em seguida foi elaborado os desenhos 2D e 3D do protótipo, bem como a lista de material com o respectivo orçamento. Na sequência foram realizadas pesquisas de mercado para busca do menor, mantendo a qualidade do produto, e respectiva compra dos materiais.

A bancada didática proposta é composta de três partes: (1) a geração fotovoltaica off-grid, (2) a geração eólica, (3) o sistema de bombeamento e (4) o sistema de medição, comando e supervisão das bombas e da produção de energia. Logo o sistema tem como principais componentes: 2 painéis solares de 150W, um aerogerador de 600W, duas baterias estacionárias 12V/70Ah, uma bomba CA monofásica de 0,5 CV, uma bomba shurflo 12Vcc, um inversor onda senoidal pura 24/220V/2,0kW, diversas cargas resistivas, indutivas e capacitivas.

Os materiais utilizados para confecção do protótipo experimental estão dispostos na Tabela 1. O custo total do protótipo foi baixo (R\$ 10.168,00) quando comparado a uma bancada didática comercial similar (R\$ 80.000,00).

Tabela 1. Lista de materiais e orçamento da bancada didática.

Material	Unidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)
Kit geração eólica *	1	2500,00	2.500,00
Kit geração solar **	1	800,00	850,00
Bateria estacionária 12V-70Ah	2	600,00	1.200,00
Bomba Shurflo 12Vcc	1	1.000,00	1.000,00
Bomba centrífuga monofásica 0,5 CV	1	641,00	641,00
Inversor onda senoidal pura 24/220V/2,0kW	1	1.900,00	1.900,00
Sensor temperatura DS18B20	2	17,00	34,00
Sensor de corrente ACS 712	2	25,00	50,00
Sensor de tensão AC	2	25,00	50,00
Sensor de tensão DC	2	13,00	26,00
Lâmpadas LED 30W	4	10,00	40,00
Kit proteção***	1	150,00	150,00
10 Conectores Mc4	1	90,00	90,00
Plafon Sobrepor Redondo	4	5,00	20,00
Anemômetro Arduino	1	312,00	312,00
Hidrômetro	1	doação	0,00
Arduino Mega com Wi-fi Embutido Esp8266	1	305,00	305,00
****Total: R\$ 10.168,00			

*Kit geração eólica, composto por um aerogerador 0,6kW, Charge Controller of Wind Generator 12/24V.

**Kit geração solar, composto por duas placas de 150W cada, um controlador de carga 24V/30A.

***Kit proteção, disjuntor monofásico, DPS, quadro elétrico.

****Cotação feita em 31/08/2022.

O planejamento da bancada de trabalho foi feito de forma a ter uma melhor distribuição dos componentes para a análise da tensão e corrente do circuito. Desta forma a bancada pode ser dividida em componentes estruturais e componentes elétricos, sendo idealizada para demonstrar os modos de operação e conexão de um sistema híbrido de geração de energia elétricos, além de mostrar determinados parâmetros elétricos do sistema.

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 supervisor desenvolvido no software Elipse SCADA Versão DEMO e enviadas via wi-fi para o monitoramento remoto no ThingSpeak, como também pelo canal web disponibilizado pelo fabricante do inversor, este canal foi configurado pelos projetistas.

A instrumentação utilizada foi: dois sensores de temperatura para aferir a temperatura na superfície das placas; sensor de corrente AC e sensor de tensão AC para medir a corrente e tensão de saída do inversor, dois sensores de tensão DC para medir a tensão gerada pelo arranjo solar-eólico, um anemômetro fixo, um sensor/indicador de direção do vento com cabo para 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 aquisição de dados e processamento foi idealizado e construído com base na plataforma Arduino, utilizando-se o microcontrolador ATMEGA328P do fabricante ATMEL. Foi confeccionada uma placa de circuito impresso (PCI) com o objetivo de embarcar o microcontrolador e os sensores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o planejamento, a elaboração da lista de material e orçamento, foi feito o dimensionamento elétrico da planta de geração didática. Nas Figuras 2 e 3 são ilustrados os diagramas elétricos e o esquemático 3D da bancada didática respectivamente.

Figura 2. Descrição do sistema de micro geração didático.

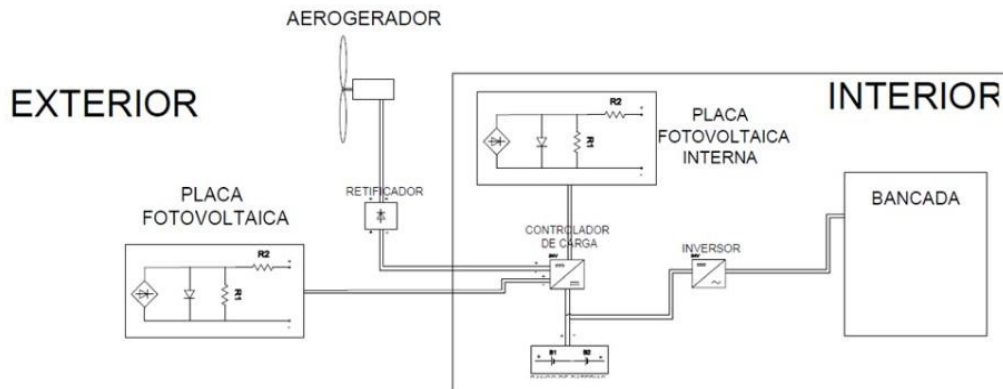


Figura 3. Projeto estrutural da bancada feito no SketchUp.

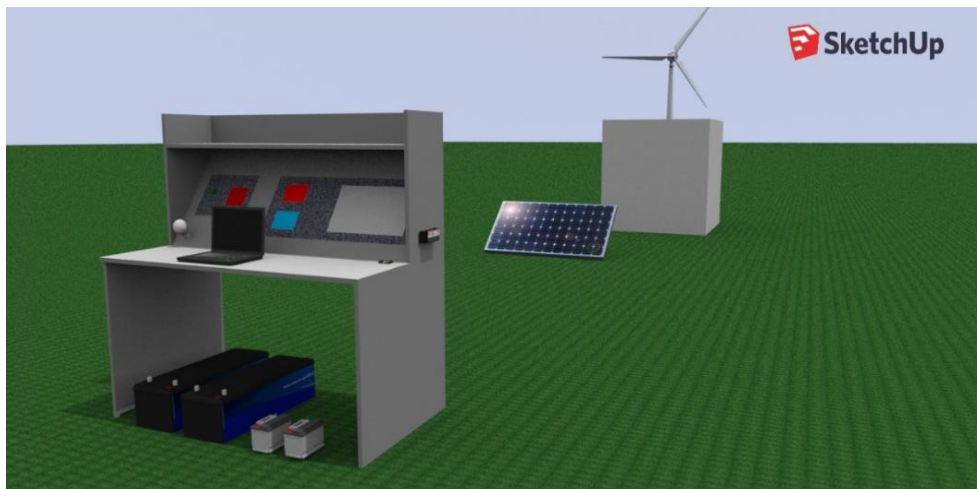
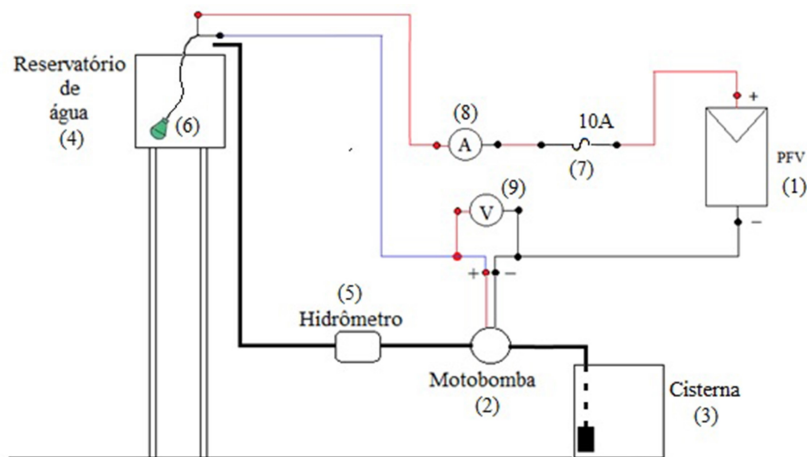


Figura 4. Esquemático do sistema de bombeamento.



Fonte: Pereira e Mendes, 2019.

A Figura 4 ilustra o sistema de bombeamento usando a bomba CC, usando um controle de nível automático por boia, havendo medição da vazão fornecida pela bomba.

Todo o dimensionamento elétrico foi elaborado respeitando a NBR 5410 e as prescrições de segurança. A ideia da bancada é que o aluno faça todas as ligações elétricas propostas nos subsistemas (solar, eólica e bombeamento). Contudo o aluno aprende a parte de programação e desenvolvimento de interface para a supervisão da geração, bem como mapeamento do recurso energético.

CONCLUSÃO

Esse trabalho propôs o planejamento e o dimensionamento de uma bancada didática de geração híbrida com o intuito de ser uma ferramenta de apoio no processo de ensino-aprendizagem na grade curricular do curso de engenharia de controle do IFPB Campus Cajazeiras em especial na disciplina de Fontes Renováveis, onde os alunos terão como colocar em prática os conceitos aprendidos na teoria em sala de aula.

O diferencial do Trabalho está no custo do produto, apresentando custo inferior (R\$ 10.168,00) as bancadas comerciais (R\$ 10.000,00).

Como trabalhos futuros sugere-se: (a) Montagem e validação da planta de geração; (b) avaliação dos parâmetros mecânicos e aerodinâmicos da turbina eólica, (c) monitoramento do recurso energético, (d) monitoramento da carga/descarga das baterias e (e) monitoramento da curva de geração diária.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal da Paraíba Campus Cajazeiras.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDRE, *et al.* Sistema eólico isolado de pequeno porte: montagem e supervisão de dados. In: Caderno de Pesquisa, Ciência e Inovação. v.2, n.2, Campina Grande, editora EPGRAF, 2019. Cap. 5, p. 50-59.
- 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.
- 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.
- NETO, *et al.* Modelo matemático para estimação de irradiação solar incidente. *Anais. Congresso Técnico-Científico da Engenharia e da Agronomia (CONTECC 2019)*, Palmas/TO, 2019.

RODRIGUES, P. R. *Projeto de bancada didática experimental para uso de energia solar e eólica*. 101f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Energia). Universidade de Brasília. Brasília -DF, 2014.

TECNOVERITAS. *Sistemas híbridos aplicados na indústria*. Acesso em: 22/02/2022. Disponível em: <https://www.tecnoveritas.net/pt/multimedia/newsletters-pt/industria/sistemas-hibridos-industria/>

VIEIRA, E. F. L., *et al.* Projeto e montagem de uma bancada didática híbrida, eólica e solar. *Anais*. VIII Congresso Brasileiro de Energia Solar. Fortaleza – CE, 2020.