

AVALIAÇÃO ENERGÉTICA DA INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA UTILIZANDO O POTENCIAL SOLAR TÉRMICO E EÓLICO

MATHEUS VILELA NOVAES¹ e FRANKLIN DELANO PORTO JÚNIOR²

¹Graduando em Engenharia Elétrica, IFBA, Vitória da Conquista-BA, matheusvilelanovaes22@gmail.com;

²Dr. em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Prof. Titular, CELME, IFBA, Vitória da Conquista-BA, franklin@ifba.edu.br

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
Palmas/TO – Brasil
17 a 19 de setembro de 2019

RESUMO: O chuveiro elétrico é considerado um dos grandes responsáveis pelo consumo de energia elétrica residencial, porém a necessidade de se obter água aquecida faz parte da vida do consumidor. Logo, torna-se cada vez mais necessário, o emprego de alternativas sustentáveis para suprimento desta demanda e diversificação da matriz energética. Sob este contexto, nasce a proposta deste trabalho, o qual apresenta o estudo da viabilidade energética de implantação de um sistema de aquecimento de água utilizando o potencial solar térmico com complementaridade do potencial eólico no IFBA campus Vitória da Conquista. A comparação e avaliação entre os métodos terão como foco as características climáticas do sudoeste da Bahia. Para a elaboração deste trabalho, foi necessária o levantamento dos potenciais solar e eólico no sudoeste da Bahia, no local de estudo. A partir disso foi possível estimar o quanto cada fonte seria capaz de gerar mensalmente em média, cujos resultados foram confrontados com a necessidade mínima de energia exigida para suprir tal atividade, evidenciando com clareza a contribuição de cada uma das fontes. Estima-se, portanto, alcançar diagnósticos motivadores para uso de sistemas híbridos constituídos por coletor solar e aerogerador. Além disso, objetiva-se estudar sistemas complementares de obtenção de energia na instituição, iniciando a difusão de técnicas e conhecimentos da utilização em conjunto de diferentes fontes de energia.

PALAVRAS-CHAVE: Energia solar térmica. Energia eólica. Sistema híbrido. Viabilidade energética.

ENERGY EVALUATION OF THE INSTALLATION OF A WATER HEATING SYSTEM USING SOLAR THERMAL AND WIND POTENTIAL

ABSTRACT: The electric shower is considered one of the main responsible for the consumption of residential electrical energy, however the need to obtain heated water is part of the life of the consumer. Therefore, the use of sustainable alternatives to supply this demand and diversification of the energy matrix becomes more and more necessary. In this context, the proposal of this work is born, which presents the study of the energy viability of the implementation of a water heating system using the solar thermal potential with complementarity of the wind potential in the campus of Vitória da Conquista. The comparison and evaluation between the methods will focus on the climatic characteristics of southwestern Bahia. For the elaboration of this work, it was necessary to survey the solar and wind potential in the southwest of Bahia, at the study site. From this it was possible to estimate how much each source would be able to generate monthly on average, whose results were confronted with the minimum energy requirement required to supply this activity, evidencing with clarity the contribution of each of the sources. It is estimated, therefore, to reach motivating diagnoses for the use of hybrid systems consisting of solar collector and wind generator. In addition, the objective is to study complementary systems of obtaining energy in the institution, initiating the diffusion of techniques and knowledge of the joint use of different energy sources.

KEYWORDS: Solar thermal energy, wind energy, hybrid system, energy viability.

INTRODUÇÃO

A geração de energia elétrica é de fundamental importância para o desenvolvimento das sociedades atuais, sendo um fator determinante para o conforto e qualidade de vida, de atividades simples da rotina atual aos avanços tecnológicos, sua presença se faz primordial. Os sistemas de aquecedores de água são responsáveis por contribuir por boa parte do consumo dessa energia em uma residência. Pesquisar sobre novos métodos de geração de energia é uma forma de minimizar o consumo exigido principalmente no horário de ponta em que os reflexos serão positivamente notados. Substituir os tradicionais sistemas de aquecimento de água por um método alternativo através de energias renováveis é uma forma de economia para o consumidor.

A substituição desses sistemas tradicionais pelo aquecimento solar pode reduzir o gasto com energia elétrica mensalmente em até 35% (IPEC, 2019), assim, o aquecedor solar juntamente com o aerogerador pode suprir essa necessidade de calefação, além da diminuição do impacto ambiental com o consumo de energias provenientes de fontes não renováveis, e a redução da dependência energética face às fontes tradicionais.

No interior baiano, conforme o Atlas Solar Bahia (2018), há uma complementaridade entre a produção de energia a partir de fontes solar e eólica, onde observa-se que o vento é predominantemente maior durante a noite e menor ao longo do dia, ao contrário dos níveis elevados de radiação solar, que ocorrem próximos ao período de menor vento. Além disso, é possível observar tal complementaridade no regime anual também, de forma que os meses de invernos apresentam menores valores acumulados de irradiação próximos aos picos anuais de velocidade média do vento. Logo, a geração simultânea com a utilização das duas fontes possibilita a redução da variação no fornecimento de energia se comparada com a geração utilizando uma delas isoladamente.

Sendo assim, o trabalho conta com o objetivo de estudar sistemas complementares de obtenção de energia na nossa instituição, iniciando o desenvolvimento e a difusão de técnicas e conhecimento da utilização em conjunto de várias fontes de energia na região de Vitória da Conquista - BA. A pesquisa refere-se à apresentação do estudo teórico desse método de aquecimento de água por meio de um sistema de aquecimento solar térmico, com a viabilidade energética para substituição do uso complementar da energia elétrica, proveniente da rede, pela energia eólica, no IFBA campus Vitória da Conquista, Bahia.

MATERIAL E MÉTODOS

O local escolhido para análise do projeto está localizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia situado na região sudoeste da Bahia, no município de Vitória da Conquista. O local possui as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: -14.841519° e Longitude: -40.877114° .

Como a finalidade do sistema proposto é o aquecimento de água, a energia a ser utilizada será a energia térmica, e para calculá-la será usada a seguinte fórmula para o calor sensível:

$$Q = mc(T_f - T_i) \quad (1)$$

Onde m é a massa do volume de água [kg], c é o calor específico da água (4186 J/kg.K), T_f é a temperatura que se pretende alcançar com o sistema de aquecimento ($^\circ\text{C}$ ou K) e T_i é a temperatura inicial da água, a qual, nesse trabalho, será adotada como igual a temperatura ambiente ($^\circ\text{C}$ ou K). Assim, faz-se necessário o conhecimento das temperaturas médias do local. Dessa forma, na Figura 1 abaixo são apresentadas as temperaturas médias, mínimas e máximas mensais do município de Vitória da Conquista – BA.

Figura 1. Temperaturas para o município de Vitória da Conquista – BA.

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Temperatura média ($^\circ\text{C}$)	21.5	21.8	21.2	20.2	18.6	17.6	17.5	18.3	19.9	20.9	21.1	20.8
Temperatura mínima ($^\circ\text{C}$)	16.7	16.8	16.6	15.7	13.8	12.7	12.2	13	14.7	16	16.4	16.2
Temperatura máxima ($^\circ\text{C}$)	26.4	26.8	25.9	24.8	23.4	22.6	22.9	23.7	25.1	25.9	25.8	25.4

Fonte: Climate-data.org (2019) (adaptado).

Além disso, outro fator determinante para o cálculo é a temperatura final que espera-se atingir. Dessa forma, segundo Guimarães e Prado (2017), a temperatura ideal para o banho é aquela que se assemelha à temperatura corporal, ou seja, em torno de 37°C, o que equivale ao banho morno. Sendo assim, levando em consideração possíveis perdas de calor, defini-se a temperatura final como sendo 40°C. Para realização dos cálculos, será adotado, também, um volume de água de 250 litros (0,25 m³) para cada dia do mês, considerando cada mês com seus respectivos dias, e fevereiro com 28 dias.

Dando continuidade ao trabalho, o programa SunData 3.0 desenvolvido pela CRESESB, destinado ao cálculo da irradiação solar diária média mensal em qualquer ponto do território nacional, foi empregado para calcular a irradiação, que será a potência solar térmica utilizada. O programa é limitado a certos pontos do mapa, então foram tomados os dados do local mais próximo do desejado.

Dessa forma, os valores de irradiação solar diária média mensal são apresentados a seguir na Figura 2.

Figura 2. Irradiação solar diária média mensal para diferentes ângulos de inclinação.

Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m².dia]												
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
Plano Horizontal	0° N	5,98	6,02	5,41	4,73	4,17	3,70	3,94	4,58	5,51	5,65	5,41	6,09	5,10
Ângulo igual a latitude	15° N	5,52	5,77	5,45	5,05	4,69	4,25	4,49	5,00	5,69	5,51	5,06	5,56	5,17
Maior média anual	12° N	5,63	5,85	5,47	5,00	4,60	4,16	4,40	4,93	5,67	5,56	5,15	5,68	5,18
Maior mínimo mensal	28° N	4,94	5,34	5,27	5,12	4,94	4,56	4,78	5,16	5,61	5,17	4,58	4,92	5,03

Fonte: SunData 3.0 (2019)

Ao analisar os dados da figura anterior, é possível observar que o ângulo de inclinação que possibilita uma maior disponibilidade de energia solar é 12°N. Dessa forma, os dados para esse plano inclinado serão tomados para estudo, uma vez que no dimensionamento de coletores solares busca-se a maior eficiência energética possível.

Entretanto, os dados apresentados são os valores da energia disponível que atinge a superfície, mas os coletores solares absorvem apenas uma pequena parcela dessa energia.

Segundo Inmetro (2018), a eficiência de coletores solares convencionais disponíveis no mercado (€) varia de 0,398 a 0,981, ou seja, esses coletores conseguem absorver entre 39,8% e 98,1% da energia solar que atinge a superfície.

Além disso, a fim de obter a potência eólica disponível no local, utilizou-se a Equação 2 para obter os valores mensais a ser captada pelo aerogerador.

$$P = \frac{1}{2} \rho A V^3 C_p \eta \quad (2)$$

Onde P é a potência da turbina eólica [W], ρ é a massa específica do ar [kg/m³], A é a área da seção transversal $\left(\frac{\pi D^2}{4}\right)$ [m²], em que D é o diâmetro do rotor, V é a velocidade cinética do vento [m/s], C_p é o coeficiente de aproveitamento aerodinâmico e η é a eficiência do aerogerador.

Dessa forma, com auxílio do programa desenvolvido pelo CRESESB, que utiliza os dados oriundos do “Atlas do Potencial Eólico Brasileiro” e busca por coordenadas, conforme Figura 3, de acordo com a sazonalidade, pôde-se obter as médias de velocidade do vento a uma altura de 50 metros.

Figura 3. Dados de vento a 50 m de altura no local de estudo.

Atlas do Potencial Eólico Brasileiro		Dados de vento a 50 m de Altura				
Grandeza	Unidade	Dez-Fev	Mar-Mai	Jun-Ago	Set-Nov	Anual
velocidade média do vento	m/s	5,14	5,55	6,72	6,09	5,88
fator c		5,8	6,26	7,52	6,86	6,63
fator k		2,25	2,38	3,05	2,54	2,5
densidade de potência	W/m2	143	171	259	216	197

Fonte: (ATLAS DO POTENCIAL EÓLICO BRASILEIRO, 2001) (adaptado).

Segundo Ferreira (2006), a massa específica do ar do município de Vitória da Conquista – BA é em média $1,12 \text{ kg/m}^3$.

Assumiram-se os outros aspectos que definem a potência eólica do local como sendo o coeficiente de potência igual a 0,5, e a eficiência do aerogerador 0,96. Além disso, como o campus possui um aerogerador com 1m de diâmetro, este foi levado em consideração para calcular a potência eólica a ser captada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com dados da matriz energética do local de estudo levantados, como o potencial de geração solar térmica e potencial de geração eólica, montou-se um cenário de geração de energia, e são apresentadas as principais informações a respeito das características de cada fonte de geração estudada. Com a quantidade de potência instalada, foi possível calcular o quanto cada fonte seria capaz de gerar de energia em cada mês do ano, bem como, seu valor acumulativo anual. Utilizando os dados da Figura 2 calculou-se a irradiação solar média mensal para duas placas de 1m^2 , e por meio dos dados apresentados na Figura 3, foram calculados os valores de potência eólica para um período de 24 horas (diário). Cada um dos cenários a serem analisados são apresentados a seguir.

Para o cenário de simulação foi fixada a eficiência do coletor solar em 60%, considerando as mesmas potências requerida e eólica. Desta forma, obtêm-se os resultados apresentados na Tabela 1, que ilustra o consumo mensal médio de energia e a geração das duas fontes, mostrando o balanço de energia, ou seja, a diferença entre o consumo e a produção.

Tabela 1. Dados obtidos da potência demandada, potência por fonte ($\epsilon = 0,6$) e o balanço da potência total mês a mês (W/dia).

Mês	Potência Demandada	Potência Solar	Potência Eólica	Energia Gerada	Total
Janeiro	5375,28	6756,00	688,05	7444,05	2068,77
Fevereiro	5288,11	7020,00	688,05	7708,05	2419,94
Março	5462,44	6564,00	866,18	7430,18	1967,74
Abril	5753,00	6000,00	866,18	6866,18	1113,18
Mai	6217,89	5520,00	866,18	6386,18	168,29
Junho	6508,44	4992,00	1537,58	6529,58	21,14
Julho	6537,50	5280,00	1537,58	6817,58	280,08
Agosto	6305,06	5916,00	1537,58	7453,58	1148,53
Setembro	5840,17	6804,00	1144,41	7948,41	2108,25
Outubro	5549,61	6672,00	1144,41	7816,41	2266,80
Novembro	5491,50	6180,00	1144,41	7324,41	1832,91
Dezembro	5578,67	6816,00	688,05	7504,05	1925,38

E ainda é possível realizar uma análise do consumo e geração no decorrer de um ano, como apresenta a Tabela 2.

Tabela 2. Demanda e geração de energia elétrica por fonte pelo período de um ano.

Potência Anual (MW/ano)	
Potência Demandada	2,128
Potência Solar	2,265
Potência Eólica	0,387
Potência Gerada	2,652
Saldo de potência anual (MW)	0,524
Percentual de complementaridade (%)	124,62

Em todos os meses do ano, o sistema híbrido proposto conseguiu suprimir as necessidades projetadas. No mês de junho, os valores de consumo e demanda se aproximaram muito um do outro devido a baixa irradiação solar nesse período onde inicia-se o inverno e as temperaturas caem.

CONCLUSÃO

A análise apresentada demonstra o potencial conquistado para fontes de energias renováveis, as quais possuem uma série de vantagens se comparadas às fontes tradicionais de geração de energia elétrica, como o baixo impacto ambiental e a sua constante renovação. Foi demonstrada a possibilidade de aplicação da complementaridade usando as fontes solar térmica e eólica para um sistema de aquecimento de água em substituição do tradicional chuveiro elétrico.

A complementaridade se torna propícia à medida que cada fonte apresenta um melhor potencial em determinada época do ano. A fonte solar térmica demonstra valores mais promissores de irradiação para o verão, ao passo que a fonte eólica é mais vantajosa nos meses de inverno por apresentar ventos com maiores velocidades. Logo, há a possibilidade de atender a demanda de consumo de energia elétrica mesmo em períodos de estiagem, nos meses secos, e em períodos em que o céu se encontra nublado.

A estrutura de geração de eletricidade possui uma tendência mundial para a implementação das fontes renováveis. Este estudo comprova a capacidade de complementação entre fontes de geração de energia, e o estudo sobre sistemas complementares de obtenção de energia na nossa instituição, iniciando-se o desenvolvimento e a difusão de técnicas e conhecimento da utilização em conjunto de várias fontes de energia, contribuindo com a emancipação do estudo e noções sobre energias renováveis, principalmente solar e eólica, e a sua complementaridade. Dessa forma, outros estudos devem ser realizados para o desenvolvimento de tecnologias que aperfeiçoem a geração de energia elétrica.

REFERÊNCIAS

Atlas do Potencial Eólico Brasileiro: Potencial Eólico. 2001. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=atlas_eolico. Acesso em: 31 dez. 2018.

Atlas Solar Bahia. 2018. AWS Truepower, Camargo Schubert Engenheiros Associados, FIEB/SENAI CIMATEC.— Curitiba. p. 78.

CLIMATE-DATA.ORG. Clima Vitória da Conquista. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/bahia/vitoria-da-conquista-293/>. Acesso em: 02 jan. 2019.

FERREIRA, Candido Requião. Potencial de bombeamento eólico: uma metodologia de análise. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.

GUIMARÃES, Gabriela; PRADO, Carolina. Banho quente, frio ou morno: qual é a melhor temperatura para o seu corpo?. *UOL*. 2017. Disponível em: <https://vivabem.uol.com.br/noticias/redacao/2017/09/13/banho-quente-frio-ou-frio-qual-e-a-melhor-temperatura-para-o-seu-corpo.htm>. Acesso em: 02 jan. 2019.

INMETRO. Coletor solar aplicação banho e piscina. 2018. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/Coletor-Solar-Banho-PBE-2018.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2018.

IPEC. Aquecedores de baixo custo. Disponível em: <https://www.ecocentro.org/o-ipec/tecnologias/%20agua/aquecedor-solar-de-baixo-custo>. Acesso em: 03 jan. 2019.

SunData 3.0: Potencial Solar. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>. Acesso em: 19 jan. 2019.