

ANÁLISE DE USO DO SISTEMA ELÉTRICO AUXILIAR DE UM AQUECEDOR SOLAR, LOCALIZADO EM UM INSTITUTO PÚBLICO NO CENTRO-OESTE DE MINAS GERAIS

ANALYSIS OF USE OF THE AUXILIARY ELECTRICAL SYSTEM OF A SOLAR HEATER, LOCATED AT A PUBLIC INSTITUTE IN THE CENTRAL-WEST OF MINAS GERAIS

Bruno Alberto Soares Oliveira ¹ 

Rayra Brunelle Nunes Souza ² 

Flávia Gonçalves Duarte da Fonseca ³ 

Stéfany Fernanda Ferreira Gonçalves ⁴ 

Calebe Giaculi Júnior ⁵ 

Frederico Gadelha Guimarães ⁶ 

Resumo: A energia elétrica vem sendo, ao longo dos anos, um importante meio para o desenvolvimento tecnológico. Entretanto, devido ao custo e à problemas relacionados ao meio ambiente, a tendência é de que cada vez mais ela seja substituída por fontes renováveis. Um dos meios de substituição dessas energias pode ser feito através da troca de chuveiros elétricos pelos aquecedores solares. O aquecedor solar é proveniente da energia solar térmica, energia essa que vem diretamente da radiação solar transformando-a em calor. Esse processo se dá quando o aparelho, através de placas solares, consegue coletar a energia e, assim, transformá-la em energia térmica. Assim, o presente trabalho tem como objetivo analisar o sistema elétrico auxiliar de um aquecedor solar instalado na moradia estudantil de uma Instituição Federal, localizada no centro-oeste de Minas Gerais. A pesquisa também tem como finalidade a comparação econômica com aparelhos substitutos. Dessa forma, propõe-se um sistema auxiliar eficiente para os aquecedores solares, a fim de economizar os gastos públicos e/ou residenciais e, também, ao se considerar o atual cenário brasileiro, em que o país vem sofrendo uma grande crise econômica, esse projeto pode auxiliar na redução de custos em diversos setores.

Palavras-chave: Aquecedor Solar. Economia. Energia solar. Energia elétrica.

¹Mestrando em Engenharia Elétrica, UFMG, brunoalbertobambui@gmail.com.

²Graduanda em Engenharia de Produção, IFMG, rayrabrunelle13@hotmail.com.

³Graduanda em Engenharia de Produção, IFMG, flaviagoncalvesdafonseca@hotmail.com.

⁴Graduanda em Engenharia de Produção, IFMG, stefanyfernanda13@hotmail.com.

⁵Mestre em Engenharia Elétrica, UFMG, calebe.giaculi@ifmg.edu.br.

⁶Doutor em Engenharia Elétrica, UFMG, fredericoguimaraes@ufmg.br.

Abstract: Over the years, electric energy has been an important medium for technological development. However, due to cost and environmental problems, the tendency is for it to be replaced more and more by renewable sources. One of the means of substituting these energies can be done by exchanging electric showers for the solar heaters. The solar heater comes from solar thermal energy, which comes directly from solar radiation and turns it into heat. This process occurs when the device, through solar panels, is able to collect the energy and, thus, transform it into thermal energy. Thus, the present work has as objective to analyze the auxiliary electrical system of a solar heater installed in the student residence of a Federal Institution, located in the center-west of Minas Gerais. The research also has as purpose the economic comparison with substitute appliances. In this way, an efficient auxiliary system for solar heaters is proposed, in order to save public and / or residential expenses, and also considering the current Brazilian scenario, in which the country has suffered a great economic crisis. project can help reduce costs in several sectors.

Keywords: Solar Heater. Economy. Solar energy. Electricity.

1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica vem sendo no Brasil, desde que surgiu em 1880, uma importante fonte para o crescimento tanto para as organizações quanto para a sobrevivência dos indivíduos. Segundo Gomes e Vieira (2009), o início da utilização da energia elétrica no Brasil foi limitado a alguns serviços públicos e a atividade fabril. A partir disso, começou-se a ter cada vez mais a necessidade da utilização da energia elétrica. Segundo Lima (1984), a capacidade instalada de energia elétrica no Brasil, de 1890 a 1930, aumentou 61.709,52%, o que atendia às necessidades do país.

Em consequência da demanda, da dependência dessa energia, e ainda sobre os efeitos desfavoráveis que esta pode causar ao meio ambiente, buscam-se cada vez mais fontes de energias renováveis para o suprimento de nossas necessidades. Dentre essas energias renováveis está a energia solar térmica que se faz presente em diversas formas.

Em 1981, a Plataforma Solar Almería (PSA) forneceu, pela primeira vez, a energia elétrica proveniente de energia solar térmica, através de um projeto de demonstração chamado Small Solar Power Systems/ DistributedCollector System (MALAGUETA, 2013). O objetivo da plataforma foi de buscar métodos alternativos, que possibilitasse a geração de energia elétrica por meio de outras fontes.

Devido ao alto custo da energia elétrica que consumimos, busca-se diariamente novas formas de economizar este bem tão precioso para a humanidade (OLIVEIRA et al., 2018). Uma dessas formas, se dá através da energia solar, que, por sua vez, é capaz de aquecer a água que usamos através de coletores solares, ou seja, o popularmente conhecido como aquecedor solar.

Os aquecedores solares surgiram no Brasil em 1970, porém, apenas dez anos depois do seu surgimento é que houve um avanço na melhora da qualidade desses produtos. Com a crescente produção destes equipamentos, além do surgimento de vários modelos de aquecedores, faz-se necessário observar também a eficiência dos mesmos e ainda a economia que eles irão trazer quando adquiridos pela sociedade (LAFAY, 2005).

Atualmente, o Brasil vem passando por uma forte crise econômica, e em consequência disso, a educação do país vem sofrendo grandes cortes de verba. Dessa forma, faz-se necessários maiores estudos na área da economia e desperdícios de qualquer meio público. Sendo assim, esta pesquisa se faz presente em um Instituto público e tem como justificativa a observação de uma falha no sistema elétrico auxiliar de um aquecedor solar instalado na moradia estudantil do Instituto Federal de Minas Gerais - Campus Bambuí.

A Moradia estudantil tem por objetivo abrigar acadêmicos carentes, uma vez que não teriam condições de se manter em uma cidade distinta de suas origens. Estes acadêmicos são selecionados através da abertura do edital para a moradia estudantil do campus e só entram com a comprovação, por meio de documentos, de sua carência.

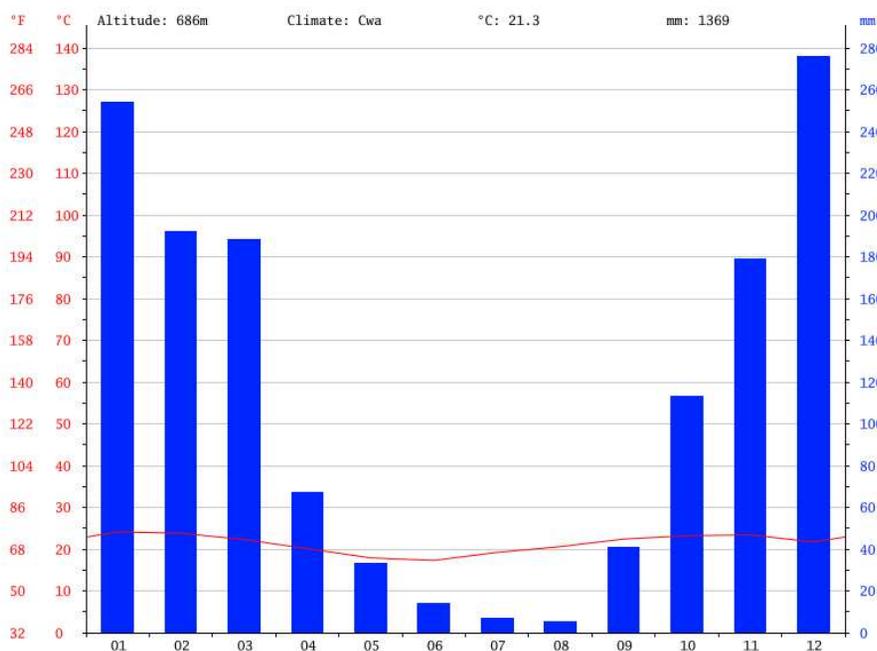
Assim, o presente trabalho trata-se de uma pesquisa quantitativa, realizada em maio de 2018. Tem como objetivo avaliar e comparar o sistema elétrico auxiliar de um aquecedor solar instalado na moradia estudantil de uma Instituição pública de ensino. Foi, portanto, realizada uma análise de custo, proporcionando, também, uma proposta de melhoria em tal sistema, a fim de minimizar os gastos com energia elétrica, visto que é de suma importância a redução dos custos da Instituição pública em razão da crise econômica que o Brasil vem enfrentando.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Características climatológicas da região

De acordo com Cavalcanti (2016) o clima é definido pela média das condições do tempo ao longo de um período de algumas décadas. A Figura 1 ilustra o clima do município estudado neste trabalho.

Figura 1: Clima do município de Bambuí-MG



Fonte: (CLIMATE-DATA.ORG, 2018).

Segundo o site CLIMATE-DATA.ORG (2018), o clima é considerado quente e temperado. Há muito menos pluviosidade no inverno que no verão. A temperatura média do município é 21.3°C e a média anual de pluviosidade é de 1369 mm.

É possível identificar na Figura 1 um valor de 5 mm de precipitação no mês de agosto, que é o mês mais seco. Também é apresentada uma média de 276 mm no mês de Dezembro sendo o mês de maior precipitação.

A temperatura média do mês de Janeiro, o mês mais quente do ano, é de 24.1°C. Durante o período apresentado o mês de junho foi o mês de temperatura mais baixa, sendo de 17.3°C a sua média.

2.2 Energia elétrica

A energia elétrica é a fonte de energia mais usada do mundo. Existem várias formas de se obter energia: usinas elétricas, solares, nucleares, eólicas, térmicas, entre outras. No Brasil, 90% da energia elétrica consumida é advinda em usinas hidrelétricas e, ainda assim, o país utiliza apenas 25% do seu potencial hidráulico. Uma das características dessa energia é a incapacidade de armazená-la e, por esse motivo, ela é produzida no instante em que se deseja utilizar, ou então, convertida para outra forma de energia armazenável (FRANÇA, 2017).

Segundo ANEEL (2018), consumidor é uma pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, legalmente representada, que solicite o fornecimento, a contratação de energia ou o uso do sistema elétrico à distribuidora, assumindo as obrigações decorrentes deste atendimento à(s) sua(s) unidade(s) consumidora(s), segundo disposto nas normas e nos contratos.

Nem todos os consumidores são tarifados da mesma maneira, pelo fato de que não são responsáveis somente pela energia consumida, mas também pela disponibilização do fornecimento. Assim, os consumidores são distintos em Grupo A e Grupo B, os quais são classificados conforme o nível de em tensão que são atendidos (BRASIL, 2011).

Conforme Brasil (2011), o Grupo A possui tarifação binômia, pois são cobrados tanto pela demanda requisitada quanto pela energia que consome. Tal grupo pode ser enquadrado nas seguintes alternativas tarifárias: Tarifação Convencional, Tarifação horário Verde, ou Tarifação horário Azul.

Em relação a estrutura tarifária horário verde, esta é composta por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia e por uma única tarifa de demanda de potência em qualquer horário de utilização. Tais horas do dia são divididas em Horários de Ponta e Horários Fora de Ponta, em que este primeiro se refere a um período definido e composto por três horas diárias consecutivas, durante o qual o consumo de energia

elétrica tende a ser maior, ressaltando que sábados e domingos não são considerados. Já o horário fora de ponta são as 21 horas restantes dia (GONÇALVES; GUTIERREZ; SANTOS, 2017).

2.3 Energia solar

A energia solar provém da estrela mais próxima da terra, o sol. De acordo com Silva (2006), muito do que sabemos sobre as estrelas deve-se ao estudo do Sol, que também funciona como um laboratório de altíssimas energias para experimentos impossíveis de serem realizados aqui na terra.

Segundo Duffie e Beckman (2013), a energia recebida, por unidade de tempo, em uma área unitária perpendicular à direção de propagação da radiação e medida da distância média entre o Sol e a Terra, fora da atmosfera, é chamada de constante solar e assume o valor de 1367 W/m².

Chama-se de energia solar apenas aquela que se origina diretamente dessa estrela. A energia solar segmenta-se em duas formas: a energia solar térmica e a energia solar fotovoltaica. A energia fotovoltaica é uma espécie de conversão da energia solar para a energia elétrica. Já a energia solar térmica, refere-se ao aquecimento de líquidos ou gases (OLIVEIRA; OLIVEIRA; GOMES, 2017).

Para Toniazzo et al. (2017), a energia solar térmica vem diretamente da radiação solar transformando-a em calor ou energia térmica. A energia radiada pelo sol é capaz de aquecer diretamente os líquidos. Essa fonte de energia apresenta uma enorme vantagem ao ser considerada renovável, já que se acredita ser uma fonte inesgotável. Além disso, não emite poluentes e é uma fonte gratuita. Em contrapartida, essa fonte é dependente do clima e ainda apresenta ter alto custo de investimento. No Brasil, em função de sua localização geográfica, indica-se ter um grande potencial para a captação dessa energia.

2.4 Aquecedores solares

De acordo com Pereira et al. (2006), o sistema de aquecimento de água com energia solar é integrado pelos seguintes componentes: coletores solares, reservatório térmico, reservatório de água, tubulações e sistema auxiliar de energia.

Os coletores solares são trocadores de calor que convertem a energia irradiada pelo sol em calor. Neles ficam as placas absorvedoras que tem como característica a cor preta e de material que conduz bem o calor. Existem dois tipos de coletores solares, os coletores de concentração e os coletores sem concentração. Os coletores solares de concentração são habilitados para

aplicações de alta energia solar térmica, estes são capazes de absorver temperaturas elevadas. Já os coletores solares sem concentração não ultrapassam de 100°C, logo, são utilizados quando se tem uma aplicação de baixa energia solar térmica (MENDES; CARDOSO, 2013).

Conhecido também como boiler, o reservatório térmico tem a finalidade de armazenar a água já aquecida e por isso ele é um reservatório isolante que geralmente é composto por dois cilindros que preenchem o espaçamento por um material isolante, sendo assim, a água aquecida poderá ser consumida de acordo com sua demanda. De acordo com Krenzinger e Lafay (2002), em sistemas de aquecimento solar, é convencional utilizar um reservatório com um volume de aproximadamente o dobro do volume de água quente a ser consumido em um dia.

Ainda nesse sistema, há uma espécie de “segundo plano” chamada de sistema auxiliar de energia. Esse sistema tem a finalidade de auxiliar o sistema de aquecimento solar em dias nublados ou de pouco sol, assim ele é ativado a fim de conservar ou repor a água quente no reservatório. Essa fonte de energia pode ser elétrica, gerada por uma bomba ou a gás. No presente trabalho, a fonte de energia gasta no sistema auxiliar é elétrica. Esse sistema funciona da seguinte forma: quando a água no reservatório térmico não se mantém com uma temperatura maior ou igual a 40°C, o sistema elétrico auxiliar é acionado e funcionará até que essa água seja repostada.

2.5 Medidor de energia elétrica

Para a coleta dos dados, é utilizado um medidor de energia elétrica composto por um sensor de corrente elétrica, um sensor de tensão elétrica, a plataforma de prototipagem Arduino, um cartão de memória e um módulo de comunicação para SD *card*, assim como feito no trabalho de Oliveira, Assis e Nolli (2019).

O dispositivo foi ligado em série junto ao circuito do aquecedor solar e os sensores de tensão e corrente liam em tempo real o valor obtido, enviando esses dados para o Arduino que é o responsável por gravar esses dados no cartão de memória.

3 DESENVOLVIMENTO

O presente estudo trata-se de uma pesquisa quantitativa de caráter descritivo já que tem o intuito de observar, registrar, e descrever as características do sistema auxiliar do aquecedor solar e obter resultados numéricos para efeito de comparação com um chuveiro elétrico, a fim de minimizar os custos de uma instituição pública.

A análise de desempenho e economia do sistema de aquecimento solar teve como base

uma estrutura de apenas dois cômodos, sendo um quarto e um banheiro, que comporta oito universitários de uma Instituição pública que se enquadra na estrutura tarifária verde. O sistema contém cinco placas coletoras e um reservatório com capacidade de 1000 litros. Deve-se ressaltar que a água proveniente do aquecedor solar é utilizada pelos moradores somente para banho.

O aparelho medidor de corrente foi instalado no sistema às 13h00min e retirado às 13h00min do dia seguinte, totalizando um total de 24 horas de medição. Observou-se que no dia da instalação o clima estava relativamente frio e nublado, o que normalmente dificulta o aquecimento da água pela radiação solar, mas não o impede.

A coleta de dados para realização do trabalho foi feita através de um questionário aplicado a 46 usuários da moradia estudantil, número este que através da estatística de margem de erro, representa 95% do nível de confiança e 12% de margem de erro do questionário. O intervalo de confiança foi realizado de acordo com a Fórmula 1, uma vez que Samohyl (2009) em sua obra, demonstra a confiabilidade da mesma. Também foram coletados os dados do dispositivo de medição de energia elétrica que registrou o valor da corrente do sistema auxiliar do aquecedor.

$$\text{MargemDeErro} = z \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (1)$$

Onde,

- z = escore z ;
- n = tamanho da amostra;
- σ = desvio padrão da população.

Para efeito de comparação do sistema atual, foram analisados também outros dois tipos de métodos de aquecimento de água. O primeiro método hipotético comparativo foi a presença do chuveiro elétrico como a única forma de aquecimento de água para banho na estrutura. Já o segundo método comparativo, foi a proposta de adoção de um sistema de aquecimento solar eficiente, ou seja, um sistema que desligará a resistência existente no reservatório nas horas que não há consumo de água quente.

Foram estudados todos os custos, eficiência, desempenho e economia dos três sistemas alternativos de modo a citar vantagens e desvantagens de cada um deles, apresentando assim o sistema mais viável para situação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A moradia estudantil comporta 206 moradores no atual momento da realização desta pesquisa, sendo que apenas 177 destes utilizam o sistema de aquecimento solar que possui também o sistema elétrico auxiliar, dessa forma, os resultados a serem apresentados terão como base esse número de usuários.

Para efeito de cálculos, foi realizada uma média tanto das taxas cobradas pela demanda quanto das taxas cobradas pelo consumo de energia no Horário de Ponta (HP) e no Horário Fora de Ponta (HFP), considerando os valores descritos nas últimas cinco contas de energia da instituição. Os resultados podem ser vistos na Tabela 1.

Tabela 1: Valores das taxas

Unidade	Valor
Demanda (kW)	R\$ 11,80269478
Consumo HP (kWh)	R\$ 1,5995170412
Consumo HFP (kWh)	R\$ 0,4294753760

Fonte: Dados da pesquisa.

4.1 Sistema elétrico auxiliar atual

Através dos resultados de consumo obtidos pelo medidor e conhecendo a rede de tensão ligada aos aquecedores que é de 220 volts, calcula-se a potência para cada intervalo de 15 minutos, conforme é apresentado na Figura 2. No eixo X é ilustrado o tempo com um intervalo de 45 minutos, objetivando-se uma melhor representação do gráfico.

Figura 2: Relação entre o tempo e a potência



Fonte: Dados da pesquisa.

Dessa forma, para facilitar os cálculos do consumo, foi realizada uma média de todas as potências, obtendo um valor de 3,1KW. Com a análise do gráfico, é possível obter, também, que o sistema elétrico auxiliar do aquecedor permaneceu atuando 15,5 horas, sendo 13 horas no horário fora de ponta e 2,5 horas no Horário de Ponta. A partir desses dados, obtiveram-se os resultados do consumo mensal, conforme é ilustrado na Tabela 2.

Tabela 2: Consumo mensal atual dos meses com temperaturas menos elevadas

Dias	Horário	Atuação (h)	Consumo total (kWh)	Total a pagar
Meio de semana	HFP	260	806	R\$ 346,16
	HP	50	155	R\$ 247,93
Finais de semana	HFP	155	480,5	R\$ 206,36

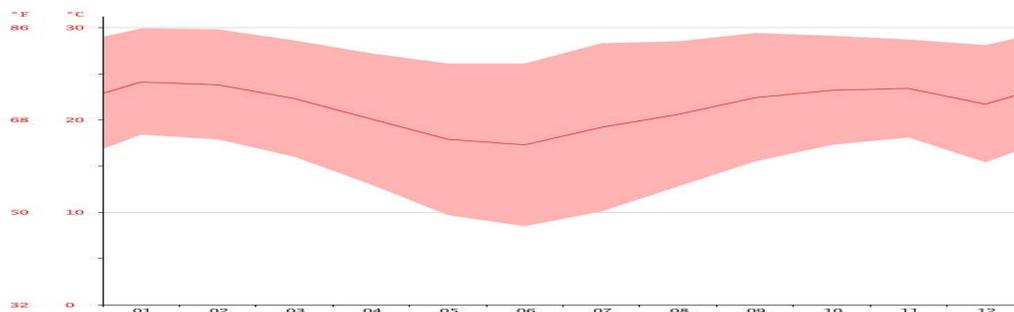
Fonte: Dados da pesquisa.

É importante ressaltar que aos finais de semana não há distinção do preço do kWh no Horário de Ponta, sendo assim, todo o consumo é calculado com o preço do horário fora de ponta.

Constata-se, então, de acordo com a Tabela 2, que o sistema de aquecedor solar instalado na estrutura analisada apresenta um total a pagar de R\$ 800,45 mensal, visto que na instituição encontram-se 21 sistemas de aquecedores instalados para moradia estudantil. Além disso, supondo que os mesmos procedem dessa mesma forma, esse total passa a ser de R\$ 16.809,45 no mês referente ao estudo.

O alto valor a se pagar foi justificado pelo fato de que no mês de maio, juntamente com junho e julho, são os meses considerados mais frios na cidade, e, por isso, será considerado o total acima a pagar para essa época do ano em Bambuí. A Figura 3 ilustra a temperatura anual do município.

Figura 3: Temperatura do município de Bambuí-MG



Fonte: (CLIMATE-DATA.ORG, 2018).

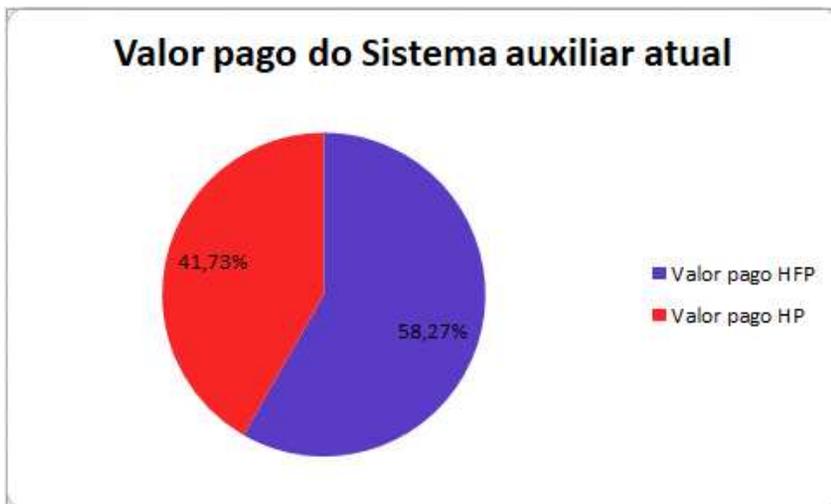
O eixo das abscissas indica os meses do ano, o eixo das ordenadas indica a temperatura. Observa-se, também, que no meio da semana a atuação do sistema auxiliar no Horário de Ponta, apesar de representar aproximadamente apenas 16% do tempo total de trabalho do sistema, contribui com mais de 40% no alto valor a ser pago pelo consumo energético nos meses mais frios, conforme é apresentado nas Figuras 4 e 5.

Figura 4: Tempo de atuação



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 5: Valor pago do sistema atual



Fonte: Dados da pesquisa.

No entanto, nos outros nove meses do ano que apresentam uma temperatura mais elevada, o sistema elétrico auxiliar do aquecedor não atuará da mesma forma, conforme a medição realizada para o estudo, mas sim permanecerá ligado por muito menos tempo.

Considera-se, então, que durante esses meses o sistema elétrico auxiliar atua apenas de 00:00 horas às 06:00 horas, totalizando em média 6 horas por dia, visto que durante o dia a água estará sempre quente devido a radiação solar e que somente à noite, horário de mais banhos e de ausência solar, é que o sistema elétrico atuará de forma a aquecer a água fria que se encontra no reservatório. De acordo com essas informações, foram obtidos novos valores para o consumo de energia mensal referente a esses nove meses do ano, conforme mostra a Tabela 3.

Tabela 3: Consumo mensal atual dos meses com temperaturas mais elevadas

Dias	Horário	Atuação (h)	Consumo total (kWh)	Total a pagar
Meio de semana	HFP	100	310	R\$ 133,14
Finais de semana	HFP	50	155	R\$ 66,57

Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com a Tabela 3, observa-se que o sistema de aquecedor solar instalado na estrutura analisada apresenta um total a pagar de R\$ 199,71 mensal. Nota-se, também, que como na instituição encontra-se 21 sistemas de aquecedores instalados que procedem da mesma forma, esse total passa a ser de R\$ 4.193,91 para os meses com temperaturas mais elevadas.

Por fim, sendo o total a pagar de R\$ 16.809,45 para cada um dos três meses frios e R\$ 4.193,91 para cada um dos nove meses mais quentes, chega-se num total de R\$ 88.173,54 que a instituição paga anualmente em relação a energia consumida pelos aquecedores instalados na moradia estudantil, o que representa em média 17,1% do valor pago por todo o consumo energético da instituição pública.

4.2 Chuveiro elétrico

A partir do questionário aplicado, estimou-se que cada banho tem duração média de 12,8 minutos e que cada usuário da moradia estudantil toma em média 2 banhos por dia, totalizando assim 354 banhos diários. Foi possível analisar também que aproximadamente 68% dos banhos ocorrem no Horário Fora de Ponta e 32% ocorrem durante o Horário de Ponta, o que pode ser visto na Figura 6. Considerando a potência média do chuveiro elétrico de 4,4 KW, obtiveram-se os resultados do consumo mensal conforme a Tabela 4.

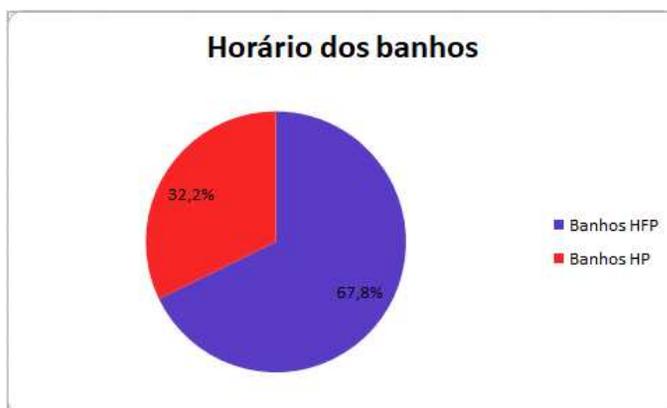
Tabela 4: Consumo mensal chuveiro elétrico

Dias	Horário	Banhos	Atuação (h)	Cons. total (kWh)	Total a pagar
Meio de semana	HFP	4800	1024	4505,6	R\$ 1.935,04
	HP	2280	486,4	2140,16	R\$ 3.423,22
Finais de semana	HFP	3540	755,2	3322,88	R\$ 1.427,09

Fonte: Dados da pesquisa.

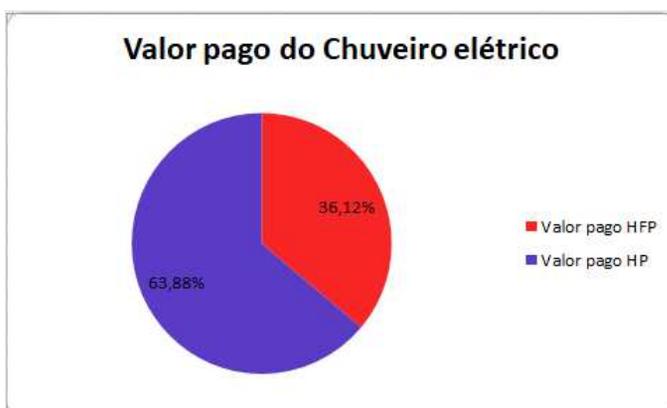
De acordo com a Tabela 4, é bastante notável que durante os meios de semana, os banhos que ocorrem no Horário de Ponta contribuem com mais de 60% no valor a ser pago mensalmente pelo consumo energético dos chuveiros elétricos, conforme ilustra a Figura 7.

Figura 6: Horário dos banhos



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 7: Valor pago do chuveiro elétrico



Fonte: Dados da pesquisa.

Nota-se, portanto, que caso a instituição pública optasse por utilizar o sistema de chuveiro elétrico, o valor mensal a ser pago referente aos banhos da moradia estudantil seria de R\$ 6.785,35. Sendo assim, chega-se em um total de R\$ 81.424,20 que a instituição pagaria anualmente em relação a energia consumida pelos chuveiros elétricos instalados na moradia estudantil, o que representa em média 15,8% do valor pago por todo o consumo energético da instituição pública onde foi realizada a pesquisa.

4.3 Sistema auxiliar Eficiente

A partir dos dados obtidos, propõe-se, nesta seção, um sistema elétrico auxiliar eficiente que também não ficaria ligado à noite, bem como o sistema atual, uma vez que depois das 00:00 não se deve existir demanda de água quente, já que os moradores não utilizam o chuveiro elétrico este horário.

Dessa forma, para atender a demanda de água quente que existe na parte da manhã, o sistema eficiente atuaria apenas no intervalo de 04:00 às 06:00 horas, totalizando duas horas diárias de atuação, o que seria suficiente para os nove meses do ano em que a temperatura se encontra mais elevada. Considerando os dados citados, foi possível estimar o consumo de energia mensal desse sistema, conforme mostra a Tabela 5.

Tabela 5: Consumo mensal dos meses com temperaturas mais elevadas

Dias	Horário	Atuação (h)	Consumo total (kWh)	Total a pagar
Meio de semana	HFP	40	124	R\$ 53,25
Finais de semana	HFP	20	62	R\$ 23,63

Fonte: Dados da pesquisa.

Tem-se, dessa forma, de acordo com a Tabela 5, que, caso fosse adotado o sistema eficiente no aquecedor solar da estrutura analisada, o valor total a pagar mensal seria R\$ 76,88. Considerando a adoção desse sistema para os 21 aquecedores instalados na moradia estudantil, esse total passaria ser de R\$ 1.614,48 para os meses com temperaturas mais elevadas.

Para os três meses mais frios, a proposta seria utilizar o sistema eficiente determinando horários de banho para os universitários que usufruem da moradia estudantil, tendo em vista que quase não há demanda de banhos na parte da tarde, devido aos horários de aula. Assim, seria ideal que a instituição pública estipulasse banhos somente na parte da manhã, até 12:00h e, depois, somente a partir das 17:00h, não necessitando, assim, que o sistema atue todo período vespertino para atender uma baixa ou nenhuma demanda. Dessa forma, o sistema elétrico continuaria atuando de 04:00h às 06:00h, de forma a proporcionar água quente na parte da

manhã e, para aquecer os banhos que ocorrem na parte da noite, atuaria de 15:00 às 17:00 horas.

Considerando a atuação nos horários propostos, dá-se o consumo mensal do sistema elétrico eficiente na Tabela 6.

Tabela 6: Consumo mensal dos meses com temperaturas menos elevadas

Dias	Horário	Atuação (h)	Consumo total (kWh)	Total a pagar
Meio de semana	HFP	80	248	R\$ 106,51
Finais de semana	HFP	40	124	R\$ 53,25

Fonte: Dados da pesquisa.

Conclui-se, portanto, de acordo com a Tabela 6, que nos três meses mais frios o valor total a pagar mensal seria R\$ 159,76 na estrutura analisada. Ao se considerar os 21 aquecedores, esse total passaria para R\$ 3.354,96.

Finalmente, sendo o total a pagar de R\$ 1.614,48 para os meses mais quentes e R\$ 3.354,96 para os meses mais frios, chegar-se-ia em um total de R\$ 24.595,20 que a instituição pagaria anualmente caso adotasse o sistema elétrico auxiliar eficiente nos aquecedores instalados na moradia estudantil, o que representa em média 4,77% do valor pago por todo o consumo energético da instituição pública.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir que o sistema auxiliar atual mostrou-se o menos viável dos três, devido ao custo significativo que proporciona nos meses frios, o que faz seu custo total ultrapassar o custo total do consumo energético dos chuveiros elétricos, o que não seria o esperado, visto que o alto investimento na instalação dos aquecedores solares tinha por finalidade a redução do custo do consumo de energia necessário para suprir os banhos da moradia estudantil.

O sistema de chuveiro elétrico parece bastante favorável no que diz respeito a instalação e também por ter uma resistência elétrica que atua somente quando há demanda de água quente. Porém, tendo em conta que a maior parte dos banhos encontram-se no Horário de Ponta, esse sistema também não seria ideal para diminuir os custos da Instituição pública. Sendo assim, o sistema elétrico auxiliar eficiente proposto seria o mais viável, pois este atuaria de forma a atender a demanda, sem a necessidade de permanecer ligado em Horário de Ponta, o que acarreta custos bem menores de consumo energético do que os outros dois sistemas.

Além disso, o sistema eficiente trata-se apenas de um sistema de automação de baixo custo e fácil implementação. Caso a proposta seja implementada, o valor anual referente a energia

elétrica consumida pelos aquecedores a ser pago pela Instituição pública diminuiria 72,11%, o que impacta em uma queda de 12,33% de todo valor da conta de energia elétrica da mesma.

Conclui-se, também, com o presente estudo, a importância de se realizar os cálculos econômicos antes mesmo de se instalar o aquecedor solar, visto que, na maioria das vezes, por questão de hábito, acreditamos que este sistema fica bem mais econômico que os demais.

Referências

- ABNT. *NBR10520: informação e documentação: citação em documentos*. Rio de Janeiro: [s.n.], 2002.
- ABNT. *NBR6023: informação e documentação: elaboração: referências*. Rio de Janeiro: [s.n.], 2002.
- ANEEL. *Bandeiras Tarifárias*. 2018. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/tarifas-consumidores>>. 5
- BRASIL, M. Plano decenal de expansão de energia 2020. *Brasília, DF, Brasil: Ministério das Minas e Energia (MME), Empresa de Pesquisa Energética (EPE)*, v. 2, 2011. 5
- CAVALCANTI, I. F. *Tempo e clima no Brasil*. [S.l.]: Oficina de textos, 2016. 4
- CLIMATE-DATA.ORG. *Climograma de Bambuí*. 2018. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/location/24989/>>. 4, 5, 10
- DUFFIE, J. A.; BECKMAN, W. A. *Solar engineering of thermal processes*. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2013. 6
- FRANÇA, M. *O Histórico da Gestão da Energia Elétrica no Brasil*. Dissertação (B.S. thesis), 2017. 5
- GOMES, J. P. P.; VIEIRA, M. M. F. O campo da energia elétrica no Brasil de 1880 a 2002. *Revista de Administração Pública*, SciELO Brasil, v. 43, n. 2, p. 295–322, 2009. 3
- GONÇALVES, O. A. V.; GUTIERREZ, R. H.; SANTOS, I. J. A. L. dos. Método para identificação dos critérios utilizados na gestão do consumo de energia elétrica: Estudo de caso em um instituto de pesquisa da área nuclear. *Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção*, v. 5, n. 7, p. 116–131, 2017. 6
- KRENZINGER, A.; LAFAY, J. Análise experimental de um sistema de aquecimento de água com energia solar e gás. In: *9th Brazilian Congress Of Thermal Engineering And Sciences. Anais.... Minas Gerais*. [S.l.: s.n.], 2002. p. 1–10. 7
- LAFAY, J.-M. S. Análise energética de sistemas de aquecimento de água com energia solar e gás. 2005. 3

LIMA, J. L. *Estado e energia no Brasil: o setor elétrico no Brasil: das origens à criação da Eletrobrás (1890-1962)*. [S.l.]: IPE/USP, 1984. v. 36. 3

MALAGUETA, D. C. *Avaliação de Alternativas para Introdução da Geração Elétrica Termossolar na Matriz Energética Brasileira*. [S.l.]: sn, 2013. 3

MENDES, J. F.; CARDOSO, J. P. Energia solar térmica. In: *III Congresso de Energias Renováveis, Ambiente, Eficiência Energética*. [S.l.: s.n.], 2013. 7

OLIVEIRA, B. A. S.; ASSIS, S.; NOLLI, C. Development of a prototype electrical energy monitoring system via internet/desenvolvimento de um protótipo de sistema de monitoramento de energia elétrica via internet. *Revista de Engenharia da Universidade Católica de Petrópolis*, v. 12, n. 1, p. 48–61, 2019. 7

OLIVEIRA, B. A. S. et al. Avaliação de uma rede neural artificial como estimador temporal pluviométrico no sistema de abastecimento cantareira. *Revista de Informática Aplicada*, v. 14, n. 1, 2018. 3

OLIVEIRA, O. G.; OLIVEIRA, R. H.; GOMES, R. O. Energia solar: um passo para o crescimento. *REGRAD-Revista Eletrônica de Graduação do UNIVEM-ISSN 1984-7866*, v. 10, n. 01, p. 377–389, 2017. 6

PEREIRA, R. C. et al. Eficiência térmica de coletores solares de baixo custo–csbc. In: *17º CBECIMat-Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais*. [S.l.: s.n.], 2006. v. 15. 6

SAMOHYL, R. W. *Controle estatístico de qualidade*. [S.l.]: Elsevier, 2009. 8

SILVA, A. V. *Nossa Estrela O Sol*. [S.l.]: Editora Livraria da Física, 2006. v. 7. 6

TONIAZZO, F. et al. Solar energy and its global investments. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, v. 6, n. 5, 2017. 6

Enviado em: 11 dez. 2018

Aceito em: 23 mai. 2019

Editor responsável: - Mateus das Neves Gomes