



BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

FÁBIO SANTOS DE SOUZA

MONITORAMENTO DA TEMPERATURA EM UM SISTEMA ALTERNATIVO DE AQUECIMENTO DE ÁGUA

CARAGUATATUBA

2021

FÁBIO SANTOS DE SOUZA

**MONITORAMENTO DA TEMPERATURA DE UM SISTEMA
ALTERNATIVO DE AQUECIMENTO DE ÁGUA**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Câmpus Caraguatatuba como exigência para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil

Orientador: Prof^a Dr^a. Vassiliki Terezinha Galvão Boulomitys

Coorientador: Prof. Dr. Teófilo Miguel de Souza

**CARAGUATATUBA
2021**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Serviço de Biblioteca e Documentação do IFSP Câmpus Caraguatatuba

S729m Souza, Fabio Santos de
Monitoramento da temperatura em um sistema alternativo de aquecimento de água. / Fabio Santos de Souza. -- Caraguatatuba, 2022.
24 f. : il.

Orientadora: Profa. Dra. Vassiliki Terezinha Galvão Boulomytis.
Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) -- Instituto Federal de São Paulo, Caraguatatuba, 2022.

1. Engenharia Civil. 2. Sustentabilidade. 3. Energia solar. 4. Tecnologia de baixo custo. 5. Eficiência energética I. Boulomytis, Vassiliki Terezinha Galvão, orient. II. Instituto Federal de São Paulo. III. Título.

CDD: 624

Ficha catalográfica elaborada por Elis Regina Alves dos Santos
Bibliotecária - CRB 8/8099

ATA N.º 7/2021 - CENG-CAR/DAE-CAR/DRG/CAR/IFSP

Ata de Defesa de Trabalho de Conclusão de Curso - Graduação

Na presente data realizou-se a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **Monitoramento da temperatura de um sistema alternativo de aquecimento de água** apresentado(a) pelo(a) aluno(a) **Fabio Santos de Souza (CG1701177)** do Curso **BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL (Câmpus Caraguatatuba)**. Os trabalhos foram iniciados às 8h03min (oito horas e três minutos) pelo(a) Professor(a) presidente da banca examinadora, constituída pelos seguintes membros:

Membros	IES	Presença (Sim/Não)	Aprovação/Conceito (Quando Exigido)
Vassiliki Terezinha Galvao Boulomytis (Orientadora)	IFSP CAR	SIM	Aprovado
Teófilo Miguel de Souza (Coorientador/ Examinador Externo)	UNESP	SIM	Aprovado
Samir Costa Fagury (Examinador interno)	IFSP JCR	SIM	Aprovado
Luiz Felipe Borges Martins (Examinador Interno)	IFSP SRQ	SIM	Aprovado

Observações:

A banca examinadora, tendo terminado a apresentação do conteúdo da monografia, passou à arguição da candidata. Em seguida, os examinadores reuniram-se para avaliação e deram o parecer final sobre o trabalho apresentado pelo(a) aluno(a), tendo sido atribuído o seguinte resultado:

Aprovado(a) Reprovado(a)

Proclamados os resultados pelo presidente da banca examinadora, foram encerrados os trabalhos às 8h58min (oito horas e cinquenta e oito minutos) e, para constar, eu lavrei a presente ata que assino juntamente com os demais membros da banca examinadora.

Caraguatatuba, 17 de dezembro de 2021



(Assinado Eletronicamente)

Documento assinado eletronicamente por:

- Vassiliki Terezinha Galvao Boulomytis, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 17/12/2021 11:25:23.
- Samir Costa Fagury, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 17/12/2021 12:10:49.
- Teófilo Miguel de Souza, 41011040697 - Pessoa Externa, em 17/12/2021 12:35:38.
- Luiz Felipe Borges Martins, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 17/12/2021 14:47:13.
- Fabio Santos de Souza, CG1701177 - Discente, em 17/12/2021 17:16:21.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 16/12/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifsp.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 274286

Código de Autenticação: 0c8e151df0



Dedico esse trabalho aos meus pais, familiares e amigos, por sempre terem me acudido e apoiado nesse trajeto que foi a graduação, e a todos meus colegas de curso e professores que contribuíram para o meu conhecimento e aprendizado.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha vida, por me abençoar e ajudar a ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da minha formação acadêmica.

Aos meus pais, familiares e amigos, que me incentivaram e auxiliaram nos momentos difíceis e compreenderam a minha ausência enquanto eu me dedicava à realização deste trabalho.

Aos professores, pela correção e ensinamentos que me permitiram aprender e apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional.

“Semear ideias ecológicas e plantar sustentabilidade é ter a garantia de colhermos um futuro fértil e consciente”.

(Silvado Filho)

RESUMO

O presente artigo discute um sistema de aquecimento de água de baixo custo de fabricação, desenvolvido para economizar energia e para aqueles que não tem acesso a rede de energia elétrica, em um contexto de crises energéticas e econômicas. Para os fins deste estudo foi elaborado um protótipo que transforma a radiação solar em energia térmica, se utilizando do processo de convecção da água. O equipamento foi construído em PVC e revestido com manta térmica metálica para o isolar das condições externas, com todas as suas partes desenvolvidas utilizando concepções sustentáveis, facilidade de montagem e transporte. Os aquecedores do tipo solar são alternativas eficientes para o aproveitamento da energia gratuita do sol, transformando-a em energia térmica no caso do experimento estudado. O que justifica esse protótipo inovador e a análise contida neste artigo é a busca por alternativas que diminuam a conta de energia do consumidor e o impacto ambiental relacionado à geração de energia. Além disso, o método de fabricação do protótipo promove o acesso de pessoas que não apresentam condições financeiras para aquisição de um sistema de aquecimento convencional, de água. O aquecedor desenvolvido, quando colocado em comparação com as soluções comercializadas, se mostrou financeiramente viável e eficiente. Os resultados coletados durante os 3 meses de experimento revelam que as temperaturas de água do aquecedor são satisfatórias. Assim, o trabalho conclui que esse tipo de ferramenta é eficiente para aquecimento de água para fins domésticos e que existe a necessidade da implantação de uma política de estímulos ao uso de sistemas alternativos de geração de energia limpa e economicamente viável.

Palavras-chaves: Sustentabilidade; Energia Solar; Tecnologia de baixo custo; Eficiência energética.

ABSTRACT

This article discusses a low-cost manufacturing water heating system, developed to save energy and for those who do not have access to the electricity grid, in a context of energy and economic crises. For the purposes of this study, a prototype was developed that transforms solar radiation into thermal energy, using the water convection process. The equipment was made of PVC and coated with a metallic thermal blanket to insulate it from external conditions, with all its parts developed using sustainable concepts, easy to assemble and transport. Solar type heaters are efficient alternatives for the use of free energy from the sun, transforming it into thermal energy in the case of the experiment studied. What justifies this innovative prototype and the analysis contained in this article is the search for alternatives that reduce the consumer's energy bill and the environmental impact related to energy generation. In addition, the prototype manufacturing method promotes access for people who do not have the financial means to purchase a conventional water heating system. The developed heater, when compared to the commercialized solutions, proved to be financially viable and efficient. The results collected during the 3 months of the experiment reveal that the water temperatures of the heater are satisfactory. Thus, the work concludes that this type of tool is efficient for heating water for domestic purposes and that there is a need to implement a policy to encourage the use of alternative systems for generating clean and economically viable energy.

Keywords: Sustainability; Solar energy; Low-cost technology; Energy efficiency.

1. INTRODUÇÃO

Em 2001 aconteceu uma crise energética no Brasil, que ficou conhecida como “O apagão”, em que as chuvas vieram abaixo da média em todos os meses anteriores ao evento, que somando a falta de estrutura e planejamento das autoridades, causou o colapso do “Operador Nacional do Sistema Elétrico” responsável pela distribuição da rede elétrica, milhares de pessoas ficaram sem energia por dia (TOLMASQUIM, 2000). Em novembro de 2009 aconteceu outra falha no sistema de energia elétrica do país, onde fortes chuvas e rajadas de vento em São Paulo na região de Itaberá, causaram um curto-circuito nas linhas de transmissão da hidrelétrica de Itaipu, resultando na falta de energia durante 5 horas para aproximadamente 60 milhões de pessoas.

No Brasil o governo seguiu diante de uma necessidade de preparar um plano de contingência, como acionamento de termelétricas a fim de reestruturar o planejamento, e o que mais marcou a população, foram as medidas do governo federal para forçar os brasileiros a racionar energia (CAVALCANTI, 2005). Os consumidores tiveram que cortar voluntariamente 20 % do consumo de eletricidade, caso contrário, teria um aumento no valor pago na conta de energia. Segundo Macedo (2014), quem consumisse até 100 kw/h/mês (30 % dos lares brasileiros) não precisaria economizar nada. Acima dessa faixa, a redução era obrigatória e os que não aderissem ao pacote, corriam o risco de ter a luz cortada. Segundo Cavalcanti et al. (2005), o governo ainda impõe sobretaxa nas contas de energia dependendo das condições climáticas, ou seja, no inverno aciona-se o “alerta vermelho” pelo fato de não ocorrerem precipitações o suficiente para abastecer as hidrelétricas, e assim, as termelétricas são acionadas. Além de nessa época do ano, as sensações térmicas caem, fazendo com que a população aumente o grau de temperatura do chuveiro elétrico, o que aumenta ainda mais o consumo energético nas residências.

Segundo Pereira et al. (2006), cerca de 77 % da energia gerada em nosso país é proveniente de energia hidráulica, devido a grande reserva de água no território nacional. Contudo, vivemos em um período de escassez hídrica que por sua vez, origina em uma crise energética, onde as hidrelétricas não estão suprindo a grande demanda da população brasileira, além de serem consideradas ultrapassadas e ineficientes por causa de suas perdas de energia na fiação que a distribui pelas regiões (TOLMASQUIM, 2000). Por essa razão, o Brasil começa a enfatizar a necessidade de

investimento em energias renováveis, sendo algumas destas fontes naturais de energia, como a energia eólica - que consiste em captar energia através dos ventos; energia biomassa - que queima substâncias de origem orgânica para a produção de energia; e por último a melhor e mais sustentável fonte de energia, sendo a energia solar (SIMIONI, 2006). Ela pode ocorrer através de placas fotovoltaicas para a produção de energia elétrica, ou de aquecedores solares para aquecimento de água em residências. O aquecedor solar de baixo custo (ASBC) é feito com materiais poliméricos de uso comum na construção civil que necessitam de pouco investimento e podem ser montados manualmente, e tem como público-alvo, residências de baixa renda e isoladas geograficamente que se encontram com dificuldades de acesso à rede elétrica. É um equipamento que funciona com a energia e calor gerados pela radiação solar.

O Brasil é um país tropical e se encontra em uma localização bem privilegiada, próxima a linha do Equador, especialmente na faixa tropical que é a área com maior recebimento de raios solares do Planeta. Segundo Pereira et al. (2006), a região Nordeste tem os maiores índices de radiação solar, atingindo média anual de 6 kWh/m²/dia. Dessa forma, o país tem como principal atrativo seu alto índice de insolação e elevadas temperaturas, o que se configura ideal para o desenvolvimento de novas tecnologias voltadas para o reaproveitamento de energia solar.

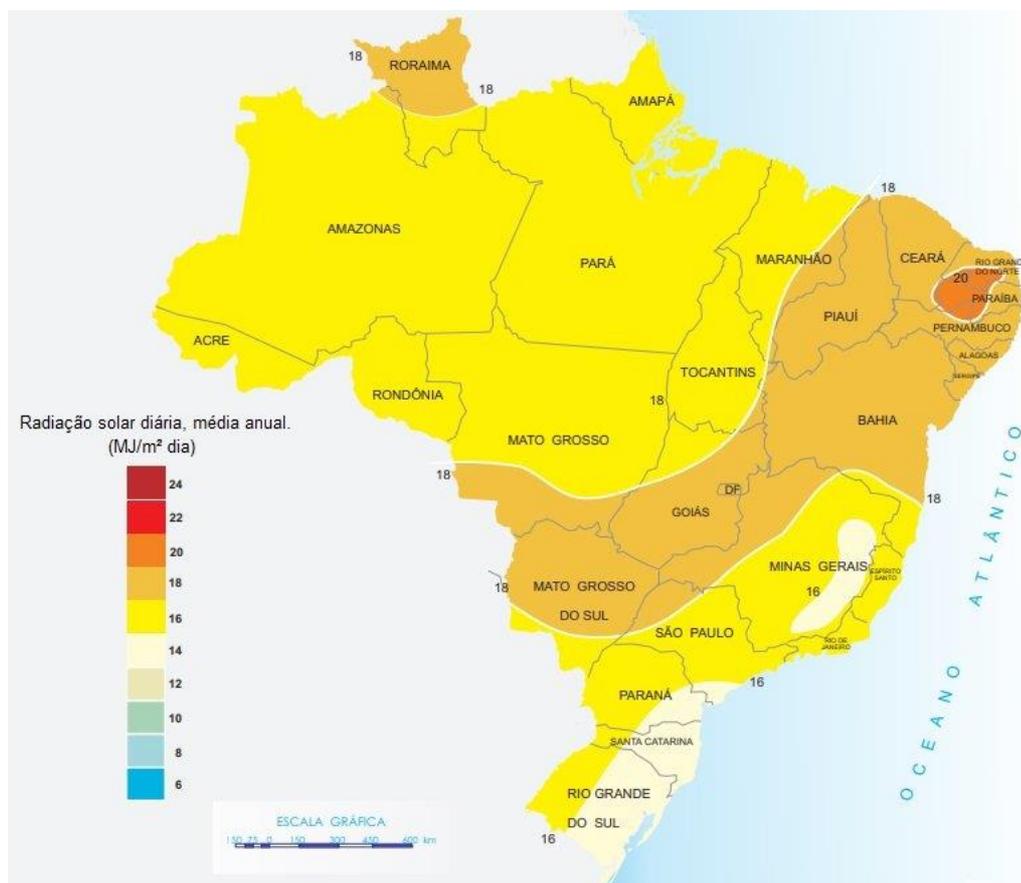
A importância do aproveitamento e exploração da energia solar deve-se, por ser uma energia limpa, inesgotável e gratuita, assim, tornando o sol um gerador com grande potencial de energia para o uso doméstico em breve. A preocupação com as fontes de energias convencionais que se mostram cada vez mais ineficientes para suprir toda a população, além dos impactos negativos causados ao meio ambiente. (DANTAS NETO, 2018).

Em 2015, ocorreu em Paris, França, a 21^a Conferência das partes (COP-21) da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima, onde os países participantes, criaram um acordo climático com intuito de diminuir o aquecimento global. Daquele ano em diante, houve uma preocupação maior com o uso e desenvolvimento de energias renováveis (COSTA, 2017).

A energia solar é proveniente de ondas eletromagnéticas recebidas da estrela mais próxima do planeta terra, o sol. Essas ondas atingem a superfície terrestre na

forma de calor e luz, dependendo da latitude local, do tempo em relação ao horário do dia e do dia do ano (Figura 1). Isso acontece devido ao movimento de rotação da terra, que demora 24 horas para dar uma volta completa em torno do seu eixo imaginário. Assim, o período de claridade do sol varia entre as regiões do globo. A radiação solar pode ser convertida em energia elétrica com a utilização de placas fotovoltaicas de silício, ou em energia térmica com a utilização de coletores solares de aquecimento de água (COSTA, 2017).

Figura 1. Mapa solarimétrico do Brasil.



Fonte: PEREIRA et al.

A cidade de Caraguatatuba, localiza-se no litoral norte do estado de São Paulo e em sua maior parte do ano apresenta o clima quente de no mínimo 25 °C, apresentando condições favoráveis para o aproveitamento de energias solar, segundo Brito e Cabral (2008).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho, foram coletados dados de temperaturas internas e externas de um sistema alternativo de aquecimento de água. Ele é constituído, basicamente de uma placa modular de PVC que transfere a energia térmica dos raios solares para a água do seu interior.

O abastecimento e armazenamento do conjunto é função da caixa d'água, que é conectada a placa por tubos de PVC (Figura 2).

Figura 2. Representação de um aquecedor solar de baixo custo com capacidade de 100 litros de água.



Fonte: Autor.

A eficiência de um aquecedor de água é medida por meio da energia térmica diária produzida e o intervalo de tempo em que o sistema se mantém aquecido, conforme a temperatura favorável para o banho humano, que é no mínimo de 29° C. Para julgar a eficiência energética do sistema de aquecimento, foram usados materiais eletrônicos, microcontrolador Arduino UNO, um termômetro (Thermo Par DS18B20), Leds/Resistores, Jumpers, Protoboard e Cabo USB A-B, que auxiliaram no colhimento de dados de temperaturas coletados entre os meses de junho de 2019 e outubro de 2019.

Os dados de temperaturas internas e externas do aquecedor foram obtidos continuamente de forma direta, por meio de um termômetro (Thermo Par DS18B20) submerso na água. É uma ferramenta eletrônica de medição muito sensível com exatidão de $\pm 0,5$ °C que pode coletar temperaturas entre -55 °C a 125°C, conectado

junto a uma plataforma de prototipagem. A plataforma, por sua vez, foi programada para realizar leituras de temperaturas a cada 30 minutos, tornando a pesquisa mais precisa conforme o que mostra no Quadro A1 do Apêndice.

Por fim, os dados de temperaturas coletados, foram convertidos em modelos gráficos, que facilitarão a análise do monitoramento energética desse tipo de aquecedor em condições reais de utilização. A Tabela 1 apresenta os materiais que em grande parte são compostos de Policloreto de vinila, necessários para a montagem manual do aquecedor estudado e seus respectivos valores comerciais, assim totalizando um investimento de R\$ 654,30 (valores levantados em outubro de 2021).

Tabela 1. Materiais e seus respectivos valores comercializados.

Descrição	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Caixa d'água de 100 L.	1,00	250,00	250,00
Placa modular de forro PVC (0,625 m x 1,250 m)	1,00	43,00	43,00
Tinta esmalte preta fosca	225 ml	17,00	17,00
Cola plexus	1,00	50,00	50,00
Rede de proteção contra insetos (1.20 ²).	2 m ²	5,00	5,00
Tubo de 25 mm.	400 cm	30,00	30,00
Joelhos de 90° de 25 mm.	8,00	0,80	6,40
Tubo de 50 mm.	220 cm	60,00	60,00
Joelhos de 90° de 50 mm.	2,00	7,00	14,00
Tubo de 100 mm.	150 cm	30,00	30,00
Adaptadores com anel para caixa d'água de 25 mm.	4,00	13,00	52,00
Adaptador curto com rosca de 25 mm.	2,00	1,40	2,80
Luva de 25 mm.	2,00	1,30	2,60
Luva com rosca 25 mm.	1,00	1,50	1,50
Cap com rosca de 25 mm.	2,00	14,00	28,00
Torneira boia para caixa de água 25 mm.	1,00	41,00	41,00
Torneira simples de plástico com rosca de 25 mm.	1,00	11,00	11,00
Manta térmica metálica.	2 m ²	10,00	10,00
Valor Total (R\$)			654,30

Fonte: Autor.

Na Tabela 2, encontra-se todos os materiais necessários para a montagem do ASBC, sem quantificar a caixa d' água, pois em grande parte das residências já encontra instalada, podendo ser feita a reutilização.

Tabela 2. Materiais e seus respectivos valores comercializados.

Descrição	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Placa modular de forro PVC (0,625 m x 1,250 m)	1,00	43,00	43,00
Tinta esmalte preta fosca	225 ml	17,00	17,00
Cola plexus	1,00	50,00	50,00
Rede de proteção contra insetos (1.20 ²).	2 m ²	5,00	5,00
Tubo de 25 mm.	400 cm	30,00	30,00
Joelhos de 90° de 25 mm.	8,00	0,80	6,40
Tubo de 50 mm.	220 cm	60,00	60,00
Joelhos de 90° de 50 mm.	2,00	7,00	14,00
Tubo de 100 mm.	150 cm	30,00	30,00
Adaptadores com anel para caixa d'água de 25 mm.	4,00	13,00	52,00
Adaptador curto com rosca de 25 mm.	2,00	1,40	2,80
Luva de 25 mm.	2,00	1,30	2,60
Luva com rosca 25 mm.	1,00	1,50	1,50
Cap com rosca de 25 mm.	2,00	14,00	28,00
Torneira boia para caixa de água 3/4.	1,00	41,00	41,00
Torneira simples de plástico com rosca de 25 mm.	1,00	11,00	11,00
Manta térmica metálica.	2 m ²	10,00	10,00
Valor Total (R\$)			404,30

Fonte: Autor.

Para a fabricação e instalação do aquecedor solar de baixo custo, foi necessário o uso de equipamentos apresentados na Tabela 1. Utilizou-se lâmina de serra para o corte e medida dos tubos de PVC. Para a colagem da placa de PVC aos tubos hidráulicos, utilizou-se uma espátula para espalhar melhor a cola nas áreas conectadas. Vale ressaltar que o valor aplicado na construção e instalação do aquecedor solar pode ser reduzido em até 38 %, pois em muitas casas já existe instalado reservatórios de água que possibilitam o seu reaproveitamento (Tabela 2).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Brasil, os sistemas de aquecedor solar já existem desde a década de 1990. Mas esse tipo de tecnologia, por muitos anos, era construído com materiais nobres como o cobre, alumínio e vidro que acaba elevando seu investimento inicial, portanto, não condizem com a realidade de grande parte da população brasileira.

Comparando-se os valores da Tabela 1 com os da Tabela 3, observa-se que os preços se divergem muito dos aquecedores solares convencionais e dos aquecedores de baixo custo. Isso vale especialmente devido aos materiais utilizados para a fabricação de cada um dos aquecedores. Onde o aquecedor de baixo custo é feito com materiais de Policloreto de vinila (PVC), que são materiais considerados acessíveis, já o aquecedor solar convencional que é construído com metais e vidro, que por sua vez, são mais valorizados como mostra a Tabela 3.

Tabela 3. Valores de investimento de aquecedores solares comercializados.

Amostra	Preço (R\$)	Capacidade (L)
1	2.000,00	500
2	3.285,00	
3	4.799,00	
4	5.302,00	
5	6.000,00	
6	9.730,00	

Fonte: Autor.

Adicionalmente, foram utilizados dados de estações solarimétricas do Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (CRESESB), que conta com um programa chamado SunData. Ele é responsável pelo cálculo da irradiação solar diária média mensal em qualquer parte do território nacional através de dados de radiação solar disponibilizado pelo Atlas Brasileiro de Energia Solar e do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), extraídos de análises feitas em imagens de satélites, sendo necessário apenas as coordenadas geográficas do ponto desejado para se obter as informações de irradiação.

Como o experimento de extração de dados de temperaturas do sistema alternativo de aquecimento de água, localizava-se na Avenida Guaporé, Bairro Indaiá, na cidade de Caraguatatuba-SP, foram utilizadas as seguintes coordenadas geográficas, Latitude: 23,63194° S. e Longitude: 45,42545° Oeste, para obtenção da irradiação solar diária média no local de estudo, Tabela 4.

Tabela 4. Irradiação solar diária média registrada na cidade de Caraguatatuba - SP.

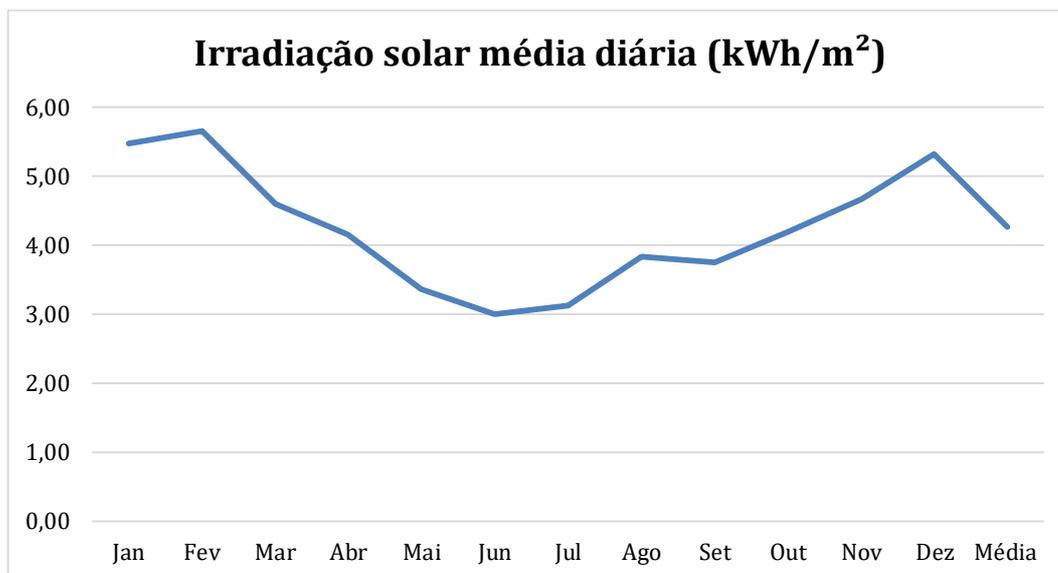
Irradiação solar diária média (kWh/m ²)													
Longitude e Latitude (°)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
45,449°O 23,601'S	5,32	5,59	4,60	4,07	3,33	3,01	3,10	3,84	3,76	4,25	4,59	5,33	4,23
45,449°O 23,701'S	5,47	5,65	4,60	4,15	3,36	3,00	3,12	3,84	3,75	4,20	4,67	5,32	4,26
45,349°O 23,601'S	5,33	5,56	4,58	4,10	3,33	3,03	3,10	3,82	3,74	4,18	4,57	5,27	4,22

Fonte: Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (CRESESB, 2017).

Analisando as Tabelas 4, nota-se que o verão brasileiro é a época do ano que a cidade de Caraguatatuba recebe maior incidência dos raios solares, sendo em média 5,41 kwh/m²/dia, provando ter um grande potencial energético para a implementação do aquecedor solar de baixo custo, funcional em todas as estações do ano, com maior eficiência identificada no verão.

Os valores de irradiação solar média para a cidade de Caraguatatuba (Figura 3), demonstram que o aquecedor de baixo custo será mais eficiente, nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril, setembro, outubro, novembro e dezembro que são aqueles meses em que a irradiação solar é maior.

Figura 3. Irradiação solar média para a cidade de Caraguatatuba-SP.



Fonte: Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (CRESESB, 2017).

A eficiência do aproveitamento de energia solar incidente na placa do aquecedor, depende da temperatura máxima ambiente do dia analisado, assim como, o período de exposição do coletor à irradiação solar. Esta eficiência apresenta estreita correlação com as temperaturas colhidas na pesquisa, considerando-se que em dias nublados e chuvosos, as temperaturas d'água não se elevam.

No mês de setembro foram registrados 19 dias, sendo que deles, 6 dias a temperatura máxima d'água dentro do aquecedor solar, ultrapassou a temperatura de 29°C (Tabela 5).

Tabela 5. Dados de medições do mês de setembro de 2019.

Data	T (°C) (às 14h)	T Máxima (°C)	T Mínima (°C)	Varição de T (°C)
01/09	26,25	33,75	23,75	10,00
02/09	22,25	23,75	22,25	1,50
03/09	23,75	24,00	22,25	1,75
04/09	23,50	26,75	22,00	4,75
10/09	34,25	39,25	26,50	12,75
11/09	34,00	37,75	27,25	10,50
12/09	37,00	39,25	27,50	11,75
13/09	Não Registrado	33,25	28,00	5,25
19/09	28,00	30,75	26,50	4,25
20/09	29,25	30,00	24,75	5,25
21/09	26,25	28,25	25,25	3,00
22/09	22,75	25,00	20,75	4,25
23/09	21,00	23,25	19,25	4,00
25/09	22,50	23,25	21,75	1,50
26/09	21,75	22,00	20,25	1,75
27/09	21,50	22,50	19,75	2,75
28/09	23,00	23,00	20,25	2,75
29/09	Não Registrado	23,00	21,50	1,50
30/09	27,75	28,50	22,50	6,00

Fonte: Autor.

Os dados de temperaturas máximas internas do reservatório do aquecedor solar de baixo custo (Tabela 5), mostram que em todos os dias destacados, as temperaturas ultrapassaram o intervalo de temperatura ideal para banho humano que, varia de 29°C

a 38°C. Isso mostra que em dias mais quentes, a água aquecida é adequada para o objetivo deste aparelho, que é aquecer a água até uma temperatura agradável para um banho.

Na Tabela 6 notamos que em 14 dias as temperaturas de água aquecida do sistema alternativo foram elevadas se forem comparadas água de chuveiros elétricos comercializados de 4 níveis de temperatura, que na fase 1 aquecem a água até os 31°C.

Tabela 6. Temperaturas internas máximas colhidas durante a pesquisa.

Dados de Temperaturas Internas															
Mês	06/2019								08/2019	09/2019				10/2019	
Dia	12	13	14	18	19	23	24	25	29	10	11	12	13	3	6
T(°C)	34	42	43	34	33	36	39	34	36	39	38	39	33	33	33

Fonte: Do autor.

No Brasil, diversos modelos e marcas de chuveiros e duchas são comercializados, e todos devem seguir especificações como de temperaturas máximas e mínimas, segundo determinações do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO).

Analisando a Tabela 7, observamos os dados de temperatura máxima de um chuveiro elétrico utilizado em residências.

Tabela 7. Temperatura máxima d'água do chuveiro elétrico.

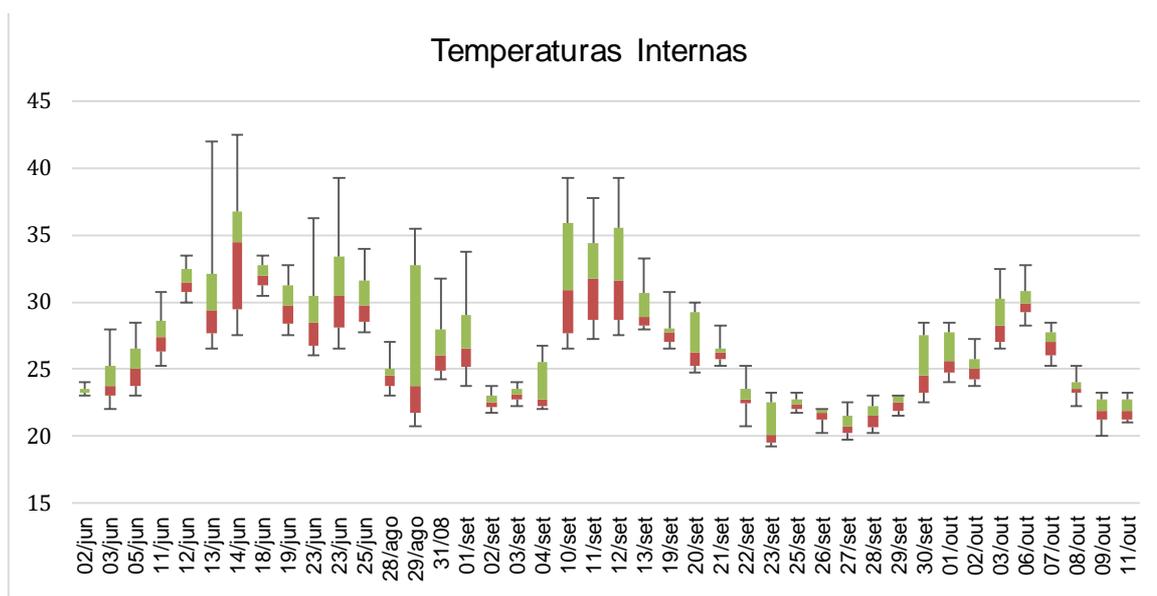
Nível	T (°C)
1	21,00
2	30,30
3	36,60
4	44,10

Fonte: Autor.

Comparando-se as Tabelas 6 e 7, observamos que em sete dias a água aquecida no aquecedor estudado ultrapassou a temperatura de 36,6 °C, equivalente ao nível 3 da ducha 4T.

Com os dados de temperaturas d'água no interior do aquecedor solar de baixo custo coletados durante a pesquisa em dias distintos (Figura 4), pode-se destacar o mês de junho, que chamou atenção por ter ocorrido temperaturas elevadas, onde em 75 % dos dias do mês de junho, as temperaturas máximas ultrapassaram os 30°C.

Figura 4. Temperaturas da água interna ao aquecedor solar de baixo custo.



Fonte: Autor.

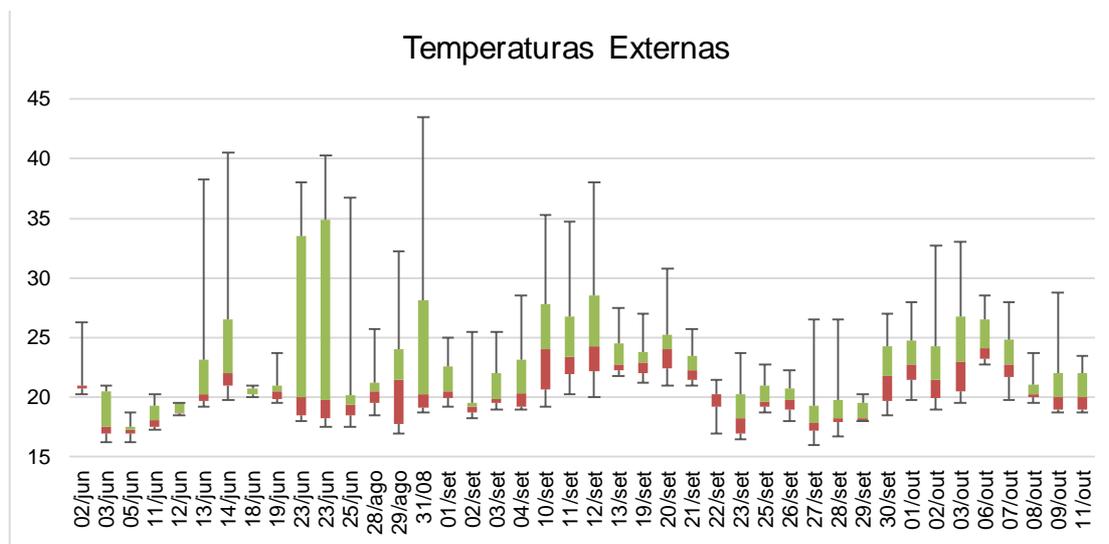
Analisando a Figura 4, percebe-se que apenas 26 % dos dias, a água aquecida pelo dispositivo estudado não ultrapassou os 21 °C referentes ao nível 1 do tipo de ducha utilizada para comparativo.

Cerca de 48 % dos dias examinados, a temperatura máxima da água aquecida pelo aquecedor, ultrapassou a temperatura de 29 °C que é considerada temperatura mínima para banho humano.

Ainda na Figura 5, verifica-se que a maioria dos dias observados tiveram temperaturas máximas em torno dos 35 °C, e as temperaturas mínimas e médias, bem próximas dos 30 °C, o que prevalece a eficiência deste tipo de alternativa para aquecimento de água de residências populares.

No dia 14 de junho, apresenta-se a maior temperatura máxima colhida nesse experimento, 42 °C (Tabela 4), ultrapassando até mesmo a temperatura máxima para o dia, que foi de 40 °C (Figura 5).

Figura 5. Temperaturas externas ao aquecedor solar de baixo custo.



Fonte: Autor.

CONCLUSÕES

Comercialmente, existem diversos fabricantes de aquecedores solares, assim como diversos modelos, que fazem com que seus valores de aquisição variem de dois mil reais até seis mil reais para o uso residencial. Comparando-se os valores entre os aquecedores convencionais e o aquecedor estudado, nota-se uma diferença no valor de investimento de no mínimo 67 %, podendo chegar a 93 % de economia. Esse fato está de acordo com a política de inclusão social, pois propicia que pessoas com maior vulnerabilidade social possam ter acesso a esse tipo de tecnologia sem grandes investimentos financeiros e conhecimentos aprofundados da física envolvida no aquecimento e na montagem do aquecedor.

Diante dos dados de temperaturas expressados ao decorrer do trabalho pode-se afirmar que esse tipo de aquecedor solar de baixo custo é eficiente energeticamente, pois além de fornecer água aquecida supre todas as expectativas em relação a transformação de energia solar em energia térmica. Ele mostra que as temperaturas finais d'água aquecida se aproximam das temperaturas dos chuveiros e duchas convencionais, e assim, pode ser aproveitada para diversos fins doméstico.

Portanto, é de suma importância que os órgãos governamentais do país passem a divulgar, investir e incentivar essas novas formas de tecnologias, visando o melhor uso de energia limpa, permanente e abundante que é a energia solar, em prol

de melhorar a qualidade de vida e preservar o meio ambiente, além de maximizar a sua utilização das comunidades em condições mais vulneráveis e disseminar essa tecnologia simples e básica que rodeia o aquecedor solar de baixo custo.

REFERÊNCIAS

BRITO, Luis Antonio Perrone Ferreira; CABRAL, Sergio. **Análise bioclimática do Município de Caraguatatuba de São Paulo de 1998 a 2006**. *Tecno-Lógica*, v. 12, n. 1, p. 1-6, 2008.

CAMPOS, Mayara Soares; ALCANTARA, LDS. **Programa para o cálculo da variação da direção de incidência dos raios solares ao longo do ano**. In: Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 41. 2013. Rio Grande do Sul.

CAVALCANTI, Ceres Zenaide Barbosa. **O comportamento do consumidor de energia elétrica face ao racionamento**. Trabalho de Doutorado em Economia – Programa de Pós-Graduação em Economia, Universidade Federal de Pernambuco. 2005.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA AS ENERGIAS SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO (CRESESB). **Potencial Solar**. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/413460534/CRESESB-Centro-de-Referencia-Para-Energia-Solar-e-Eolica>> Acesso em: 15 outubro de 2021.

COSTA, Claudia Longrova. **POTENCIAL DE GERAÇÃO ELÉTRICA SOLAR DO MUNICÍPIO DE CARAGUATATUBA-SP**. Trabalho de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Brasil. 2017.

DANTAS NETO, Pedro Moises et al. **Aumento da eficiência na captação de raios solares na produção de energia elétrica em células fotovoltaicas, por meio de um seguidor solar**. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Bacharel em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido. 2018.

MACEDO, Humberto Rodrigues et al. **Expansão e perspectivas do sistema de transmissão brasileiro após a crise energética de 2001**. In: JICE-JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E EXTENSÃO, 5. Tocantins. 2014.

PEREIRA, Enio Bueno. et al. **Atlas brasileiro de energia solar**: INPE. São José dos Campos. p, 32. 2006. Disponível em: <http://www.zonaeletrica.com.br/bsp/apresentacoes/plenaria1/Palestra_ABSolar_28062016.pdf> Acesso em: 23 de outubro de 2021.

PEREIRA, Renato C., et al. **Eficiência Térmica de Coletores Solares de Baixo Custo-CSBC**. CBECIMat-Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 17. Vol. 15. 2006. Paraná. Acesso em: 23 de out. 2021.

SIMIONI, Carlos Alberto. **O uso de energia renovável sustentável na matriz energética brasileira: obstáculos para o planejamento e ampliação de políticas sustentáveis**. Tese de Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento, Universidade Federal do Paraná. 2006. Disponível em: <<https://www.acervodigital.ufpr.br/handle/1884/5080>> Acesso em: 23 de outubro de 2021.

TOLMASQUIM, Mauricio. **As origens da crise energética brasileira**. Ambiente & Sociedade. 2000, n.6-7, pp. 179-183. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1414-753X2000000100012>>. Acesso em: 23 de outubro de 2021.

APÊNDICE

Quadro A1 – Linguagem de programação utilizada na pesquisa para extração dos dados.

```
#include <DallasTemperature.h>
#define ONE_WIRE_BUS 10
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);
DeviceAddress insideThermometer = { 0x28, 0xE7, 0xF2, 0x79, 0x97, 0x05, 0x03, 0xE3 };
DeviceAddress outsideThermometer = { 0x28, 0xFF, 0x53, 0xD0, 0x71, 0x16, 0x05, 0xAF };
void setup(void)
{
  Serial.begin(9600);
  sensors.begin();
  sensors.setResolution(insideThermometer, 10);
  sensors.setResolution(outsideThermometer, 10);
}
void printTemperature(DeviceAddress deviceAddress)
{
  float tempC = sensors.getTempC(deviceAddress);
  if (tempC == -127.00)
  {
    Serial.print("Erro ao ler temperatura !");
  }
  else
  {
    Serial.print("C: ");
    Serial.print(tempC);
  }
}
void loop(void)
{
  delay(1000);
  Serial.println("Lendo temperaturas...\n\r");
  sensors.requestTemperatures();
  Serial.print("Temperatura Sensor 1 (Interno): ");
  printTemperature(insideThermometer);
  Serial.print("\n\r");
  Serial.print("Temperatura Sensor 2 (Externo): ");
  printTemperature(outsideThermometer);
  Serial.println("\n\r");
}
```

Fonte: Autor