

USO DE AQUECEDOR SOLAR DE BAIXO CUSTO NO PREAQUECIMENTO DE ÁGUA PARA COCÇÃO DE ALIMENTOS

USE OF LOW-COST SOLAR HEATER IN PREHEATING WATER FOR
FOOD COOKING

Francisco Israel da Silva Rodrigues

israelifpe@gmail.com

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Faustino da Silva

ronaldofaustino@recife.ifpe.edu.br

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi fabricar e avaliar um aquecedor solar de baixo custo tendo como finalidade o pré-aquecimento de água para cocção de alimentos. Inicialmente foi levantado os custos e construído um protótipo de aquecedor solar utilizando tubos de PVC, garrafas pet e embalagens de caixas de leite. Em seguida foi avaliada a elevação de temperatura da água do sistema e utilizada a água já preaquecida para preparar os alimentos no fogão a gás GLP e verificar o tempo de cozimento dos alimentos e a economia alcançada. Constatou-se uma redução de tempo de cocção dos alimentos num total de 57 minutos. A utilização do sistema é eficaz para a economia doméstica de gás GLP. Dada à eficiência do sistema, constata-se que é uma fonte de economia de gás GLP para famílias de baixa renda e uma excelente alternativa sustentável do ponto de vista, ambiental e social.

Palavras-chave: Economia de gás. Cozimento de alimentos. Aquecedor solar.

ABSTRACT

The objective of this work was to manufacture and evaluate a low cost solar heater with the purpose of preheating water for food cooking. Initially it was raised costs and built a prototype solar heater using PVC pipes, pet bottles and cartons of milk cartons. Next, the system's water temperature elevation was evaluated and the water already preheated was used to prepare the food in the LPG gas stove and to check the cooking time of the food and the savings achieved. It was found a reduction in cooking time of a total of 57 minutes. The use of the system is effective for the domestic economy of LPG gas. Given the efficiency of the system, it is found to be a

source of LPG gas savings for low-income families and an excellent environmentally and socially sustainable alternative

KEYWORDS: Gas conservancy. Food cooking. Solar heater.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o país que mais recebe irradiação solar em todo o mundo. Por estar localizado próximo à linha do Equador, o país recebe alta incidência de sol durante todo o dia, com pouca variação ao longo das estações do ano, em função das características de translação do planeta. Segundo o Atlas Brasileiro de Energia Solar, o país recebe, durante todo o ano, mais de 3 mil horas de brilho do sol, correspondendo a uma incidência solar diária que pode ir de 4.500 a 6.300 Wh/m² (PEREIRA et al, 2006).

A Alemanha, que é o país que mais explora a energia fotovoltaica e aquecimento solar de água em todo o mundo, recebe aproximadamente 40% menos luz solar em sua região de maior potencial, em comparação com a incidência brasileira. Mesmo assim, a energia solar ainda é pouco aproveitada no Brasil, correspondendo a pouco mais de 0,02% da nossa matriz energética. Segundo ANEEL, 2018 o índice de irradiação solar de cada região é medido em watt por hora por metro quadrado (Wh/m²), unidade de medida padrão da ABNT. De acordo com Boreal solar (2016) comparativamente, a região que apresenta a maior disponibilidade energética é a Nordeste, em função de sua localização mais próxima à linha do Equador, seguidas pelo Centro-Oeste e Sudeste. A região Norte, que também está bem posicionada nesse sentido, recebe menos incidência solar, por ter características climáticas

e geográficas que reduzem o alcance da radiação. Com 5,9 kWh/m² de radiação global média, a região Nordeste se destaca também pela baixa diferenciação de incidência durante o ano. Apesar das variações regionais, porém, é pequena a diferença entre os índices de radiação registrados nas cinco diferentes regiões brasileiras. A região Sul, por exemplo, recebe a média de 5,0 kWh/m² por ano de incidência solar, valor acima do registrado em países como a Alemanha.

O esgotamento das fontes de combustíveis fósseis bem como a alta no preço dos mesmos vem se tornado um dos assuntos mais discutidos no que diz respeito à produção de energia. A busca por fontes alternativas e mais baratas de obtenção de energia tem considerado a energia solar como a forma de energia limpa mais abundante na natureza. Consequentemente, os aquecedores solares estão sendo mais utilizados em residências, hotéis, indústrias, edifícios, propriedades rurais e demais lugares onde são necessários. Um sistema básico de aquecimento de água por energia solar é composto por placas coletoras solares e um reservatório de água conhecido como Boiler (BRASOL, 2017).

As placas coletoras são responsáveis pela absorção da radiação solar. A energia térmica absorvida pelas placas é transmitida para a água que circula no interior de suas tubulações de cobre. O reservatório térmico é um recipiente

para armazenamento de água aquecida. São cilindros de cobre ou de aço inoxidável, porém isolados termicamente com poliuretano sem CFC (Cloro-fluor-carbono), para diminuir ao máximo as perdas de calor pelo processo de condução térmica. Dessa forma, a água permanece aquecida e pronta para o consumo a qualquer hora do dia ou da noite. A caixa de água fria alimenta o reservatório, mantendo-o sempre cheio. A água circula entre os coletores e o reservatório graças a um processo chamado de termo sifão. Nesse processo, a água dos coletores, que é mais quente, é menos densa que a água do reservatório, portanto, a água fria mais densa empurra a água quente para o reservatório garantindo a circulação.

O preço dos aquecedores solares ofertados pelas indústrias são reativamente altos, dificultado a aquisição dessa tecnologia para famílias de baixa renda, necessitando assim da implantação de uma forma mais barata de aquecimento de água para o cozimento de alimentos no intuito de se economizar o gás GLP.

Em face da crise econômica vivenciada pelos brasileiros e da tomada de decisões econômicas por parte dos setores reguladores tanto dos públicos quanto privados, a classe formada pelas famílias de baixa renda tem sido a mais afetada pelos efeitos da crise. A mudança na política de preços da Petrobras em relação aos combustíveis, sobretudo o gás de GLP tem gerado um fardo financeiro insuportável para as famílias de baixa renda. Nos últimos 12 meses, o preço médio do botijão de gás residencial subiu 17% - de R\$ 57 para R\$ 67,00 – de acordo com o levantamento de preços da Agência Nacional do

Petróleo (ANP) um aumento semelhante com o do óleo diesel, de 20% no mesmo período, que motivou a greve dos caminhoneiros. Além disso, é uma alta muito acima da inflação, de 2,86% nos últimos 12 meses, na medição do IPCA (BBC NEWS, 2018). Em virtude disso optou-se por neste trabalho utilizar o potencial solar de aquecimento de água a fim de gerar uma tecnologia capaz de ajudar a economizar o gás GLP.

2 METODOLOGIA

Inicialmente foi realizada uma revisão bibliográfica através de artigos, livros, dissertações e teses. A segunda etapa foi à construção de um protótipo de sistema de aquecimento de água solar de baixo custo. De acordo com Alano (2004) o aquecedor solar de material reciclado é de fácil construção. Para o Portal energia (2011), este método inteligente e simples é capaz de utilizar o calor do sol e transformá-lo em energia térmica, usando materiais recicláveis e de fácil acesso. Na tabela 1 segue a relação de material e custos para a confecção do sistema

Tabela 1 – Custos do Sistema

Insumo	Custo R\$
42 garrafas Pet transparentes 2L	reciclado
35 embalagens de leite longa vida	reciclado
12m de cano de PVC de 20mm	R\$24,00
14 conexões T de 20mm	R\$14,00
4 joelhos ou curva de 90°	R\$3,60

3 uniões flange de 20mm	R\$17,00
2 Adesivos 75g PVC	R\$7,00
1 folha de lixa 200	2,00
1 arco de serra	11,00
1 litro de tinta preta fosca	11,90
1 rolinho de espuma	2,30
4 metros de caibro	16,00
5m de ripa	10,00
½ Kg de prego	3,50
1 reservatório de 50L	45,00
Valor total do sistema →	R\$167,30

Fonte: AUTOR (2018)

Para atingir uma temperatura próxima de 52 °C foi dimensionado um protótipo conforme manual da Celesc (2018), uma garrafa para cada litro de água a ser aquecida.

O reservatório foi dimensionado para que a quantidade de água fria não ultrapasse 1/3 do volume total da água que foi aquecida (CELESC, 2018). Foram utilizadas 35 garrafas e reservatório de 50 litros.

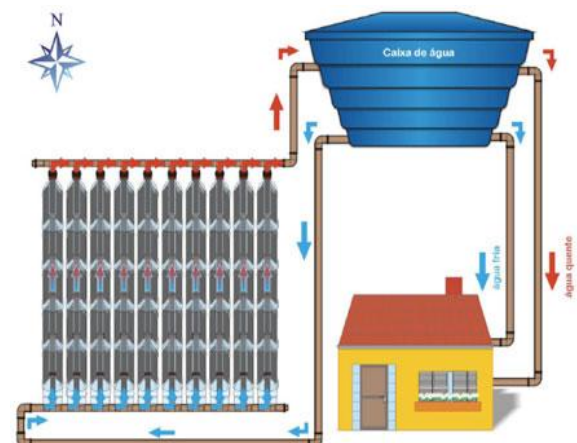
O aquecedor solar de baixo custo projetado segue o mesmo princípio de funcionamento do convencional. Os tubos de PVC equivalem às serpentinas de cobre por onde circula a água a ser aquecida, as embalagens de leite longa vida pintadas de preto equivalem ao fundo do painel que intensifica a absorção de calor, as garrafas pet equivalem ao painel de vidro que serve de estufa para o calor permanecer mais tempo no coletor e o reservatório ao boiler como se pode ver nas figuras 1 e 2.

Figura 1 – Aquecedor de água solar



Fonte: SOLETROL, 2018.

Figura 2 - Aquecedor Solar de baixo custo



Fonte: SEMA, 2011.

O processo de coleta, separação dos materiais e montagem do painel para construção do protótipo de aquecedor solar de garrafas PET ocorreu em um condomínio localizado na cidade do Recife.

Figura 3 – Reservatório de água de 50 litros com torneira para coleta de amostra



Fonte: Autor, 2018

Figura 4 – Protótipo de aquecedor solar em funcionamento



Fonte: Autor, 2018.

Na terceira etapa foi realizado um levantamento das características do aquecimento da água durante dias seguidos: medição da temperatura máxima atingida pela água e o tempo de aquecimento da água. Estas medições foram realizadas entre os dias 15 a 21 de janeiro de 2019.

As medições da temperatura ambiente da água aconteciam às 7 horas da manhã, às 11 horas com a água já aquecida para o preparo do almoço e às 17 horas para o preparo do jantar. Como o protótipo não tinha realimentação de água fria, essa alimentação foi simulada substituindo-se a água do reservatório todas as manhãs às 7 horas. O termômetro utilizado para medição das

temperaturas foi o termômetro digital TP-101 da RPC, específico para fins alimentícios, com escala de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ e com exatidão de mais ou menos $1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

A quarta etapa foi a medição do tempo de cozimento das refeições utilizando o queimador do fogão para a preparação das mesmas.

Os alimentos escolhidos para as análises foram o arroz, o feijão e a carne por serem comidas típicas da culinária brasileira. O feijão utilizado foi o feijão macassar. O arroz foi cozido em panela comum, o feijão e a carne bovina em panela de pressão.

O fogão utilizado para a o cozimento dos alimentos foi o modelo 52-SBL da Eletrolux com 5 queimadores. Dessa forma, utilizando o fogão padrão para todas as refeições preparadas e, sabendo-se o tempo necessário para o cozimento das refeições, utilizando primeiramente água na temperatura ambiente e depois água preaquecida, para determinar a diferença de tempo entre ambas e posteriormente quantificar a economia no consumo de gás GLP.

3 RESULTADOS E ANALISES

3.1 Análise dos custos de fabricação do protótipo

Constatou-se que o custo de fabricação do protótipo ficou bem abaixo do custo para aquisição de um aquecedor convencional comercial fabricado pela indústria. Fez-se uma pesquisa de mercado e verificou-se que o sistema de aquecimento solar convencional com reservatório de 50L custa cerca de R\$ 1.600,00. O protótipo feito de material reciclado

custa apenas R\$ 167,30, ou seja, quase 10% do valor do aquecedor solar convencional.

3.2 Análise das Temperaturas atingidas

Nas tabelas 2 e 3 são apresentados os resultados de medições das temperaturas da água após aquecida no sistema registradas dos dias 15 a 21 de janeiro de 2019.

Tabela 2 – Temperatura da Água Para Almoço

Dia	Água (°C) ambiente às 07h00	Água (°C) preaquecida às 11h00
15/01/19	22,4	49,1
16/01/19	22,1	49,1
17/01/19	19,8	48,1
18/01/19	21,0	49,0
19/01/19	21,7	49,2
20/01/19	22,1	49,3
21/01/19	22,3	50,4

Fonte: Autor, 2019.

Tabela 3 – Temperatura da água para Jantar

Dia	Água (°C) ambiente às 07h	Água (°C) preaquecida às 17h
15/01/19	22,4	52,1
16/01/19	22,1	51,1
17/01/19	19,8	50,1
18/01/19	21,0	51,0
19/01/19	21,7	51,2
20/01/19	22,1	51,3
21/01/19	22,3	51,4

Fonte: Autor, 2019.

Verifica-se que a temperatura da água às 17 horas estava mais elevada

do que às 11 horas, o que ocorreu devido ao sistema ter passado mais tempo funcionando para o aquecimento e acúmulo de água quente.

3.3 Medição do tempo necessário para o cozimento dos alimentos

As tabelas 4 e 5 mostram os tempos de cozimento para as refeições utilizando água inicialmente na temperatura ambiente indo ao fogão.

Tabela 4 – Tempo de cozimento água em temperatura ambiente para almoço

Tempo de cozimento almoço em temperatura ambiente janeiro 2019					
D	Tipo	Kg	H2OL	°C	TP
22	Arroz	0,5	1,5	22,2	34,21
23	Feijão	0,5	1,5	22,2	30,00
24	Carne	0,7	0,5	22,2	30,00

Legenda:

D – Data

Tipo – Tipo de alimento

Kg – Quantidade de alimento

H2OL – Água em litros

°C – Temperatura ambiente da água

TP – Tempo de preparação em minutos

Fonte: Autor, 2019.

Tabela 5 – Tempo de cozimento da água em temperatura ambiente para jantar

Tempo de cozimento jantar em temperatura ambiente janeiro 2019					
D	Tipo	Kg	H2OL	°C	TP
22	Arroz	0,5	1,5	22,1	34,21
23	Feijão	0,5	1,5	22,0	30,00
24	Carne	0,7	0,5	22,1	30,00

Legenda:

D – Data

Tipo – Tipo de alimento
 Kg – Quantidade de alimento
 H2OL – Água em litros
 °C – Temperatura ambiente da água
 TP – Tempo de preparação em minutos
 Fonte: Autor, 2019.

As tabelas 6 e 7 mostram os tempos de cozimento para as refeições utilizando água preaquecida indo ao fogão.

Tabela 6 – Tempo de cozimento em água preaquecida para almoço

Tempo de cozimento almoço com água preaquecida janeiro 2019

D	Tipo	Kg	H2OL	°C	TP
22	Arroz	0,5	1,5	49,1	24,2
23	Feijão	0,5	1,5	49,1	20,0
24	Carne	0,7	0,5	49,1	20,0

Legenda:

D – Data
 Tipo – Tipo de alimento
 Kg – Quantidade de alimento
 H2OL – Água em litros
 °C – Temperatura da água preaquecida
 TP – Tempo de preparação em minutos
 Fonte: AUTOR (2019)

Tabela 7 – Tempo de cozimento em água preaquecida para jantar

Tempo de cozimento jantar com água preaquecida janeiro 2019

D	Tipo	Kg	H2OL	°C	TP
22	Arroz	0,5	1,5	52,1	22,2
23	Feijão	0,5	1,5	52,1	23,0
24	Carne	0,7	0,5	52,1	20,0

Legenda:

D – Data

Tipo – Tipo de alimento
 Kg – Quantidade de alimento
 H2OL – Água em litros
 °C – Temperatura da água preaquecida
 TP – Tempo de preparação em minutos
 Fonte: Autor, 2019.

Com os resultados obtidos e mostrados nas tabelas 2,3,4,5,6 e 7 foram calculados as diferenças de tempo e a quantidade total de tempo ganho na utilização da água preaquecida a fim de se obter o tempo economizado no preparo das refeições e, conseqüentemente, o tempo total reduzido conforme mostrado na tabela 8.

Tabela 8 – Tempo total diário economizado com a implementação do sistema

AL	TIPO	T °C A	T °C PRA	TE
Arroz	Almoço	34,22	24,22	10
Feijão	Almoço	30,00	20,00	10
Carne	Almoço	30,00	20,00	10
Arroz	Jantar	34,20	22,20	10
Feijão	Jantar	30,00	23,00	7
Carne	Jantar	30,00	20,00	10
Total do tempo Reduzido				57'

LEGENDA:

AL – Alimento
 TIPO – Modalidade
 T °C A – Tempo gasto para cocção na temperatura ambiente
 T °C PRA – Tempo gasto para cozimento na temperatura da água preaquecida
 TE – Tempo economizado
 Fonte: Autor, 2019.

Ash. C. 2018, propôs uma equação simples para o cálculo do

gasto diário do gás de cozinha levando-se em consideração o preço para aquisição do GLP, a capacidade do botijão, o tempo de cocção, e as informações de consumo dos queimadores fornecidos pelo fabricante do fogão utilizado. A expressão proposta encontra-se na figura 5.

Figura 5 – Custo do Gás de Cozinha

Gasto em R\$ =

$$(((T/60)*Kg/h)/B)*PB$$
Onde:
T = Tempo de uso em minutos dividido por 60;
Kg/h = Consumo por queimador, em Kg/h (ver o manual do fabricante do fogão)
B = Capacidade do botijão (13 ou 45 Kg);
PB = Preço do Botijão.

Fonte: ASH, 2018.

Utilizando as informações de consumo dos queimadores do fogão utilizado para a cocção dos alimentos contidas no manual do fabricante ELETROLUX 52SBL, 2018, a expressão matemática da figura 5 e orientações da LIQUIGÁS, 2018 e confrontando com os resultados das medidas de temperaturas e tempos de cozimento expressos nas tabelas 2,3,4,5,6,7 e 8 , tem-se:

Economia = $(((57/60)*0,225)/13) \times R\$70,00$ ou seja Economia = R\$1,15 por dia.

Verificou-se que com a utilização do sistema o tempo de cozimento dos alimentos referentes as duas refeições (almoço e jantar) foi de 57 minutos e que a economia gerada com essa redução de tempo resultou

em R\$ 1,15 por dia o que equivaleria a R\$ 419,75 por ano. No entanto foi considerado o custo de implantação do sistema que foi R\$ 167,30 e também as perdas de economia geradas devido ao período de chuvas o que corresponde por cerca de três meses e foram contabilizados 91 dias referentes aos meses de abril, maio e junho quando as chuvas são mais intensas no Nordeste. Essas perdas em virtude do clima equivalem a deixar de economizar R\$ 104,65. Assim, para o primeiro ano a economia seria menos do que para os anos posteriores, devido ao custo de implantação. Os dados da economia gerada anualmente por uma família encontram-se expressos na tabela 9.

Tabela 9. Economia gerada com o sistema em reais

Economia diária, anual, custos e perdas pelo clima.				
A	ED	EA	CI	PC
	R\$	R\$	R\$	R\$
1	1,15	419,75	167,30	104,65
2	1,15	419,75	Zero	104,65
Economia real anual				
A	ERA			
	R\$			
1	147,80			
2	315,10			

Legenda:

A – Ano

ED – Economia diária para uma família

EA – Economia Anual para uma família

CI – Custos de implantação para uma família

PC – Perdas pelo clima para uma família

ERA – Economia real anual para uma família

Fonte: AUTOR (2019)

4 CONCLUSÕES

Na utilização do sistema, o tempo de cozimento dos alimentos referentes as duas refeições (almoço e jantar) foi de 57 minutos e a economia gerada com essa redução de tempo resultou em R\$ 1,15 por dia o que equivaleria a R\$ 419,75 por ano com Gás GLP.

Neste sentido a implantação do sistema de aquecimento solar de água de baixo custo com material reciclado pode oferecer uma excelente opção na redução do consumo do gás de GLP e, conseqüentemente, uma alternativa sustentável do ponto de vista, econômico, social e ambiental.

REFERÊNCIAS

ALANO, J.A. **Manual sobre a construção e instalação do aquecedor solar com descartáveis**. Disponível em: <http://josealcinoalano.vilabol.uol.com.br/manual.htm> Acesso em: 04 ago. 2017.

ANEEL – **Agência Nacional de Energia Elétrica**. Disponível em <http://www.aneel.gov.br/>. Acesso em: 08 ago. 2017.

ASH. C. **Calculadora de consumo de gás**. Disponível em: <https://cristianoash.wordpress.com/2017/06/04/calculadora-de-consumo-de-gas/>. Acesso em: 02 dez. 2018.

BOREAL SOLAR 2016 – **Potencial de energia solar** - Disponível em: <http://borealsolar.com.br/blog/2016/10/26/potencial-de-energia-solar-quais-as-melhores-regioes-brasileiras-para-captacao-da-luz-solar/>. Acesso em: 25 ago. 2018.

BRASOL - **5 dicas de instalação de aquecedor solar** – Disponível em: www.rasol.com.br/5-dicas-de-instalacao-de-aquecedor-solar/ Acesso em: 21 set. 2017.

CELESC - **Aquecedor solar composto de produtos descartáveis manual** – Disponível em: www.celesc.com.br/portal/images/arquivos/manuais/manual-aquecedor-solar.pdf. Acesso em: 10 dez. 2018

ELETROLUX 52SBL 2018. **Manual do fogão 52SBL**. Disponível em: <https://loja.electrolux.com.br/fogao-de-piso-superforno-autolimpante-vidro-interno-removivel-52sbl-electrolux/p?> Acesso em: 24 set. 2018.

LIQUIGÁS – **Calculo do consumo de gás de cozinha** - Disponível em <https://www.liquigas.com.br/wps/portal>. Acesso em: 01 ago. 2018.

PEREIRA. E. B et al. **Atlas brasileiro de energia solar**. São José dos Campos : INPE, 2006.

SEMA – Secretaria estadual do meio ambiente e recursos hídricos. Disponível em: <http://www.meioambiente.pr.gov.br/>. Acesso em: 22 jun. 2011.

SOLETROL – **Aquecedores solares de água**. Disponível em: <http://www.soletrol.com.br/>. Acesso em: 13 set. 2018.