

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**

**Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá
Campus de Guaratinguetá**

Trabalho de Conclusão de Curso

**Análise comparativa entre os aquecedores solares industrial e
os construídos com garrafas pet e canos de pvc, cobre e
alumínio**

**Autores: María Fernanda Trujillo León
Pâmela Cristini Silva Nicolau**

Orientador: José Feliciano Adami

Guaratinguetá

2014



**XXII SNPTTE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

AB/XXX/YY
13 a 16 de Outubro de 2013
Brasília - DF

GRUPO - XIV

GRUPO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E GESTÃO DA TECNOLOGIA, DA INOVAÇÃO E DA EDUCAÇÃO - GET

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS AQUECEDORES SOLARES INDUSTRIAL E OS CONSTRUÍDOS COM GARRAFAS PET E CANOS DE PVC, COBRE E ALUMÍNIO.

**María Fernanda Trujillo León(*)
UNESP**

**Pâmela Cristini Silva Nicolau
UNESP**

**José Feliciano Adami
UNESP**

RESUMO

Este trabalho apresenta o uso de energia solar, para o aquecimento de água, através da análise de aquecedores solares industrial e os construídos com garrafas PET com canos condutores de água de cobre, alumínio e PVC, instalados no Centro de Energias Renováveis – CER, do Campus de Engenharia Guaratinguetá.

A análise foi realizada com a ajuda de sensores Termopar, software – Contemp View Simple, para obtenção de dados, software Teamviewer para acesso remoto. Sendo feitas as medições concluiu-se qual é o aquecedor mais eficiente a ser utilizado, sempre tendo como objetivo o aproveitamento da energia renovável usando a radiação solar.

PALAVRAS-CHAVE

Energias Renováveis, Aquecedores Solares, Cobre, Alumínio, PVC.

1.0 - INTRODUÇÃO

A Energia Solar apresenta características positivas para o sistema ambiental, pois o Sol, trabalhando como um imenso reator à fusão irradia na terra todos os dias um potencial energético extremamente elevado e incomparável a qualquer outro sistema de energia, sendo a fonte básica e indispensável para praticamente todas as fontes energéticas utilizadas pelo homem (1).

Existem várias aplicações para a energia solar; sendo que uma delas é o objeto de estudo deste projeto, trata-se do aquecimento de água. O aquecimento de água da forma mais convencional no país é através do chuveiro elétrico, sendo responsável por 12,8% da demanda máxima do sistema elétrico atualmente no Brasil, apesar do baixo custo para o usuário, representa um alto investimento na geração para as concessionárias; cerca de 45 vezes a mais do que o investimento do usuário (2). Por este exemplo e tantos outros cotidianos, pela evolução da vida, e também a degradação do meio ambiente, existe uma necessidade extrema de aproveitar todas as fontes de energia que o próprio universo produz para a se obter energia não poluente (3).

2.0 - OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é incentivar o uso da energia solar para o aquecimento d'água, apresentando a construção de protótipos de aquecedores solares constituídos de garrafas PET incolores e diferentes materiais para os canos condutores de água, como PVC, cobre e alumínio.

(*)Rua Dr. Ariberto Pereira da Cunha, n° 333 – DEE - Pedregulho – CEP 12.516-410 Guaratinguetá, SP, – Brasil
Tel: (+55 12) 3123-2145 – Fax: (+55 12) 3123-2830 – Email: maryfertrujillo@hotmail.com

Realizar uma análise comparativa entre esses modelos de aquecedores solares levantando suas características, vantagens e desvantagens, a fim de demonstrar sua viabilidade no aquecimento d'água.

Analisar os parâmetros como a dimensão dos equipamentos, o custo, o material utilizado e o rendimento para estabelecer essa comparação e provar que os aquecedores solares possuem uma eficiência suficiente para o uso doméstico, como a higienização, dentre outras finalidades.

3.0 - MATERIAS E MÉTODOS

Construíram-se os aquecedores solares com garrafas PET, utilizando cobre, alumínio e PVC como tubo condutor de água, e foram realizados ensaios com o intuito de serem comparados tanto com o aquecedor solar industrial assim como entre eles mesmos (4). A análise foi efetuada com a ajuda de um software – *Contemp View Simple*. Este conjunto, software e sensores, teve como função a aquisição de dados a partir dos quais foi possível extrair gráficos e verificar o comportamento da temperatura da água nos diversos tipos de aquecedores solares, assim como também foi utilizado o software *TeamViewer* para acesso remoto.

O aquecedor solar tradicional é constituído basicamente por placas coletoras, que absorvem raios solares incidentes, estes que são responsáveis pelo efeito estufa no interior do coletor permitindo a entrada de energia solar na forma luminosa, passando a funcionar como um armazenador de energia térmica, e impedindo sua saída na forma de radiação infravermelha, já nos aquecedores solares populares construídos com garrafas PET, os raios solares aquecem o ambiente interno das garrafas e, consequentemente a água que está circulando pelos tubos é aquecida.

Os reservatórios de água utilizados possuem ambos a capacidade de 200 litros. O aquecedor solar tradicional tem duas placas de 2m² e os aquecedores solares construídos com garrafas PET de 0,5 litro, possuem tanto o de cobre quanto o de alumínio e PVC, área total de 1m², sendo de 0,8m² a área de troca efetiva de calor, correspondente à área dos canos pintados de preto.

4.0 - RESULTADOS E ANÁLISE

Observou-se o comportamento dos aquecedores solares industrial e os populares construídos com garrafas PET de 0,5 litro quando era variado o material do cano pintado de preto pelo qual circula a água, sendo utilizados condutores de PVC, cobre e alumínio. Ver Figura 1.



FIGURA 1 – Aquecedores Solares Feitos com Garrafas PET de 0,5L com Condutores de Alumínio, PVC e Cobre e Aquecedor Solar Industrial (5).

4.1 Primeira fase

Na primeira fase, os aquecedores construídos com garrafas PET foram mantidos em regime contínuo de vazão de água, a fim de simular a água sendo gasta durante o dia em um ambiente doméstico. Não foram utilizados reservatórios de água. A água provinha da caixa d'água, passava pelos aquecedores e então era eliminada certa vazão. A vazão era variada a partir de torneiras localizadas na extremidade de cada aquecedor solar e essa variação foi feita a cada meia hora para os valores de 40, 30, 25, 20, 15 e 10 litros/hora, respectivamente, para

assim ter-se uma ideia de como os aquecedores trabalham com relação à dimensão da vazão que eles precisam suprir.

Em cada uma das torneiras desses três aquecedores foi colocado um sensor termopar em contato direto com o fluxo de água que ali estava passando para ver a qual temperatura os aquecedores estavam deixando a água, também foi colocado um sensor termopar para medir a temperatura ambiente e monitorado o índice de refração solar sobre os aquecedores durante os períodos de medição. A Figura 2 mostra uma destas torneiras, com o sensor termopar no fluxo de água.



FIGURA 2 – Sensor Termopar no Fluxo de Água Proveniente do Aquecedor Solar.

Todos os dados de temperatura foram armazenados através do software Contemp View Simple, e a partir destes foi possível a construção de tabelas e gráficos a fim de se estabelecer um comparativo entre os três tipos de aquecedores solares.

As figuras 3 e 4 mostram o comportamento dos aquecedores solares construídos com PVC, cobre e alumínio no dia 27 de outubro de 2012 em dois períodos com diferentes vazões.

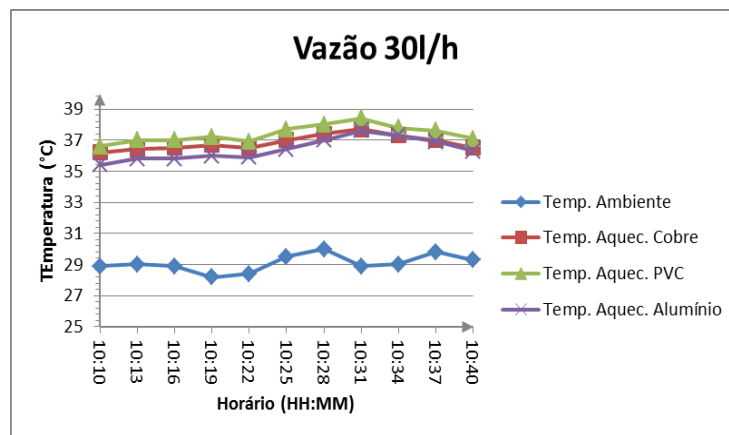


FIGURA 3 – Vazão de 30 litros/hora.

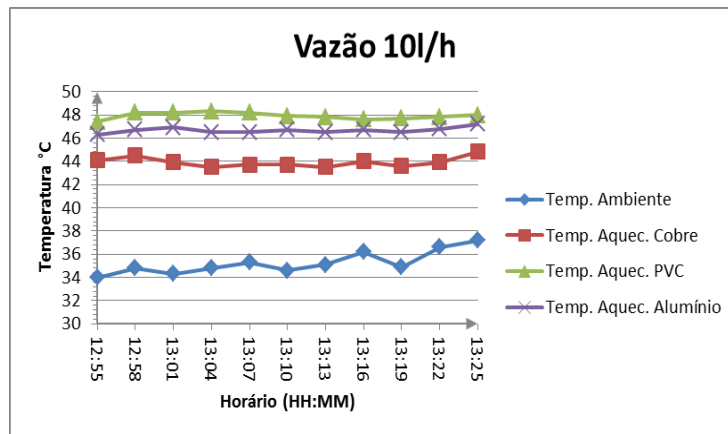


FIGURA 4 – Vazão de 10 litros/hora.

A partir dos gráficos construídos em base aos dados obtidos, podem ser feitas algumas observações.

Nos períodos em que a incidência de radiação solar foi maior percebeu-se que a temperatura atingida pela água proveniente do aquecedor solar construído com tubos PVC foi maior, na maioria dos casos, do que no aquecedor solar construído com cobre e do que no construído com alumínio. As curvas de temperatura da água, tanto no aquecedor de alumínio quanto no de cobre são bem próximas, porém as do aquecedor de alumínio predominaram um pouco acima das do de cobre. Enquanto a curva da temperatura da água no aquecedor de PVC acompanha de forma muito similar à curva da temperatura ambiente, os aquecedores de cobre, e principalmente o de alumínio, tendem a não variar tanto quanto a temperatura ambiente, ou seja, quando a temperatura ambiente diminui, o aquecedor de PVC diminui a temperatura de sua água praticamente na mesma proporção, enquanto os demais tendem a ir perdendo o calor armazenado vagarosamente e da mesma forma que estes demoram mais para perder o calor, eles também demoram mais para absorvê-lo, se comparados ao aquecedor de PVC.

Outra observação que foi feita é sobre a importância da incidência solar direta sobre o aquecedor, pois durante o dia, muitas vezes ocorreu de um aquecedor ficar mais exposto ao sol do que os outros, devido à sombra causada ou pelas nuvens ou pelas árvores existentes no local, e o aquecedor com maior incidência solar direta tinha a temperatura de sua água aumentada bem mais do que a dos outros.

4.2 Segunda fase

Nesta fase de pesquisa, os aquecedores solares populares foram monitorados apenas um de cada vez, utilizando o reservatório de água (boiler) para armazenar a água aquecida por eles, e ajustando a torneira pra ficar aberta a uma vazão de 9 litros/hora, a fim de simular o gasto de água. Também foi utilizado o aquecedor solar industrial para que fosse possível compará-los entre si, ele também foi ajustado para possuir a mesma vazão de 9 litros/hora.

Foi monitorada a temperatura no boiler dos aquecedores populares, no boiler do aquecedor tradicional, no fluxo de água das torneiras do aquecedor tradicional e dos populares e na caixa d'água para saber o valor da temperatura da água no ambiente. A Figura 5 mostra as válvulas pelas quais se fez a seleção do aquecedor solar que estava utilizando o boiler (6).



FIGURA 5 – Boiler dos Aquecedores Solares de Cobre, PVC e Alumínio.

As figuras 6, 7 e 8 mostram o comportamento dos aquecedores solares populares construídos com PVC, cobre e alumínio em relação ao aquecedor solar industrial. No dia 24 de fevereiro foram monitorados o aquecedor solar construído com cobre e o aquecedor solar industrial, no dia 27 de fevereiro o aquecedor solar construído com PVC e o aquecedor industrial e no dia 28 de fevereiro o aquecedor solar de alumínio e o industrial.

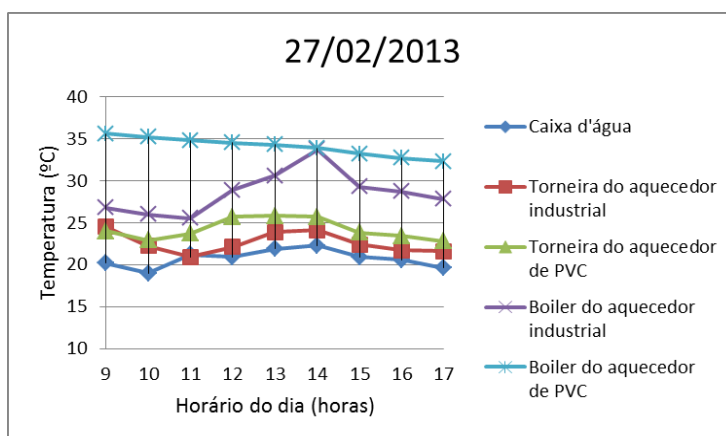


FIGURA 6 – Aquecedor solar de PVC e aquecedor solar industrial 27/02/2013.

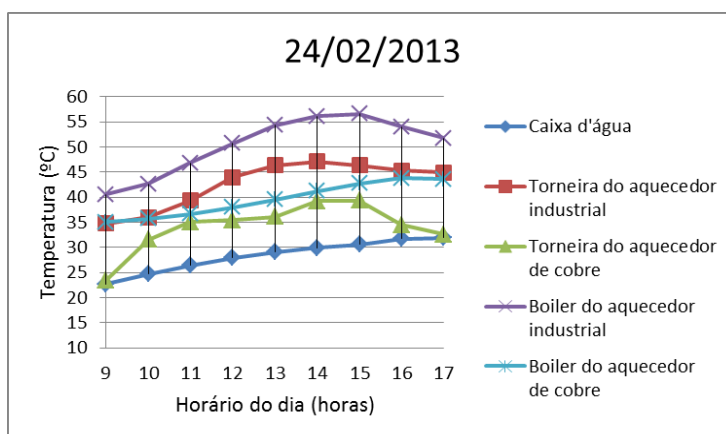


FIGURA 7 – Aquecedor solar de cobre e aquecedor solar industrial 24/02/2013.

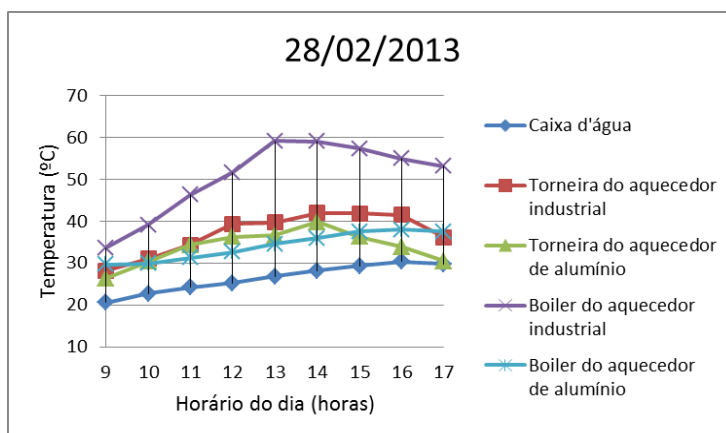


FIGURA 8 – Aquecedor solar de alumínio e aquecedor solar industrial 28/02/2013.

Analisando os gráficos construídos pode-se notar claramente que enquanto a temperatura da água do aquecedor industrial consegue superar por uma boa diferença a temperatura da água, tanto no aquecedor solar construído com cobre, quanto no construído com alumínio, a curva da temperatura da água do aquecedor solar de PVC fica acima da deste aquecedor industrial. Ou seja, em termos de características, referentes tanto ao rendimento quanto ao custo e à facilidade de montagem, o aquecedor solar popular de PVC é o que possui o maior número de vantagens.

Outra observação que pôde ser feita é que a temperatura do fluxo de água da torneira é sempre inferior à temperatura da água no boiler do respectivo aquecedor solar. Isso ocorre porque a água, ao sair da torneira e entrar em contato com o ambiente, perde calor para este, tendo sua temperatura diminuída.

Com o intuito de ter um acesso remoto ao Centro de Energias Renováveis, e monitorar os dados em qualquer lugar e a qualquer hora do dia, utilizou-se um software *TeamViewer* instalado tanto no Centro de Energias Renováveis (CER) como no computador do qual deseja-se acessar. A Figura 9 mostra uma ilustração.



FIGURA 9 – Acesso Remoto - software *TeamViewer*

5.0 - CONCLUSÃO

Os experimentos foram realizados com o aquecedor solar tradicional e os aquecedores construídos com garrafas PET e tubos de PVC, alumínio e cobre como condutores de água. A partir da análise dos resultados foi possível traçar o perfil de cada um, as vantagens e desvantagens de sua utilização. Levando em consideração que a temperatura ideal para um banho é de 5°C acima da temperatura ambiente, obtiveram-se então temperaturas suficientes mostrando que todos eles podem ser utilizados para o aquecimento de água para o banho.

Percebeu-se que os aquecedores com tubos de cobre e de alumínio, ao elevarem a temperatura da água a certo valor, caso a temperatura ambiente diminua, a água tende a perder seu calor mais devagar do que a água aquecida pelo aquecedor de PVC nas mesmas condições. Porém eles demoram mais para elevar a temperatura da água e na grande maioria dos casos observados, a temperatura atingida pelo aquecedor de PVC foi superior à dos outros dois.

Sabendo disso e de que o custo para se montar um aquecedor de PVC é bem menor que para se montar um de cobre ou alumínio, devido ao tipo de material e de não necessitar de mão de obra especializado para a construção, destacou-se o aquecedor de PVC como o melhor a ser utilizado, com maior número de vantagens comparado aos outros tipos de aquecedores.

O Brasil é um país que possui localização privilegiada no que diz respeito à abundância de energia solar, porém a parcela da população brasileira que utiliza esse recurso ainda é bem reduzida. Grande parte deste fato se deve à

falta de divulgação e também à necessidade de um grande investimento inicial, pois o custo dos aquecedores solares industriais ainda é alto. Estes motivos não devem ser empecilhos para a utilização da energia solar. O aquecedor solar popular é uma alternativa que possui um custo reduzido, e até mesmo o aquecedor industrial tem seu preço compensado pela economia que a utilização da energia solar irá acarretar em longo prazo. Lembrando que além deste benefício econômico, existe sobretudo um benefício ambiental, pois a energia solar é uma energia completamente limpa e renovável.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ALBADÓ, R. Energia Solar, Editora Artli ber, **2002**. 155p; SÃO PAULO – Brasil.
- (2) LOPES, A. DE P.; SOUZA, T. M. DE; BUENO, J. E. Sistema de Aquecimento de Água através da Energia Solar- Procedimentos Para Vistoria Visando à Perícia Técnica.
- (3) PALZ, W. Energia Solar e Fontes Alternativas. Ed. Hemus, 1995; SÃO PAULO – Brasil.
- (4) SILVA, D. DE M. Eficiência de Aquecedores Solares confeccionados com Garrafas PET de Diversas Cores. Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica. **2008**; GUARATINGUETÁ – Brasil.
- (5) Centro de Energias Renováveis. Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista. Disponível em <<http://www.feg.unesp.br/energiasrenovaveis>>.
- (6) MACYNTIRE, A. J. Instalações Hidráulicas, Ed. Guanabara, 1987; RIO DE JANEIRO – Brasil.

7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

María Fernanda Trujillo León, nascida em Quito, Equador em 04 de setembro de 1989. cursando atualmente o quarto ano de Engenharia Elétrica na Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá - UNESP.

Pâmela Cristini Silva Nicolau, nascida em Guaratinguetá, SP em 27 de agosto de 1993. Técnica em Eletrônica pelo Colégio Técnico Industrial de Guaratinguetá - UNESP (2010). cursando atualmente o terceiro ano de Engenharia Elétrica na Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá – UNESP.

José Feliciano Adami, nascido em Itajubá, MG em 15 de agosto de 1956. Engenheiro Eletricista pelo Instituto Nacional de Telecomunicações – INATEL (1978). Mestre em Ciências – Sistema de Potência pela Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI (2001). Doutor em Engenharia pela UNIFEI (2008). Pós-doutorado pela UNIFEI (2012). Professor Adjunto da Universidade Estadual Paulista - UNESP – Guaratinguetá desde 2004. Membro do Grupo de Pesquisa do LAT-EFEI. Trabalhou na Siemens S/A na área telecomunicações de 1979 a 1999. Áreas de interesse: proteção de sistemas elétricos, qualidade da energia, energias renováveis e telecomunicações.