

CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21 - 25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

CONSTRUÇÃO DE UM AQUECEDOR SOLAR DE ÁGUA COM TROCADOR DE CALOR INDUSTRIALIZADO DE REUSO

Vinicius Geraldo de Lima, vinicius_geraldo@hotmail.com¹

Rudson de Souza Lima, rudson.lima@ufersa.edu.br¹

Paula Rafaella Simão Araújo, paula_rafaella111@hotmail.com¹

Nayana de Freitas Gadelha, nayanagdufersa@hotmail.com¹

Kairo Medeiros Sales, kairobct@hotmail.com¹

Felipe França Damasceno, felipefran-a2011@hotmail.com¹

¹ Universidade Federal Rural do Semiárido, RN-233, km 01, Sítio Esperança II, Zona Rural de Caraúbas/RN.

Resumo: Cada vez mais a sociedade está se conscientizando dos cuidados que devemos ter com o planeta. Nos últimos tempos tem-se enfrentado várias crises energéticas a níveis nacionais e mundiais. Um dos grandes vilões no consumo de energia residencial são os sistemas de aquecimento, em especial os chuveiros elétricos. Energias alternativas já vem sendo inseridas na matriz energética mundial, uma vez que esta pode ser comprometida com o esgotamento de fontes não renováveis. A energia solar vem ganhando espaço no mercado com os coletores solares térmicos e fotovoltaicos, podendo se tornar uma das grandes fontes de energia do futuro. Dentro desse contexto, esse trabalho visa a construção e teste de um mini aquecedor solar de água usando materiais de reuso e de baixo custo na sua produção. O intuito é comprovar a eficiência, as vantagens e a viabilidade econômica e energética deste coletor sustentável para uso residencial, desta forma fazendo com que famílias de baixa renda possam ter a opção de construir seus próprios sistemas de água quente em casa sem a necessidade de utilizar energia elétrica para o seu funcionamento, ou mesmo para a redução do consumo elétrico para aquelas residências que já utilizam banho quente através de chuveiros elétricos.

Palavras-chave: Aquecimento; Coletor solar; Sustentabilidade; Energias alternativas.

1. INTRODUÇÃO

O estudo sobre fontes alternativas e renováveis de energia tem crescido em todo o mundo já que as fontes de energia convencionais, como por exemplo o petróleo, carvão e gás natural são finitas e poluem o meio ambiente. O Brasil, por sua vez, vem investindo cada vez mais no campo de energias renováveis, e inserindo as mesmas de forma crescente e satisfatória em sua matriz energética.

A energia solar pode ser considerada a principal fonte de energia renovável. Em função disso, novas aplicações dessa fonte de energia tão “valiosa”, apesar de muito promissora, estão sendo desenvolvidas.

As principais aplicações da energia solar na geração de energia elétrica por meio do aproveitamento da luz solar utilizando painéis fotovoltaicos e aquecimento de água usando sistemas de aquecimento solar térmico. Um fator limitante para a expansão da energia solar é, sem dúvidas, seu alto custo inicial. Em razão disso, sistemas de aquecimento de água caseiros de baixo custo vêm sendo desenvolvidos e implementados em várias residências brasileiras. “Batizado” como ASBC (Aquecedor solar de baixo custo), o mesmo foca na utilização de materiais de baixo custo para sua produção, e no processo de Manufatura e instalação pelos próprios residentes. Com esse resultado, percebe-se uma satisfatória redução na conta de energia elétrica mensal, tendo assim uma economia significativa a longo prazo.

Este projeto, apresenta a construção e teste de um mini aquecedor solar de água usando materiais de baixo custo na sua construção. Através de ensaios e cálculos, busca-se comprovar a eficiência e as vantagens de um coletor sustentável.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Uso de aquecedores solares térmicos no Brasil e no mundo

O uso de sistemas térmicos de aquecimento de água solar vem expandido em grande escala nos últimos anos em todo o mundo. Hoje 39,4% da energia consumida no Brasil é renovável. Fazendo uma análise de um ponto de vista global, este dado é muito satisfatório, tendo em vista que no mundo a participação de energias renováveis na matriz energética é de apenas 13,2% (BEN - Balanço Energético Nacional, 2015). Na matriz elétrica este valor sobe para 74,6%, onde 65,2% provem da geração hidráulica (BEM- Balanço Energético Nacional, 2015). Contudo, a falta de chuva tem causado diminuições drásticas nos níveis de reservatórios aquáticos brasileiros, acarretando em crises energéticas no país. Uma alternativa que vem sendo adotada nos últimos anos é o uso de aquecedores solares térmicos, que usa a radiação solar para aquecer a água.

Em um contexto mundial, o mercado de coletores solares térmicos de água cresceu de 62 GWth (correspondendo a 52 TWh de energia) em 2000 para 406 GWth (correspondendo a 341 TWh de energia) em 2014 (SOLAR HEAT WORLDWIDE, edition 2015).

Em contexto nacional, em 2014 a produção de coletores cresceu 4,5%, resultando na instalação de 1,44 milhão de m² de placas no território nacional. A produção total de energia oriunda dos coletores térmicos no país chega a 7,354 Gwh, instalados em uma área de 11,24 milhões de m², colocando o país em uma posição significativa em relação ao resto do mundo quando o assunto é uso de energia solar para aquecimento de água fazendo uso de aquecedores solares (SOLAR HEAT WORLDWIDE, edition 2015).

O gráfico a seguir mostra a posição do Brasil entre os dez países com maior capacidade acumulada de coletores solares térmicos para aquecimento de água.

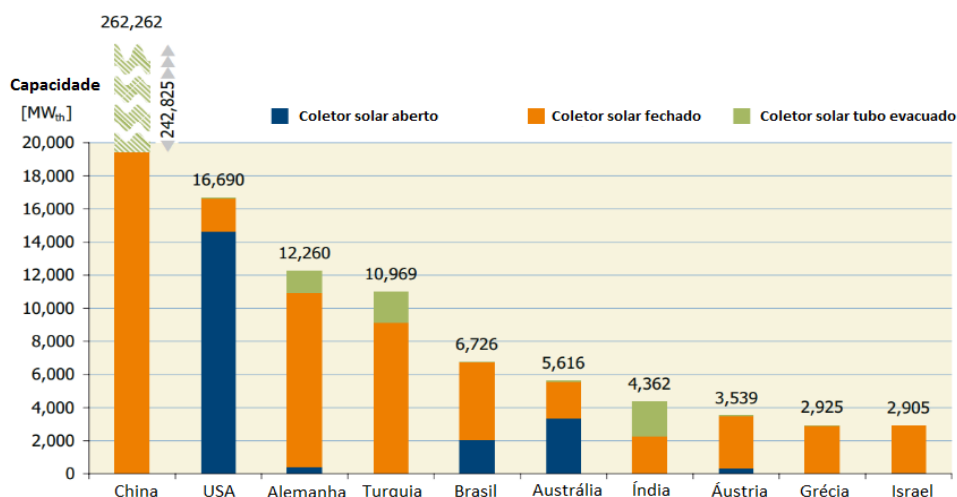


Figura 1: Top 10 países em coletores solares instalados até 2013 / Fonte: Solar heat Worldwide, edition 2015.

O uso de coletores térmicos divide-se de acordo com segmentos e regiões. Estima-se que metade das vendas em 2014 foram no setor residencial, seguido pela indústria 17%, comércios 16% e programas Habitacionais 16%. (DASOL – Departamento Nacional de Aquecimento Solar, 2014). Comparando esses percentuais com o ano de 2013, apesar de no setor residencial as vendas terem caído, a indústria teve um ótimo salto, pulando de 3% em 2013 para 17% em 2014, como citado anteriormente (DASOL– Departamento Nacional de Aquecimento Solar, 2014).

Na venda de coletores de acordo com regiões, o Sudeste lidera o mercado de compra de aquecedores com 61,94% das vendas em 2014. Regiões como o nordeste e norte tem o menor percentual de vendas, participando apenas com 4,51% e 1,69% no mercado de compra (DASOL– Departamento Nacional de Aquecimento Solar, 2014). Tais percentuais são esperados, considerando-se que as regiões nordeste e norte são quentes durante certa parte do ano.

Apesar de os sistemas solares térmicos estarem ganhando espaço no mercado nacional, algumas regiões Brasileiras têm baixo padrão de vida e muitas famílias ainda não possuem renda suficiente para comprar sistemas de aquecimento térmico solar industrializado pelo seu considerável custo inicial. A partir disso, sistemas caseiros de aquecimento térmico vem sendo uma alternativa ao uso dessa tecnologia.

O Brasil está entre os países com maior índice de incidência de radiação solar no mundo. Apenas o nordeste brasileiro apresenta uma disposição energética entre 500 a 700 W/m². (Santos, 2007). Em estados mais frios como Santa Catarina apresentam maior radiação solar que países como Alemanha, por exemplo.

2.2. Principais tipos de Coletores

2.2.1 Unglazed Collector

Unglazed collector ou coletor sem cobertura de vidro é um coletor composto basicamente por canos ou mangueiras de plástico, sem nenhum tipo de caixa ou isolante térmico ou até mesmo vidro para detenção de radiação infravermelha, apresentando uma baixa eficiência térmica. É recomendado o uso desse tipo de sistema quando se deseja aquecer um grande volume de água em que a temperatura desejada não seja muito elevada. A principal aplicação dos Unglazed Collector está no aquecimento de água de piscinas.

2.2.2 Concentrating Collector

Também chamado de coletor parabólico, este tipo de coletor tem formato parabólico e usa espelhos para redirecionar os raios solares para um único ponto. No ponto onde os raios solares se encontram, há uma placa ou tubo absorvedor por onde a água flui. Concentrating Collector tem uma alta eficiência térmica e a temperatura da água chega a passar dos 120 graus Celsius. Pela sua complexidade e tamanho, tais coletores são usados apenas em produção de grande escala.

2.2.3 Flat Plate Collector

Flat Plate Collector ou Coletor Plano é o tipo mais comum de coletor, usado principalmente no aquecimento de água doméstico, apresentando uma boa eficiência térmica, facilidade de manuseio e custos baixos em relação a outros tipos de coletores. Coletor plano é composto de uma caixa de alumínio, forrada internamente com um isolamento térmico (geralmente fibra de vidro) para manter o calor interior. Os canos internos (cobre ou alumínio) são presos a aletas de alumínio para aumento da área de incidência solar e por fim, a caixa é coberta com uma placa de vidro que tem a função de manter a radiação infravermelha dentro do coletor, aumentando sua eficiência. A temperatura de um Coletor Plano chega em média a 60 graus Celsius, sendo o melhor coletor solar com relação a custo benefício.

2.2.4 Evacuated Tube Collector

Evacuated Tube Collector ou Coletor a Vácuo é composto por uma matriz de tubos de vidro que veste um cano absorvedor interno por onde a água circula, que em alguns casos é fixado a uma aleta para aumento da superfície absorvedora de calor. A grande característica deste coletor é a distância (vácuo) entre os vidros e o tubo interno absorvedor, que combinado com o cano e aleta interna de alta eficiência eleva a temperatura que pode passar dos 200 graus Celsius. Apesar do Evacuated Tube Collector ter uma ótima eficiência térmica, seu custo é um pouco mais elevado quando comparado com o Flat Plate Collector. A camada de vidro pode ser simples ou dupla, havendo na camada dupla uma distância entre os dois vidros.

2.3. Condições para Funcionamento de um Aquecedor Solar Térmico tipo Flat Glazed Collector

Para que um sistema de aquecimento solar térmico funcione perfeitamente algumas condições devem ser cumpridas. Primeiramente, a correta posição do reservatório em relação ao coletor é de fundamental importância, pois não há uso de alguma bomba elétrica para fluxo de água. Assim, o reservatório deve estar em uma altura superior a placa coletora, que pelo processo TERMOS SIFÃO (que funciona com a diferença de densidade da água quente e fria). A água fria por ser mais densa se concentra na parte inferior do reservatório, enquanto a água quente menos densa e mais leve localiza-se na parte superior do reservatório, proporcionando o fluxo da água nos tubos.

A inclinação em relação ao plano horizontal e a direção à qual o coletor deve ser instalado é também importante, pois há variação na posição do sol de acordo com hora do dia e dia do ano. As placas coletoras devem ser direcionadas simetricamente em relação a trajetória do sol para permitir uma maior incidência de raios solares durante todo o dia. Aconselha-se ainda o direcionamento para o norte geográfico para se ter condições ideais de incidência.

É recomendado que a placa coletora tenha uma inclinação equivalente à latitude da região, com adição de mais 10 (dez) graus. Por exemplo, em uma cidade como Natal com latitude de 5 (cinco) graus, a placa deve ser instalada com uma inclinação de 15 graus para se obter uma boa eficiência térmica. Assim, os raios solares atingirão as placas perpendicularmente, maximizando a absorção da luz solar.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O primeiro passo para desenvolver o mini aquecedor solar de baixo custo consiste na compra de materiais. Em seguida inicia-se o processo de construção do mini coletor e reservatório de água, para só então executarmos as etapas de teste e análise do sistema.

3.1. Construção da placa coletora

Na construção da Placa Coletora foi usado os seguintes materiais:

- Serpentina de Geladeira
- Caixa de madeira
- Placa de vidro.
- Silicone.
- Tinta preto fosca.

Primeiramente foi retocada a pintura da serpentina de refrigerador com uma nova camada de tinta preto fosca. Em seguida foi feito uma caixa de madeira com dimensões de 65 cm de comprimento e 64 cm de largura para comportar a serpentina, onde a caixa também foi pintada de preto. Foi usado silicone como isolante nas bordas da caixa para evitar o vazamento de calor para o meio externo. Logo após, a parte superior da caixa foi coberta com uma folha de vidro de 2 mm de espessura para evitar a fuga de calor para o meio externo e manter a radiação infravermelha no interior da placa, resultando em um maior aproveitamento da radiação solar e aumento da temperatura interna da placa coletora.

Por fim, foram instalados três medidores de temperatura Termopar tipo K Hikari HK-P01, estando localizados na entrada de água da placa coletora, saída de água da placa coletora e entre a camada de vidro e a serpentina de geladeira. Tais localizações nos dão valores de temperatura da água antes de passar pela placa coletora aquecida e após passar pela placa coletora, podendo ser observado o quanto a temperatura da água aumentou durante a passagem pela serpentina. A figura 2 mostra a placa coletora pronta.

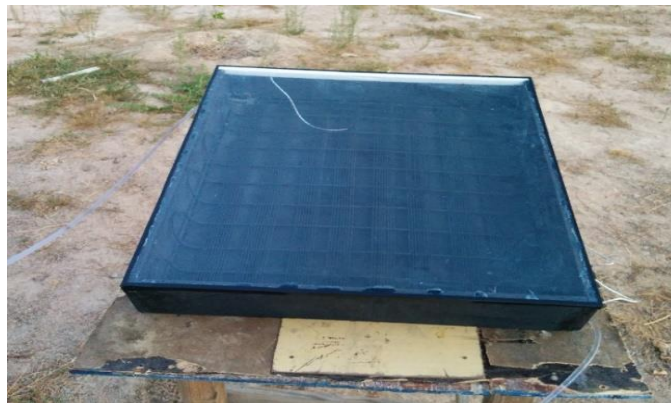


Figura 2: Placa Coletora.

3.2. Construção do Reservatório de Água

Na construção do reservatório foi usado os seguintes materiais:

- 1 (Um) garrafão de água mineral de 20L.
- 3 (Três) folhas de isopor de 5mm.
- 1 (uma) folha de isopor de 15mm.
- Cola isopor e Fita adesiva.
- Silicone.

Envolveu-se o garrafão de água mineral de 20L com três folhas de isopor de três milímetros de espessura cada. Em seguida usou-se o isopor de cinco milímetros para construção das tampas superior e inferior que foram coladas com cola isopor, ficando o garrafão completamente isolado. O objetivo do isolamento é diminuir a transferência de calor do garrafão para o meio externo no período da noite em que a temperatura é baixa. Após isolado, foram feitos os furos com diâmetro de 7mm para entrada e saída de água através de mangueiras também de 7mm de diâmetro que conectavam o garrafão à placa coletora, permitindo o fluxo do fluido. A figura 3 mostra o reservatório de água concluído.



Figura 3: Reservatório.

3.3. Ensaios

Primeiramente foi montado o sistema de aquecimento em um bom local. A figura 4 mostra o sistema completo montado e em funcionamento.



Figura 4: Coletor Solar Completo.

Os ensaios se estenderam por um período dois dias, iniciando às 07h00minh (Sete horas da manhã) e terminando às 16h00minh (Quatro horas da tarde). Houve verificação de temperatura da placa coletora a cada 30 minutos, medindo temperatura da água de entrada e saída da placa, bem como a temperatura no interior da placa, podendo assim acompanhar o aumento de temperatura ao longo do dia.

A temperatura da água no reservatório foi medida em três níveis diferentes e também em intervalos de 30 minutos cada. O primeiro nível foi a 1 cm da base do garrafão, o segundo no meio do garrafão à 20 cm de distância da base, e a última no topo do reservatório, a uma distância de 38 cm da base. A medição em níveis diferentes do reservatório se deu com o intuito de investigar a diferença de temperatura existente em tais níveis, decorrente da diferença de densidade entre a água quente e fria, onde a água fria e mais densa tende a se manter abaixo da água quente e menos densa.

4. RESULTADOS

Durante dois dias de ensaios foram coletados os dados para análise do desempenho do sistema de aquecimento, sendo possível observar o ganho de temperatura ao longo do dia.

4.1. Temperaturas Dia 1

A tabela 1 a seguir mostra os valores de temperatura da placa coletora durante o primeiro dia de ensaio.

Tabela 1: Temperaturas da placa coletora no primeiro dia

Temperaturas Placa Coletora (C)			
Hora	T. Entrada	T. Saída	T. Central
07:00	31,1	33,4	35,5
07:30	32,8	35	38,6
08:00	36,5	40	51,7
08:30	36,2	46,8	49,2
09:00	37	46,9	59
09:30	38	47,3	60
10:00	40	54,7	66,8
10:30	54	51	76
11:00	56	51,7	75,5
11:30	38	52,8	78,8
12:00	35,6	57	81
12:30	54,7	58,9	79
13:00	36,5	57,7	75,5
13:30	36,9	62,8	72,8
14:00	53,3	62,5	68
14:30	36	35,6	65
15:00	55	35	64,2
15:30	46,8	34,2	46
16:00	38,5	32,1	38,5
Média	41,73	47,13	62,16

A figura 5 a seguir mostra graficamente o aumento de temperatura ao longo do primeiro dia.

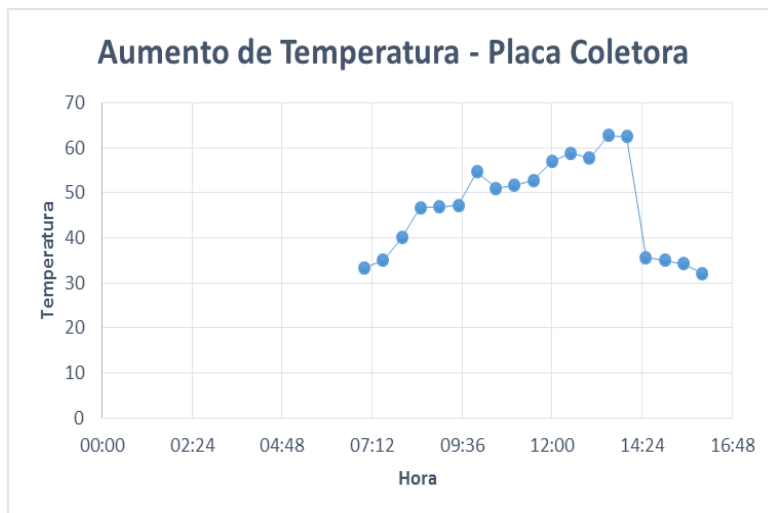


Figura 5: Aumento de temperatura da placa coletora ao longo primeiro dia

Percebe-se ganhos de calor na placa coletora bastante satisfatórios durante o primeiro dia. No entanto, condições de clima como nebulosidade e queda de intensidade de radiação levaram a temperatura a não ter altos ganhos, chegando até mesmo cair em determinados intervalos de tempo. A grande distância entre a serpentina e o vidro também interferiu na eficiência da placa coletora.

A tabela 2 mostra as temperaturas do reservatório no primeiro dia de ensaio.

Temperaturas Reservatório (C)			
Hora	1 cm	20 cm	38 cm
07:00	28,9	29,4	29,4
07:30	28,9	29,4	29,5
08:00	29,4	29,4	29,6
08:30	29,6	29,7	30,3
09:00	29,9	29,9	30,3
09:30	29,9	30	30,5
10:00	30,1	30,1	30,5
10:30	30,3	30,4	30,5
11:00	30,7	30,8	31
11:30	30,9	31	31,8
12:00	31,1	31,1	31,2
12:30	31,7	31,8	31,9
13:00	32,1	32,2	32,3
13:30	32,1	32,2	32,5
14:00	32,6	32,8	33,2
14:30	32,6	32,8	34
15:00	33	33,2	34,6
15:30	33,2	33,4	34,7
16:00	33,5	33,7	34,7
Média	31,08	31,23	31,71

A figura 6 a seguir mostra graficamente o aumento de temperatura da água do reservatório ao longo do primeiro dia.

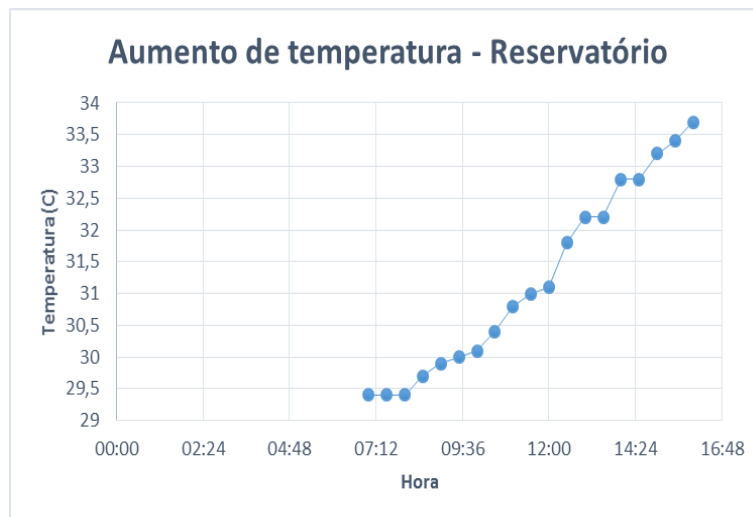


Figura 6: Aumento da temperatura no reservatório ao longo do primeiro dia.

A temperatura da água no reservatório não chegou a valores altos, resultado esse advindo das mangueiras que conectavam a placa coletora ao reservatório, que permitiram grande perda de calor no espaço entre a saída da placa coletora e entrada ao reservatório.

4.2. Temperaturas Dia 2

As tabelas 3 e 4 a seguir mostram valores de temperatura da placa coletora e reservatório durante o segundo dia de ensaio.

Tabela 2: Temperaturas da placa coletora no segundo dia.

Temperaturas Placa Coletora (C)			
Hora	T. Entrada	T. Saída	T. Central
07:00	32	28,3	38,2
07:30	35,6	28,2	39,2
08:00	40,8	29,84	45,3
08:30	46,8	30,6	55
09:00	50,2	31,3	62,8
09:30	52,5	31,8	67,3
10:00	54,7	32	71,5
10:30	54,7	32	71,5
11:00	54,5	32,8	75
11:30	37,2	34	77,2
12:00	54,8	33,3	77,6
12:30	51	36,1	77,9
13:00	50,7	34,8	85
13:30	37,4	36,2	70,5
14:00	35,4	35,3	58,8
14:30	51,3	34	62
15:00	51,4	35,4	64,1
15:30	47,4	34,6	54,7
16:00	39,8	31,7	41,2
Média	46,22	32,75	62,88

Tabela 3: Aumento de temperatura no reservatório no segundo dia.

Temperaturas Reservatório (C)			
Hora	1 cm	20 cm	38 cm
07:00	28,7	28,7	28,7
07:30	28,7	28,8	28,8
08:00	28,2	28,2	28,4
08:30	28,3	28,3	28,4
09:00	28,4	28,5	28,6
09:30	28,6	28,7	28,8
10:00	28,9	28,9	29
10:30	29	29,1	29,5
11:00	29,1	29,2	29,5
11:30	29,4	29,5	29,8
12:00	29,6	29,7	30
12:30	29,9	30	30,5
13:00	30	30,1	30,7
13:30	30,4	30,5	31
14:00	30,7	30,8	31
14:30	30,9	31	31,5
15:00	31,2	31,3	31,8
15:30	31,4	31,5	32
16:00	31,7	31,7	32,2
Média	29,64	29,71	30,01

As figuras 7 e 8 a seguir mostram graficamente o aumento de temperatura do reservatório e placa coletora no segundo dia de ensaio.

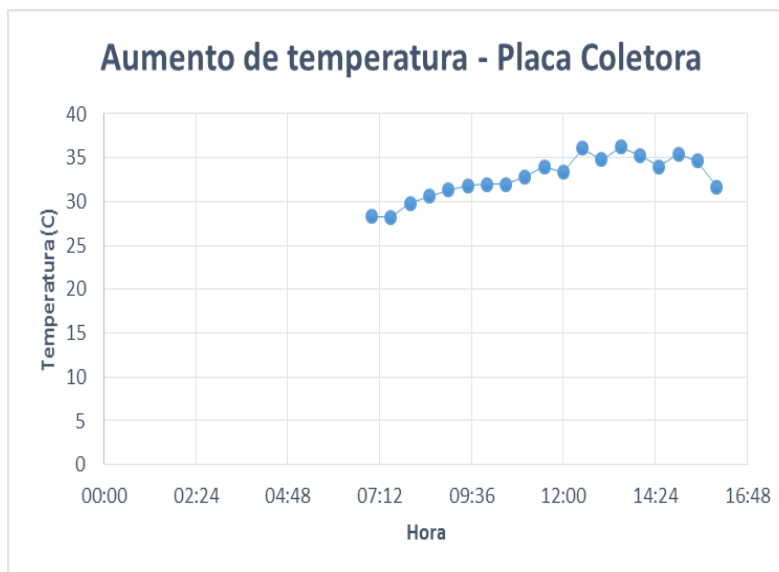


Figura 7: Aumento de temperatura da placa coletora ao longo do primeiro dia

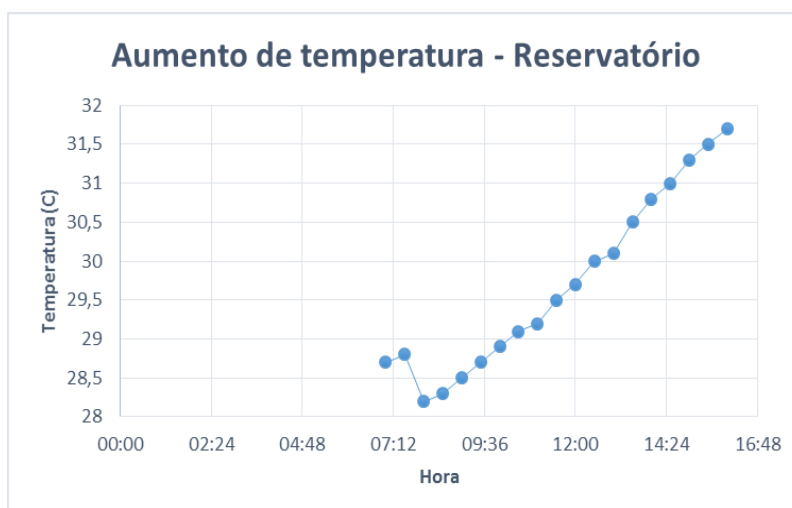


Figura 8: Aumento da temperatura no reservatório ao longo do primeiro dia.

Assim como nas tabelas do primeiro dia, houve aumento de temperatura na placa coletora e o reservatório permaneceu com baixa temperatura de água. Apesar de apresentar altos valores de temperatura na entrada, a temperatura na saída da placa não passou de 36 graus Celsius. Isso aconteceu porque houve um vazamento na saída de água, permitindo a volta de água fria à placa coletora por ambos os lados, impedido que a água circulasse. Mais uma vez a mangueira foi responsável por tal vazamento

5. CONCLUSÕES

O aquecedor solar construído apresenta custo relativamente baixo em relação a coletores comerciais. Com a troca das mangueiras de conexão e montagem de um reservatório mais eficiente, pode-se fazer uso diretamente no aquecimento de água doméstico. A placa coletora apresentou níveis de transferência de calor para a água gratificantes.

Este sistema de aquecimento pode ser uma ótima alternativa para famílias de baixa renda aquecerem água para banho, contribuindo não apenas para redução da conta mensal de energia, mas como para o planeta em geral, já que é feito uso de energia renovável (Solar) durante todo o processo de aquecimento.

6. REFERÊNCIAS

DASOL. Departamento Nacional de Aquecimento Solar da ABRAVA. Dados de Mercado. Disponível em < <http://www.dasolabrava.org.br/informacoes/dados-de-mercado/> >. Acesso em: 12 de novembro de 2015.

BEN. Balanço Energético Nacional, 2015. Ministério de minas e energia. Rio de Janeiro: EPE, 2015.

SANTOS, natanaelyfle r. g. Projeto, construção e análise de desempenho de coletores solares alternativos utilizando garrafas pet. 100p. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, março de 2007.

SOLAR WORKS. Archive for the Pool Heating Category. Disponível em: < <http://www.solarworks.co.uk/category/type/pools/> >. Acesso em: 13 de novembro de 2015.

7. RESPONSABILIDADE AUTURAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho

A SOLAR WATER HEATER CONSTRUCTION WITH INDUSTRIALIZED HEAT EXCHANGER REUSE

Vinicius Geraldo de Lima, vinicius_geraldo@hotmail.com¹

Rudson de Souza Lima, rudson.lima@ufersa.edu.br¹

Paula Rafaella Simão Araújo, paula_rafaella111@hotmail.com¹

Nayana de Freitas Gadelha, nayanagdufersa@hotmail.com¹

Kairo Medeiros Sales, kairobct@hotmail.com¹

Felipe França Damasceno, felipefran-a2011@hotmail.com¹

¹ Universidade Federal Rural do Semiárido, RN-233, km 01, Sítio Esperança II, Zona Rural de Caraúbas/RN.

Abstract: Increasingly society is becoming aware of the care that we have with the planet. In recent times we have faced various energy crises at national and global levels. A major bosses in the residential power consumption are heating systems, in particular electric showers. alternative energy has already been inserted in the global energy mix, since it can be committed to the depletion of non renewable sources. Solar energy is becoming more popular in the market with solar thermal and photovoltaic collectors, can become a major future energy sources. In this context, this work aims at building and testing of a mini solar water heater using reuse of materials and low cost in its production. The aim is to prove the efficiency, the advantages and the economic and energy viability of sustainable collector for residential use, thus making low-income families may have the option to build their own hot water systems at home without the need to use electricity for its operation or even to reduce the electricity consumption for those homes that already use hot bath using electric showers.

Keywords: Heating; solar collector; Sustainability; Alternative energies.

1. RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are solely responsible for the content of this work.