

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE COLETOR SOLAR PLANO CONVENCIONAL E COLETOR SOLAR ALTERNATIVO COMPOSTO POR MÚLTIPLOS TUBOS DE PVC

Prof. Dr. Luiz Guilherme Meira de Souza

Departamento de Engenharia Mecânica, UFRN, 59072-970, Natal-RN, Brasil,
lguilherme@dem.ufrn.br

Nilton Lúcio Fernandes da Silva

Aluno de Graduação em Engenharia Mecânica, UFRN, 59072-970, Natal-RN, Brasil

Vânio Vicente Santos Souza

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, UFRN, 59072-970, Natal-RN, Brasil

William Fernandes de Queiroz

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, UFRN, 59072-970, Natal-RN, Brasil

Bruno Alberto Sanchez y Sanches

Aluno de Graduação em Engenharia Mecânica, UFRN, 59072-970, Natal-RN, Brasil

Resumo. Apresenta-se um estudo dois coletores solares, um do tipo convencional e outro alternativo, ensaiados em regime de termosifão para um volume de água de 250 l/h. O coletor alternativo é composto por múltiplos tubos de PVC, que têm as funções de absorvedor e condutor de calor. A caixa do coletor alternativo foi construída utilizando-se um compósito a base de gesso, pó de serra, fibra de agave e tela de arame. Tal caixa permite a eliminação do isolamento térmico, geralmente lã de vidro. Demonstrar-se-á a eficiência térmica de tal protótipo alternativo, em comparação a um coletor convencional composto por tubos de cobre ligados a aletas absorvedoras. Comprovar-se-á as viabilidades térmica, econômica e de materiais do coletor proposto.

1. INTRODUÇÃO

Com a ênfase dada à questão ambiental, quando o mundo desenvolvido prioriza a utilização das energias limpas e renováveis o aquecimento de água através da utilização de coletores solares tem representado, juntamente com as células fotovoltaicas, conversoras da energia solar em eletricidade, uma das aplicações mais viáveis, tanto a nível residencial quanto industrial (Yacov, T., Zemel, 2000; Trends in Renewable Energies,2000-2002.)

O nordeste brasileiro apresenta um potencial solar bastante significativo, correspondente a uma disponibilidade média que se situa na faixa de 500 a 700W/m², conforme Atlas de Irradiação Solar do Brasil.

Segundo Bezerra, 1999, em 1999, 42 % do consumo de energia elétrica no Brasil é direcionado para o setor de edificações, sendo 84,1 % correspondente a empresas e residências e 15,9 % a

administração pública público, com cifras alcançando 13,8 % do Produto Interno Bruto do país. O autor cita que o setor residencial responde por 25 % do consumo nacional de energia e de acordo com manual de uma companhia de energia do Brasil o consumo do chuveiro elétrico é o segundo maior em uma residência, correspondendo a 25%, perdendo apenas para o refrigerador/freezer que corresponde a 30 %. Sua utilização atinge o horário de pico das 18:00 às 19:00h, correspondendo a 8,5 % da demanda nacional de energia neste horário.

Estes dados apontam a importância da substituição da fonte térmica elétrica pela fonte solar para a obtenção de água quente principalmente em tempo de racionamento de energia, ganhando contornos de impescindibilidade uma vez que a opção hídrica brasileira para a geração de energia elétrica está praticamente com seus recursos exauridos.

Os dispositivos utilizados para a produção de água quente através da utilização da energia solar são os coletores que podem ser divididos em dois grupos, **os planos e os alternativos**, sendo os planos mais utilizados. Tais coletores geralmente são constituídos por tubos absorvedores de cobre, chapa absorvedora de cobre ou alumínio, cobertura de vidro e isolamento térmico de lã de vidro e a grade absorvedora está confeccionada na configuração em paralelo. Os sistemas de aquecimento são geralmente constituídos por mais de um coletor, ligados geralmente em paralelo, trabalhando em regime de termosifão ou fluxo forçado, sendo a primeira opção a mais empregada; por um armazenador térmico geralmente de cobre ou inox e de tubos para a condução de calor, geralmente o CPVC. Tais sistemas são de preço ainda relativamente caro, não estando acessível à maioria da população.

Buscando-se formas para baratear o custo dos sistemas de aquecimento, vem-se estudando há mais de 15 anos no âmbito do LES/UFRN sistemas alternativos para tornar viável o uso da energia solar para o fim proposto tornando-a acessível a uma maior parcela da população, como forma de socializar o seu uso.

Este trabalho apresenta as viabilidades térmica, econômica e de materiais de um coletor alternativo construído de um compósito à base de gesso, pó de madeira e fibra de agave que utiliza tubos de PVC como elementos absorvedores e condutor de calor, trabalhando em regime de termosifão e também um estudo dos processos degradativos relativos ao uso de tubos de PVC como elementos absorvedores de radiação (Souza, 2000-2002. Tal coletor tem como principal inovação à possibilidade de sua construção utilizando-se apenas três elementos, quais sejam: **a caixa, a grade absorvedora e a cobertura de vidro**.

A configuração da grade absorvedora é também uma outra inovação, possibilitando o uso de múltiplos tubos absorvedores em uma largura bem menor que a característica de um coletor convencional, em torno de 1m, permitindo a junção de todos os tubos, evitando a colocação de uma chapa absorvedora em baixo dos mesmos, tornando-o mais competitivo com os coletores convencionais, com tubos absorvedores de cobre. Tal protótipo tem como isolante térmico para o combate as perdas térmicas o próprio compósito do qual o mesmo foi fabricado, evitando, portanto, o uso da lã de vidro, de difícil trabalhabilidade e extremamente insalubre.

Serão apresentados dados comparativos de dois coletores, um convencional e o alternativo, para o aquecimento de um mesmo volume de água, 250 litros, ambos trabalhando no mesmo regime, para o diagnóstico da competitividade dos coletores com tubos absorvedores de PVC em relação aos coletores convencionais.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Os Coletores Alternativos

Coletores alternativos são aqueles que diferem em geometria, materiais e elementos constituintes em relação aos usados utilizados na confecção dos coletores convencionais. Outro fator de diferença é o tipo de regime de funcionamento do mesmo: fluxo forçado, com o uso ou não de um sistema de bombeamento, ou termo-sifão. O principal objetivo do estudo de coletores alternativos é a redução do custo de fabricação, buscando a socialização do seu uso em sistemas de aquecimento de água doméstico e industrial, uma vez que o custo dos mesmos representa 50% do

custo total de investimento para a aquisição de um sistema solar para aquecimento de água. Este alto custo deve-se ao uso de materiais de significativo preço na sua fabricação. Mesmo tendo longa vida útil, requerem alto investimento inicial, isto explica a baixa taxa de desenvolvimento de sistemas solares para aquecimento de água no mundo. Torna-se necessário e fundamental, o desenvolvimento de sistemas de menor custo com bom desempenho térmico (Cristofari, C., 2002).

Com este objetivo, vários trabalhos têm sido desenvolvidos, demonstrando que os coletores solares plásticos de baixo custo apresentam ampla viabilidade de utilização conforme demonstram os estudos a seguir relatados.

Rivera, em 1994, apresentou trabalho sobre coletor alternativo tubular com múltiplas unidades absorvedoras de PVC. Lourenço, em 1997, mostrou os resultados alcançados com um coletor alternativo com grade absorvedora formada por múltiplos tubos de alumínio.

O uso de um polímero absorvedor foi estudado por Van Niekerk et al., em 1996, com o objetivo de avaliar o desempenho de coletores com tubos paralelos na África do Sul. A variação geométrica de parâmetros tais como o diâmetro dos tubos, o espaçamento entre tubos e as dimensões da caixa foram estudadas para a otimização do desempenho dos mesmos. Van Niekerk et al., concluíram que a melhor configuração foi obtida para um espaçamento entre tubos igual a zero. Isso demonstra que a configuração da placa plana do coletor é o parâmetro que mais afeta o seu desempenho.

2.2. As Degradações Térmica e por Radiação UV Inerentes ao PVC

Em um coletor solar que utiliza como elementos absorvedores tubos de PVC, a primeira questão levantada é sobre as degradações inerentes a sua exposição à radiação ultravioleta e ao calor. A literatura mostra que a susceptibilidade ao desgaste térmico do PVC se acentua quando da obtenção de níveis de temperatura acima de 60°C na sua superfície. A degradação por UV também representa uma restrição ao uso de coletores solares com tubos absorvedores de PVC, uma vez que radiações com este comprimento de onda afetam a integridade mecânica dos tubos deste material (Souza, 2002).

3. DESCRIÇÃO DOS COLETORES EM ESTUDO

O coletor convencional tem sua caixa confeccionada em perfil de alumínio com fundo de alumínio de 0,5mm de espessura, tem isolamento térmico de lã de vidro no fundo e laterais, conjunto absorvedor formado por 08 tubos de cobre de $\frac{1}{2}$ " ligados em paralelo a tubulões de cobre de 2" e aletas absorvedoras confeccionadas em chapa de alumínio de 05mm de espessura e cobertura de vidro plano transparente de 3mm de espessura encaixada no perfil do qual é confeccionada a caixa. O coletor construído apresenta as seguintes dimensões: largura de 1,0m; comprimento de 1,30m e altura de 0,09m, com área equivalente a 1,30m².

O processo de fabricação do coletor convencional seguiu as seguintes etapas:

1. Construção da caixa do coletor - dobramento do perfil de alumínio de vara correspondente a 6m; colocação da chapa de alumínio no encaixe da parte inferior do perfil de alumínio; fixação da chapa de alumínio ao perfil através de rebites

2. Preparação dos tubos absorvedores – corte dos tubos de cobre; retilinização dos tubos; lixamento dos tubos;

3. Preparação dos tubulões absorvedores - Furação dos tubulões para o encaixe dos oito tubos absorvedores;

4. Confecção das aletas absorvedoras – corte da chapa de alumínio em tiras, de dimensões pré-estabelecidas; as aletas foram moldadas artesanalmente através da utilização de uma forma confeccionada em madeira;

5. Confecção da grade absorvedora – soldagem dos tubos de cobre de $\frac{1}{2}$ " nos tubulões de cobre de 2";

6. Fixação das aletas absorvedoras nos tubos absorvedores – para a fixação das aletas nos tubos absorvedores utilizou-se arame de aço;

7. Pintura do conjunto absorvedor de preto fosco;

8. Corte das mantas de lã de vidro nas dimensões correspondentes ao fundo e laterais do coletor
9. Corte do vitral de cobertura utilizando ferramenta de diamante;
10. Confecção da estrutura do coletor – a estrutura do coletor foi confeccionada utilizando-se tubos de ferro e cantoneiras.

O processo de montagem do coletor convencional proposto constou das seguintes etapas:

1. colocação do isolamento térmico no fundo e laterais da caixa do coletor;
2. colocação do conjunto absorvedor (tubos absorvedores/tubulões e aletas absorvedoras) acima do isolamento térmico do fundo da caixa;
3. colocação do vitral de cobertura;
4. fixação da testa do coletor para fechamento da caixa do coletor, através do uso de rebites;
5. fixação da caixa do coletor na estrutura;
6. pintura do conjunto coletor-estrutura.

O coletor alternativo proposto foi confeccionado com um compósito a base de gesso, pó de madeira e fibra de sisal. É importante ressaltar que a utilização de um material compósito formado por três elementos de baixa condutividade térmica, como o gesso, o pó de madeira e a fibra de sisal, propiciará ao coletor um isolamento térmico adequado, evitando-se a utilização da lã de vidro, universalmente utilizada em protótipos solares para este fim.

Construiu-se inicialmente a caixa interna, e em seguida as laterais e testas da caixa externa foram fixadas, estando todas as peças fixadas em uma estrutura de madeira para evitar o deslocamento das partes componentes do molde durante o processo de fabricação. Todos os componentes do molde receberam aplicação de um desmoldante, para facilitar o desgrudamento das mesmas após a secagem do produto. A caixa interna foi montada com o fundo voltado para cima.

No espaço entre as laterais interna e externa e acima da cobertura da caixa interna foi colocada uma mistura de pó de madeira, gesso e água, na seguinte proporção: 1,0:1,25:1,0. No fundo e laterais utilizou-se reforço de tela metálica.

O compósito foi obtido através da utilização dos materiais descritos, quais sejam: gesso, pó de serra, água e tela de arame. Colocava-se num recipiente de 20 litros o gesso, em seguida adicionava-se o pó de madeira, resíduos de madeira serrada, misturando-se bastante para a obtenção de uma massa homogênea, e em seguida adicionava-se água, sempre mexendo a mistura resultante, obtendo-se uma produto bastante liquefeito, de baixa viscosidade. Após a obtenção das propriedades desejadas derramava-se o produto nos espaços entre as estruturas. A espessura das paredes do secador e do fundo foi correspondente a 3cm.

A retirada do molde deu-se após 12 horas de secagem a céu aberto, sendo então retiradas as partes que compõem o molde. Em seguida o coletor obtido, de comprimento interno e externo iguais a 1,30 e 1,35,0m e larguras interna e externa de 0,50m e 0,55m, respectivamente, foi colocado em uma estufa de secagem solar para a retirada do excesso de água, ficando exposto à radiação solar por um período de 72 horas.

Após a secagem do coletor proposto o mesmo recebeu uma aplicação de uma camada de resina ortoftálica para sua impermeabilização. Em seguida o coletor foi pintado com tinta esmalte sintético preto fosco, para internamente aumentar o poder de absorção do secador e externamente contribuir para uma melhor impermeabilização. O peso do coletor ficou correspondente a 50 kg.

Após a confecção da caixa partiu-se para a montagem da grade absorvedora e do coletor que seguiu os seguintes passos:

1. Corte dos tubos de PVC de 20mm de diâmetro externo;
2. Corte dos tubulões nos quais os tubos absorvedores estarão ligados;
3. Furação dos tubulões para a inserção das cabeças dos tubos absorvedores (os tubulões são em número de dois, de diâmetros externos de 50 e 60 mm, um colocado dentro do outro);
4. Acoplamento dos tubos absorvedores nos tubulões;
5. Colocação de resina ortoftálica no espaçamento entre os tubulões para a vedação da grade absorvedora e conceder resistência ao conjunto;
6. Teste de vedação da grade absorvedora;
7. Pintura da grade absorvedora;

8. Aplicação de resina ortoftálica nas superfícies interna e externa da caixa para conceder-lhe impermeabilidade;
9. Pintura da caixa do coletor;
10. Colocação da cobertura transparente de vidro plano de 3mm de espessura;
11. Colocação do coletor em uma estrutura metálica;
12. Pintura da estrutura metálica.

4. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Os dois coletores foram ensaiados em regime de termosifão, sendo levantados os seguintes parâmetros que o caracterizam e são necessários para a análise do desempenho térmico dos mesmos, como também a susceptibilidade dos tubos absorvedores atingirem o nível crítico para o início da degradação térmica dos tubos de PVC em torno de 60°C: temperatura de entrada e saída do fluido no coletor, temperaturas internas e externas do coletor, temperatura dos tubos absorvedores, temperatura da água contida no reservatório e radiação solar global. Foi também medido o tempo necessário para uniformização da temperatura da massa fluídica no tambor de 250 litros.

As temperaturas de entrada e saída do fluido foram medidas no período entre 8:00 e 16:00, em intervalos de 30 minutos; as temperaturas do coletor e tubos absorvedores foram medidas de 15 em 15 minutos entre 11:00 e 13:00 horas; a temperatura da massa fluídica após cada dia de funcionamento e a radiação solar global a cada meia hora entre 8:00 e 16:00 horas.

Os parâmetros que melhor caracterizam a eficiência térmica de um coletor solar são o **rendimento térmico** e o **coeficiente global de perdas**. Para a determinação desses dois parâmetros seguiu-se o procedimento descrito em Duffie & Beckman, 1991.

Os dois coletores em funcionamento encontram-se mostrados na Fig.(1).



Figura 1. Coletores propostos.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

As Tabelas 1 e 2 mostram os dados de ensaio do 1º dia efetuados com os coletores convencional e alternativo, respectivamente.

Tabela 1. Dados obtidos com o coletor alternativo.

Hora	$T_{ef} (°C)$	$T_{sf} (°C)$	$\Delta T (°C)$	$I (Kw/m^2)$	$\eta_t (%)$
9-10h	30	35	5	0,7	0,59
10-11h	31	36,5	5,5	0,72	0,63
11-12h	31,5	37,5	6	0,75	0,66
12-13h	32	37	5	0,75	0,55
13-14h	35	36	2	0,72	0,11

Tabela 2. Dados obtidos com o coletor convencional.

Hora	$T_{ef} (°C)$	$T_{sf} (°C)$	$\Delta T (°C)$	$I (Kw/m^2)$	$\eta_t (%)$
9-10h	30	39,5	9,5	0,7	0,43
10-11h	32	42,5	7,5	0,75	0,32
11-12h	33	43,5	10,5	0,8	0,42
12-13h	35	43,5	8,5	0,8	0,34
13-14h	35	42	3	0,78	0,12
14-15h	37	41	4	0,68	0,20
15-16	38	39	1	0,6	0,05

As Figuras 2, 3 e 4 mostram o comportamento assumido pelos parâmetros temperaturas de entrada e saída de fluido, gradiente de temperatura e rendimento térmico horário.

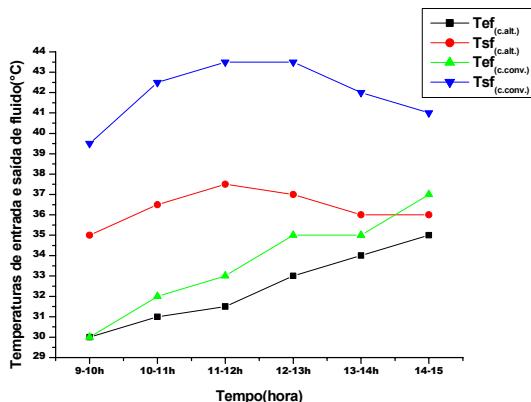


Figura 2. Comportamento das temperaturas de entrada e saída de fluido nos coletores.

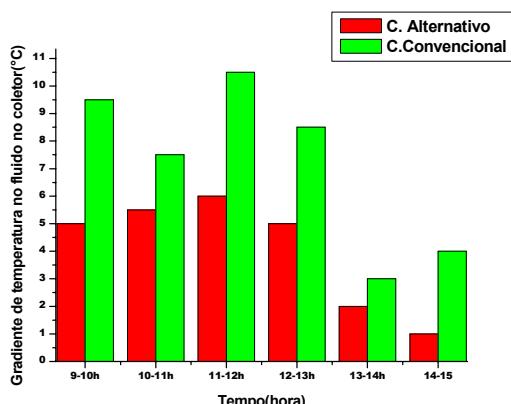


Figura 3. Comportamento do gradiente de temperatura no fluido para os coletores.

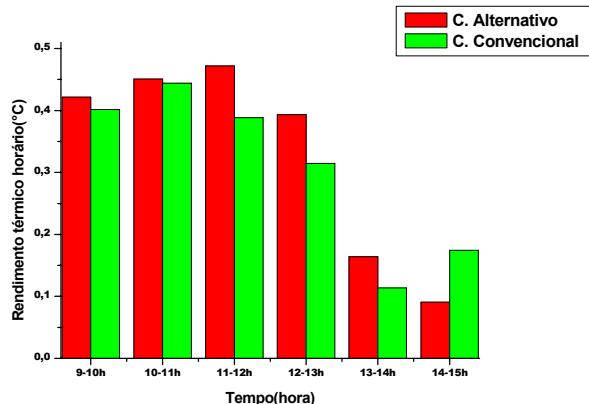


Figura 4. Comportamento do rendimento térmico horário para os coletores estudados.

Da análise dos dados obtidos percebe-se que no que diz respeito ao rendimento térmico os valores obtidos para o coletor alternativo são maiores que os apresentados pelo coletor convencional, em função de sua menor área e de seu menor tempo de aquecimento da massa fluídica, alcançando valores máximos de 66% no alternativo e 43% no convencional.

No que diz respeito ao gradiente térmico gerado percebe-se que os valores obtidos com o coletor convencional são maiores que os gerados pelo coletor alternativo. A temperatura máxima alcançada pelo coletor alternativo no 1º dia de teste foi de 37,5°C enquanto que no convencional foi de 43,5°C. Porém ressalte-se que a área do coletor alternativo é quase a metade da área do coletor convencional.

No que concerne às temperaturas da massa de água contida no tambor percebe-se que o coletor alternativo apresentou no 1º dia de teste uma temperatura correspondente a 36°C, aumentando em cerca de 1°C para cada dia de ensaio, alcançando no sétimo dia de ensaio valor correspondente a 42°C, enquanto que no terceiro dia de teste com o coletor convencional atingiu-se um nível de 40,5. Enfatize-se que se utilizou o 1º dia de teste como elemento comparativo uma vez que não foi possível o ensaio do coletor convencional por um período mais extenso, em função das condições climáticas, e também considerando-se que o 1º dia de funcionamento de um coletor em termosifão espelha realmente o comportamento que terá nos próximos dias de ensaio.

Outro fator que foi observado é que em apenas cinco horas de ensaio o coletor alternativo conseguiu a uniformização da temperatura do tambor térmico, enquanto que no coletor convencional tal uniformização não aconteceu para um dia de aquecimento. Isso se deve ao fato do uso de 20 tubos absorvedores de maior diâmetro no coletor alternativo, o que faz com que a vazão real circulante no interior do coletor seja maior.

No que diz respeito à temperatura externa dos tubos absorvedores, os valores medidos, $T_{\text{máxima}} = 41^{\circ}\text{C}$ e $T_{\text{média}} = 40^{\circ}\text{C}$, estão bem abaixo do nível crítico para início da degradação térmica, em torno de 60°C, demonstrando a viabilidade de utilização de tais tubos como elementos absorvedores e condutores de calor.

As Figuras 5 e 6 mostram os valores das temperaturas interna e externa do coletor, através das quais foram determinados o calor perdido pelo mesmo, em troca com o meio ambiente. Esses dados foram medidos no período entre 11 e 13 horas, período de radiação praticamente constante, com o céu isento de nebulosidade.

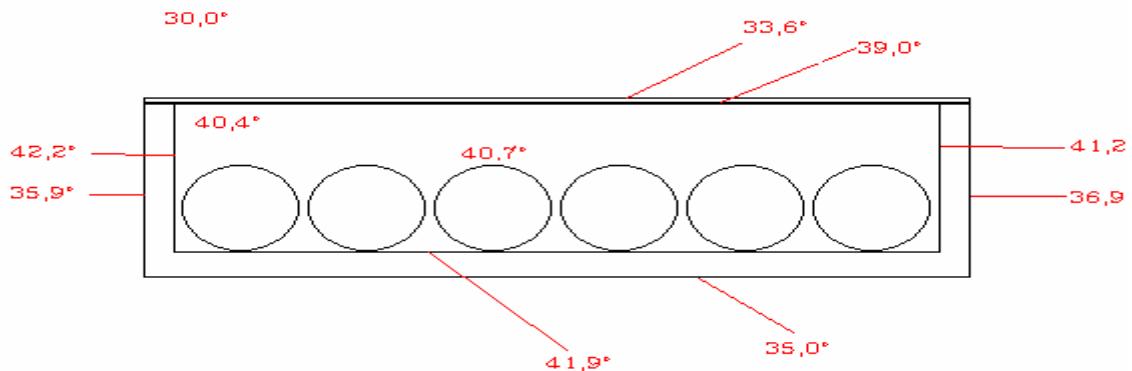


Figura 5. Níveis de temperatura no coletor alternativo.

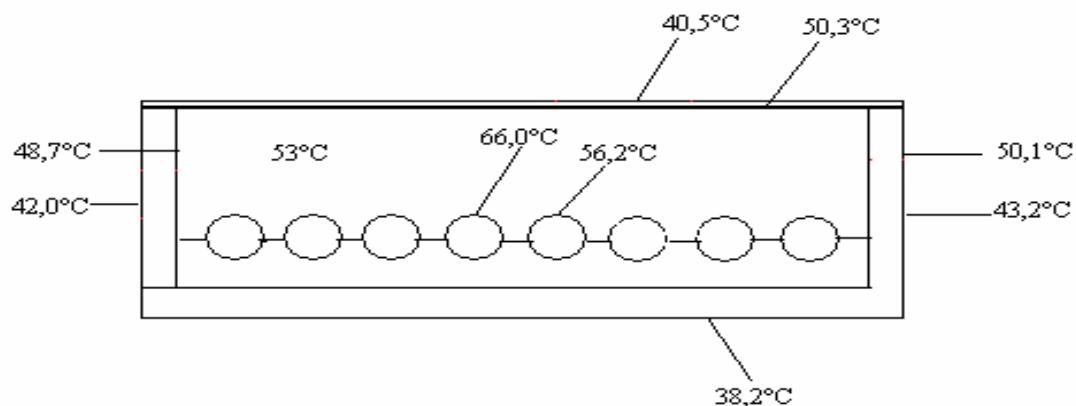


Figura 6. Níveis de temperatura no coletor convencional.

Utilizando os dados mostrados no esquema ilustrativo dos dois coletores, determina-se os valores de calor absorvido, calor útil e calor perdido. O rendimento térmico considerado para o cálculo dos parâmetros contidos na tabela foi uma média dos valores para as duas horas consideradas.

A Tabela 3 mostra os valores determinados para esses parâmetros, nos dois coletores em estudo.

TIPO DE COLETOR	Q _{ABSORVIDO} (W)	Q _{ÚTIL} (W)	Q _{PERDIDO} (W)	U _{LOSS} (W/m ² .°K)
C.ALTERNATIVO	401,6	320	81,6	10,9
C.CONVENCIONAL	795	394	401	11,4

Percebe-se que os valores do coeficiente global de perda térmica são muito próximos para ambos os coletores, estando abaixo de 12 W/m².°K, de acordo com o que recomenda Duffie & Beckman, 1991, o que demonstra a viabilidade térmica dos coletores propostos.

6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Com base nos resultados dos ensaios comparativos efetuados com os dois coletores em estudo, durante o levantamento de desempenho térmico, pode-se apresentar as conclusões a seguir, como também possíveis sugestões para otimizações e efetivação de futuros trabalhos com coletores alternativos.

6.1 Conclusões

1. O coletor alternativo proposto apresenta viabilidades no campo térmico, de materiais e econômico. Seu custo de fabricação fica em torno de R\$50,00, que é bem mais baixo que os relativos aos coletores convencionais comercialmente disponíveis;

2. O sistema de aquecimento composto pelo coletor alternativo foi competitivo com o sistema que utiliza o coletor convencional;

3. O peso do coletor alternativo ficou em torno de 50 Kg, que é muito maior que o dos coletores convencionais;

4. A caixa do coletor alternativo mostrou-se resistente em relação às intempéries atmosféricas;

5. O coletor alternativo proposto é amplamente competitivo com o coletor convencional, tendo uma velocidade de aquecimento da massa fluídica maior;

6. Pode-se comprovar que o compósito utilizado para a confecção da caixa permitiu que o coletor pudesse ser composto por apenas três elementos, eliminando-se a chapa absorvedora e o isolante térmico, proporcionando uma diminuição do custo do coletor;

7. O coletor convencional gerou uma maior gradiente de temperatura que o obtido com o coletor alternativo, porém com uma área quase duas vezes maior;

8. Um sistema de aquecimento, a termo-sifão, utilizando coletores alternativos do tipo que foi objeto deste estudo deve ser formado por dois coletores em paralelo, para a obtenção de níveis de temperatura mais adequados para a utilização de água quente para banho;

9. A temperatura dos tubos absorvedores no coletor alternativo esteve longe do nível crítico para início do processo degradativo térmico em torno de 60°C. No que diz respeito à degradação térmica tal efeito é amenizado pela tinta preto fosco que recobre os tubos absorvedores, que contém pigmentos pretos absorvedores de radiação ultravioleta.

6.2 Sugestões

1. O peso excessivo apresentado pelo coletor proposto, pode ser diminuído através do uso de isopor em flocos em substituição ao pó de serra. Utilizando-se a proporção de iguais partes de gesso e isopor em volume, o peso cai em torno da metade. Tais modificações já foram implementadas e um novo coletor já foi construído, encontrando-se na figura 7;

2. Para a obtenção de níveis de temperatura maiores com o coletor alternativo sugere-se o aumento da caixa e a diminuição do número de tubos absorvedores, e no novo coletor construído e mostrado na figura anterior o número de tubos é de 15, com diâmetro correspondente a 25,4mm e as dimensões da caixa são: 1,5m x 0,70m x 0,10m;

3. Para uma melhor vedação da caixa do coletor sugere-se a utilização de presilhas de fixação entre a mesma e o vidro, assentado sobre borracha, conforme a figura que mostra o novo coletor construído;

4. É preciso fazer um estudo mais aprofundado, com mais dias de experimentação para ter-se uma análise comparativa comparação mais real, o que já está em curso. Dessa análise pode-se adiantar que o coletor convencional propiciou a obtenção de temperatura máxima do fluido no interior da caixa na faixa de 48°C, enquanto que para o coletor alternativo a temperatura máxima atingida ficou em torno de 43°C.



Figura 7. Coletor otimizado a partir das sugestões

7. REFERÊNCIAS

- Yacov, T., Zemel, A., 2000, Long-term perspective on the development of solar energy, Solar Energy, v. 68: (5), p. 379-392.
- Trends in Renewable Energies, SolarAcess.com, Canadian Association for Renewable Energies, 2000-2002
- Bezerra, J.M., 1999, Análise de um Sistema Alternativo para Aquecimento de Água por Energia Solar, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica-UFRN.
- Souza, L.G.M., 2000, Sistema Alternativo de Aquecimento Solar, CONEM - Natal/RN .
- Souza, L.G.M., Gomes, U.U., 2002, Coletor Solar em Labirinto com Tubos Absorvedores de PVC, CONEM, João Pessoa/Pb.
- Souza, L.G.M., Gomes, U.U., 2002, Coletor Solar Aletado com Tubos de PVC formando um Novo Modelo de Configuração em Série, CONEM, João Pessoa/Pb.
- Souza, L.G.M., Gomes, U.U., 2002, Viabilidades térmica, econômica e de materiais da utilização de tubos de PVC como elementos absorvedores em coletores de um sistema de aquecimento de água por energia solar, Tese de Doutorado do Programa de Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais, UFRN.
- Cristofari, C. Et al., 2002, Modeling and performance of a copolymer solar water heating collector, Solar Energy, v. 72: (2), p. 99-112.
- Rivera, D.A.L., 1994, Projeto, Construção e Análise de Desempenho de um Coletor Solar Alternativo a Baixo Custo, Tese de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da UFRN, Natal.
- Lourenço, J.M., 1997, Estudo de um coletor solar alternativo usando tubos para absorção de alumínio, Tese de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da UFRN, Natal.
- Van Niekerk, W.M.K et al., 1996, Performance modeling of a parallel tube polymer absorber, Solar Energy, v. 58, p. 39-44.
- Duffie, J.A., Beckman, W.A., 1991 Solar Engineering of Thermal Processes, II edition, New York, John & Sons, 757 p..

Abstract. *A study is presented two solar collectors, one of the conventional type and another alternative one, assayed in regimen of thermosiphon for a volume of 250 liters water. The alternative collector is composed for multiple pipes of PVC, that have the functions to absorb and conductor of heat. The box of the alternative collector was constructed using a composite the base of gypsum, wooden dust, vegetable fiber and screen of wire. Such box allows the elimination of the thermal isolation, generally glass wool. Thermal efficiency of such alternative archetype will be demonstrated to it, in comparison to a composed conventional collector for on copper pipes the absorb wings. One will prove the viability's thermal, economic and of materials of the considered collector.*