

USO DA ENERGIA SOLAR TÉRMICA EM SISTEMAS DE AQUECIMENTO DE PISCINAS DE CONDOMÍNIO NA CIDADE DE MOSSORÓ-RN

Mateus Carlos Gama, Idalmir de Souza Queiroz Junior

Resumo: O Brasil é o segundo país no ranking de mercado de piscinas no mundo, mercado esse que cresce aproximadamente a uma taxa de 5% ao ano. Em condomínio se faz necessário manter a água da piscina aquecida com o intuito de incentivar e prolongar seu uso para os seus residentes. Este trabalho desenvolveu um projeto hipotético para a implementação de um sistema de aquecimento solar térmico em um condomínio residencial, tendo como base todos os conhecimentos adquiridos ao longo das pesquisas. Além do que, um fator bastante significativo que faz com que esse tipo de aquecimento de popularize é a disponibilidade de irradiação solar presente no nordeste do país, aumentando assim a eficiência desse tipo de aquecimento.

Palavras-chave: Energia solar. Aquecimento de piscinas. Energia renovável.

1. INTRODUÇÃO

O uso do sol como origem de energia é uma possibilidade que se apresenta com ótimas expectativas futuras, vista tanto pelo lado da sustentabilidade quanto pela diminuição de gastos com energia. O aquecimento solar aproveita uma fonte de energia gratuita, limpa e perene, tornando-a uma energia renovável. Assim, a aplicação dessa forma de energia requer saber captar, armazenar e utilizar com melhor competência [1].

Existe duas maneiras de aproveitamento advindas dessa fonte que são: a energia solar fotovoltaica e a térmica. Na primeira, acontece a transformação da radiação solar em energia elétrica, por meio da criação de uma corrente elétrica pela radiação solar em elementos semicondutores. Já na segunda, constitui-se no aquecimento da água ou outros fluidos através da radiação solar [1].

Segundo a Associação Nacional dos Fabricantes e Construtores de Piscinas e Produtos Afins (ANAPP) acredita-se que o Brasil tenha 2,8 milhões de piscinas em casas e edifícios, fazendo com que o Brasil permaneça na segunda posição no ranking mundial desse mercado, atrás apenas dos Estados Unidos [2].

De acordo com a Federação Internacional de Natação (FINA), a água da piscina tem que ser mantida entre 25 e 28°C para garantir uma exigência de conforto térmico aos utilizadores. Para assegurar tal condição o sistema de aquecimento deve atender a um grande consumo térmico, podendo assim prover um aumento no custo de operação, em conformidade com o sistema de aquecimento empregado [3].

O procedimento, de aquecimento de piscina por meio da energia solar térmica, acontece através do ligamento de uma bomba, por um sensor térmico fixo nas placas solares. Quando a temperatura estabelecida, das placas, para acionamento é atingida (normalmente 28°C), começa o bombeamento da água da piscina para as placas solares. Desse modo, enquanto a água passa pela placa ela é aquecida e retornada à piscina. Esse procedimento é continuado até ser suspenso quando a placa chega a temperatura mínima definida de desligamento (geralmente 27°C). Tal bombeamento, em geral, é feito através de uma bomba elétrica na qual a eletricidade é consumida da concessionária local [4].

2.3 Energia Solar Térmica

É um tipo de energia alternativa empregada para gerar energia térmica, tanto para uso residencial para aquecimento de chuveiro, de ambiente, de piscina e em projetos industriais. Tal tecnologia torna possível a conversão de energia solar em térmica com desenvolvimentos particulares em função da série de temperaturas exigidas [6].

Para a conversão da radiação solar em energia térmica é necessário o uso dos coletores solares, os quais existem diversos tipos com eficiências diferentes dependendo da finalidade, conforme a Figura 2.

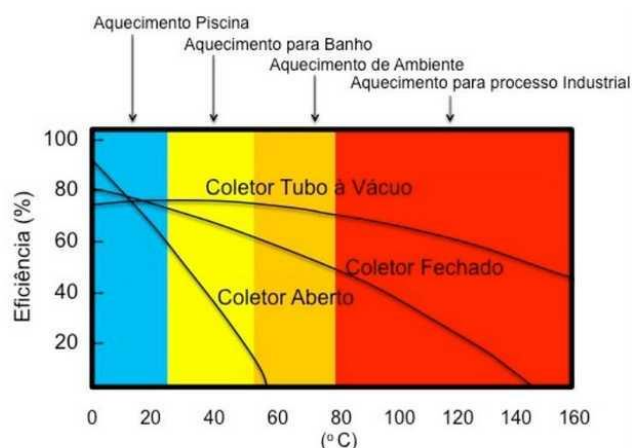


Figura 2: Aplicabilidade dos coletores

Fonte: Aquakent [14]

2.4 Coletores

De acordo Siqueira (2009), coletor solar é o componente vital de um sistema de aquecimento solar. Ele é o responsável pela captação da radiação solar, transferindo o calor para o fluido que circula no interior dele.

Os coletores solares planos podem ser dos tipos abertos ou fechados. O coletor aberto não apresenta vidro e isolamento térmico e é capaz de ser confeccionado com tubulação de cobre coberta por aletas ou por uma serpentina feita com tubulação em termoplástico, geralmente polipropileno. Os coletores fechados são usados com maior frequência em regiões muito frias ou com alta ocorrência de ventos [7]. O terceiro tipo de coletor é o coletor a vácuo, com alta eficiência e indicado para projetos industriais.

2.4.1 Coletores Solares Planos Abertos e Fechados

Os coletores planos abertos e fechados são formados por uma caixa fabricada normalmente de alumínio que tem a finalidade de comportar os demais componentes. No isolamento térmico geralmente é usado lã de vidro, rocha ou espuma de poliuretano. As flautas, que servem para escoar a água no interior do coletor, que podem ser feitas de cobre. Quem faz a transferência da energia solar para a água são as aletas, e comumente são construídas de cobre ou alumínio e pintadas de preto para terem uma melhor absorção da radiação solar. A cobertura possibilita a passagem da radiação solar e diminui a perda de calor, geralmente fabricada de vidro, policarbonato ou acrílico [8].

O coletor aberto e o fechado se diferenciam no fato de que o aberto não tem caixa fechada e nem contém cobertura com isolamento térmico, por isso demonstra baixa eficiência no aquecimento de água em altas temperaturas [8]. As figuras 3 e 4 apresentam os dois modelos:

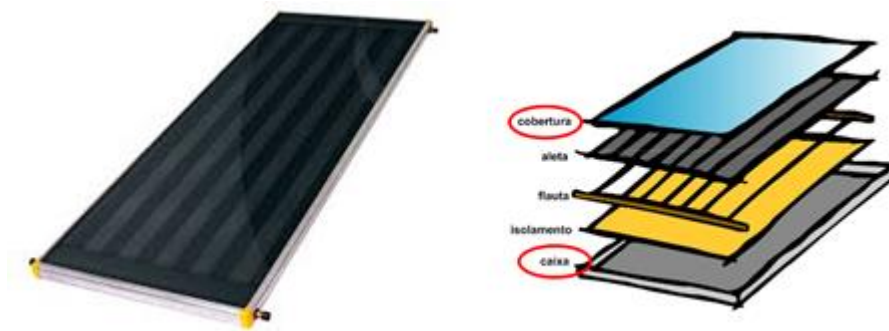


Figura 3. Coletor solar plano modelo fechado

Fonte: soletrol.com.br [9]

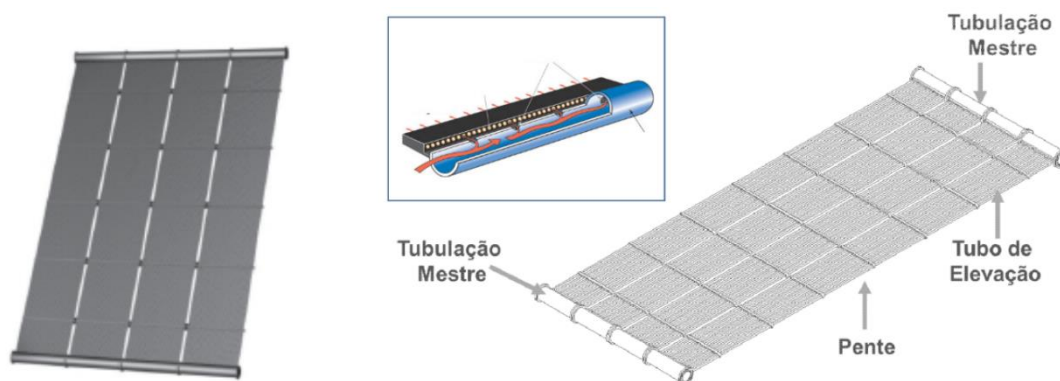


Figura 4. Coletor solar plano aberto

Fonte: komeco.com.br [12]

Os coletores planos são usados para temperaturas inferiores à 93°C . É formado pela placa absorvedora de calor na cor preta, tubulação por onde passa o fluido que será aquecido, isolamento térmico, e normalmente com cobertura transparente [8].

2.4.2 Coletores Solares a Vácuo

Esse modelo de coletor tem um alto desempenho, chegando a absorver até 93% dos raios solares, produzindo até 3 vezes mais energia do que os coletores planos, apresentando um melhor custo benefício e uso de espaços [9].

Diante da alta eficiência desse coletor, eles são recomendados para regiões onde a incidência de sol é menor, ou então para projetos industriais grandes onde se precisa de água em alta temperatura [8].

Funciona do seguinte modo: os tubos de vidro captam os raios ultravioletas e fazem a transferência para a água que está nos tubos, revestida por uma cor escura que colabora para aquecer mais ainda. O vácuo existente na camada do vidro do tubo evita que a água perca calor, atuando como isolante térmico [9].

Segundo o fabricante Komeco (2015), uma das vantagens do coletor solar a vácuo é a necessidade de uma área menor para instalação, além do mais é de fácil implantação. O material resiste a impactos de granizo ou congelamento, ideal para regiões onde acontecem tais eventos. O contraponto é que esse tipo de coletor serve apenas para sistemas com baixa pressão de água sendo de até 5 m.c.a, não suportando ser utilizados em redes pressurizadas [8]. Na figura 5. podemos ver um módulo de coletor solar de tubo a vácuo:

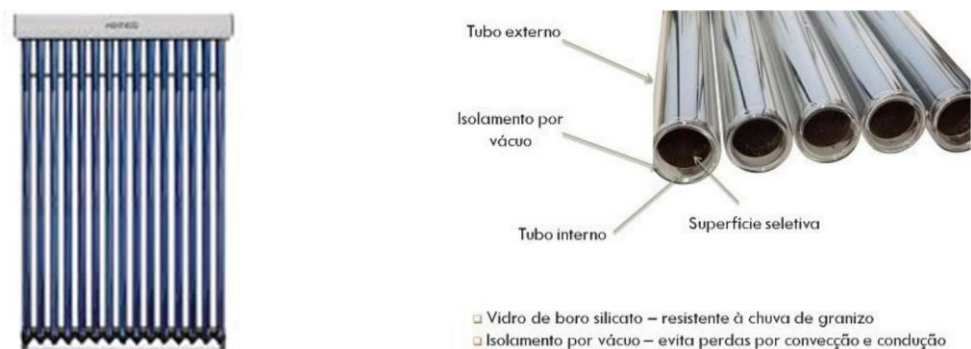


Figura 5. Coletor solar de tubo a vácuo

Fonte: komeco.com.br [9]

2.5 Aquecimento de Água de Piscinas

Existem dois tipos de sistemas no uso da energia solar em sistema de aquecimento de água: o ativo e o passivo. O sistema ativo requer a presença de uma bomba que faz a água circular, fazendo necessário o uso de sensores e um sistema de controle. No sistema passivo, não é necessário a utilização da bomba, pois o coletor é posto em um nível abaixo do reservatório. A circulação da água se dá por meio natural, por um efeito chamado termossifão [8]. Segundo Kologirou (2009), os sistemas com circulação passiva são mais básicos e os mais usados, porém para sistemas com até 1000 m³.

O aproveitamento da energia solar térmica é procedimento simples, que inicia pelo meio de um reservatório de água que fornece água fria para um coletor solar, no caso a própria piscina. O coletor é quem tem a função de aquecer a água por meio da radiação solar que reflete sobre ele. A absorção dessa radiação se dá através de uma base de placas metálicas, que geralmente recebem uma pintura preta para melhorar a captação da luz. A água aquecida no coletor é levada ao reservatório, o qual é termicamente isolada, evitando assim a perda de calor da água até sua utilização [1]. A circulação é dirigida por bombas, comumente utilizado em sistemas de grande porte. Na figura 6. podemos ver o funcionamento de um sistema de aquecimento solar para piscina.

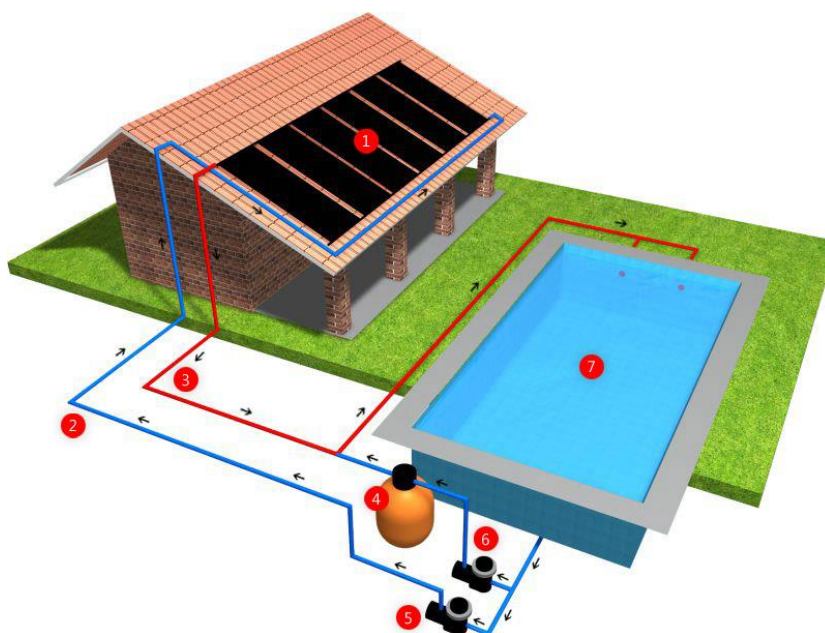


Figura 6. Sistema aquecimento solar para piscina

Fonte: soletrol.com.br [12]

-
1. Coletores solares;
 2. Tubulação com a água fria que sai da piscina;
 3. Tubulação com a água quente que sai dos coletores;
 4. Filtro da piscina;
 5. Bomba do sistema de aquecimento solar;
 6. Bomba do sistema de filtragem;
 7. Piscina;

Piscinas residenciais são utilizadas em temperaturas entre 25°C e 28°C, podendo chegar aos 30°C em academias de natação.

2.6 Bomba Hidráulica

Segundo PEREIRA et al. (2003), para instalações de aquecimento de água por energia solar com quantidade maior que 1500 litros, é indicado o uso de um sistema de bombeamento para a circulação de água entre os coletores e o reservatório térmico, no caso a piscina.

A movimentação forçada da água é feita por meio de uma motobomba hidráulica, posicionada entre o reservatório e os coletores. De acordo com SOLETROL et al. (2001), esse sistema é recomendado para médias e grandes instalações (acima de 15 placas), precisando de uma manutenção periódica por causa dos sistemas elétricos e deterioração de peças. O bombeio é monitorado por um controlador diferencial de temperatura que liga a bomba assim que o nível de insolação é capaz de aquecer a água nos coletores [10].



Figura 7. Bomba hidráulica

Fonte: meritocomercial.com.br [14]

2.7 Filtro

Tem a finalidade de livrar a água da piscina das impurezas e evitar possíveis obstruções no escoamento da água nos coletores.



Figura 8. Filtro da piscina

Fonte: meritocomercial.com.br [14]

2.8 Controlador Diferencial de Temperatura

O CDT é um dispositivo eletroeletrônico que tem função de regular a operação da motobomba do aquecedor solar, conforme com as diferenças de temperatura já estabelecidas entre o coletor e a piscina. Normalmente o controlador aciona a bomba quando a diferença de temperatura entre a saída do coletor e o fundo da piscina é de pelo menos de 5° C, e desliga a bomba quando essa diferença cai para 2°C. Todavia, essas diferenças de temperaturas podem ser ajustadas conforme a necessidade.



Figura 9. Controlador Diferencial de Temperatura

Fonte: soletrol.com.br [12]

3. METODOLOGIA

3.1 Projeto

O objeto de estudo deste trabalho é um condomínio residencial localizado na cidade de Mossoró-RN, o mesmo conta com uma piscina que tem 125 m² de área e o local de instalação dos coletores dispõe de 24 m de comprimento e 2,5 m de largura, sem risco de sombreamento.

Em relação a radiação solar, o condomínio está situado na região metropolitana da cidade de Mossoró, zona geográfica que possui altos índices de incidência solar que variam de 5 a 6 Kwh/m².dia, normalmente superior à média brasileira [11].

Para a captação de energia solar na região da instalação, é recomendado que a orientação dos coletores esteja voltada para o norte geográfico e uma inclinação de acordo com a latitude, no caso da cidade de Mossoró, a melhor inclinação é de 10°. Com o auxílio de um aplicativo de bússola, constatou-se que a área de instalação dos coletores estar direcionada 39° NE, um bom direcionamento pelo fato de estar próximo do Norte.



Figura 10. Área disponível para instalação dos coletores

Fonte: Autoria própria

O sistema proposto é composto dos seguintes elementos:

- Coletores solares: responsáveis pela absorção da irradiação solar e transferência para a água;
- Bomba hidráulica: encarregado de fazer a água circular por todo o sistema;
- Controlador diferencial de temperatura: controla o acionamento da bomba de acordo com as temperaturas definidas;
- Filtro hidráulico: finalidade de manter a água sempre limpa;

3.2 Tipo de Coletor escolhido

Coletor solar plano aberto Figura 11, modelo: com área coletora de $4,0 \times 1,2 = 4,8 \text{ m}^2$.



Figura 11. Coletor solar plano aberto

Fonte: mercadolivre.com [15]

3.3 Relação de área

Para facilitar o dimensionamento do número de coletores a serem utilizados no sistema, formulou-se uma tabela com 24 variações de área recomendada. A área coletora devida para repor as perdas de temperaturas diárias da piscina.

Relação de Área Recomendada		Clima							
		Muito Quente		Quente		Frio		Muito Frio	
		Piscinas							
Aplicação	Temperatura	Fechada	Aberta	Fechada	Aberta	Fechada	Aberta	Fechada	Aberta
Clubes	28°C a 30°C	0.70	0.80	0.90	1.00	1.00	1.10	1.20	1.30
Residências e Academias	30° C a 32°C	0.80	0.90	1.00	1.10	1.10	1.20	1.20	1.30
Fisioterapia e SPAS	34°C	1.20	1.30	1.30	1.40	1.40	1.50	1.60	1.70
Exemplos de referência quanto às variações climatológicas		Cuiabá, Campo Grande, Fortaleza, Recife, etc.		Belo Horizonte, Birigui, Rio de Janeiro, Uberaba, etc.		São Paulo, Florianópolis, Poços de Caldas, Londrina.		Campos do Jordão, Curitiba, Porto Alegre, Serra Gaúcha, etc.	

Figura 12. Relação de área

Fonte: komeco.com.br [9]

Os dados da piscina são:

- Largura: 5 m;
- Comprimento: 25 m;
- Profundidade: 1,4 m;

- Volume: 175.000 L;

A equação para definir o número de coletores, segundo a Komeco, é:

$$N^{\circ} \text{ de coletores} = \frac{\text{Área da piscina} \times \text{Relação de área}}{\text{Área do coletor utilizado}} \quad (1)$$

$$N^{\circ} \text{ de coletores} = \frac{125 \text{ m}^2 \times 0,9}{4,8 \text{ m}^2}$$

$$N^{\circ} \text{ de coletores} = 23,4 \approx 24$$

3.4 Vazão de trabalho

Para determinar a potência da bomba deve-se levar em conta qual é a vazão mínima que assegura o melhor rendimento dos coletores. Sendo assim, adota-se o mesmo valor da vazão utilizado no teste de eficiência dos coletores solares para banho (72 litros por hora por m²). Considera-se também a área útil das baterias ligados em paralelo.

$$Vazão = 28,8 \times 72 = 2074 \text{ litros/hora}$$

Para assegurar o equilíbrio hidráulico ao sistema, tem que se respeitar o limite máximo de 6 coletores por bateria e distribuir as baterias na menor área possível, de modo que possibilite menor perda de carga. No caso deste projeto definiu-se 6 baterias com 4 coletores cada. Exemplificado na Figura 13.

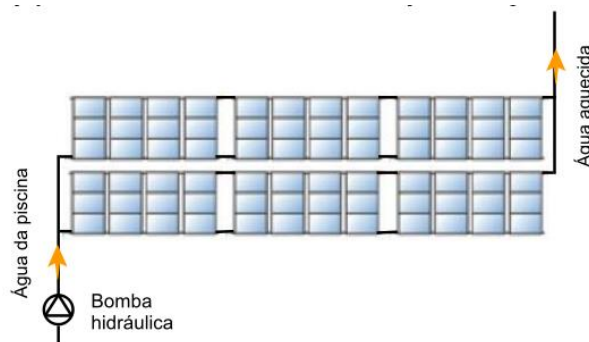


Figura 13. Arranjo das baterias de coletores

Fonte: Autoria própria

3.5 Dimensionamento da tubulação

Segundo a NBR 5626-98 [16], a velocidade máxima da água nas tubulações deve ser igual ou menor que 3 m/s. A tabela x mostra a velocidade e vazão máxima para tubos de diferentes diâmetros.

DIÂMETRO		VELOCIDADES MÁXIMAS	VAZÕES MÁXIMAS
(mm)	(pol)	m/s	l/hora
15	1/2	1,6	720
22	3/4	1,95	2160
28	1	2,25	4320
35	1.1/4	2,50	9000
42	1.1/2	2,50	14400
54	2	2,50	20520
66	2.1/2	2,50	32040
79	3	2,50	43200
104	4	2,50	64800

Figura 14. Especificação de velocidade e vazão máxima recomendada para tubos de diferentes diâmetros

Fonte: NBR 5626-98 [16]

Considerando a vazão calculada que é 2074 litros/hora, o diâmetro do tubo principal deve ser 22 milímetros. A partir do tubo principal ocorre a alimentação de duas baterias e a vazão em cada uma delas é diferente. Após passar a primeira bateria a vazão diminui pela metade, ou seja, na segunda bateria a vazão é 1037 litros/hora. Nesse caso é possível manter o mesmo diâmetro de tubo. Para determinar o diâmetro dos tubos de saída das baterias utiliza esse mesmo raciocínio.

3.6 Bomba de circulação

A bomba de circulação tem que ser capaz de suportar a água na temperatura máxima encontrada no sistema de aquecimento, além de ser instalada em local que tenha fácil acesso para futuras manutenções ou substituição. Deve-se instalar a bomba no circuito primário do sistema na posição horizontal ou vertical, contanto que o eixo do motor sempre esteja trabalhando na horizontal e paralelo ao solo, conforme a ilustração da figura x. A bomba escolhida é a mesma mostrada anteriormente na figura 15.

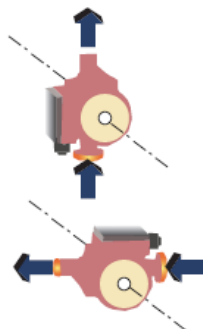


Figura 15. Orientação do eixo do motor e o sentido do fluxo da água na bomba hidráulica

Fonte: Introdução ao Sistema de Aquecimento Solar [17]

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados do estudo desse possível projeto no condomínio residencial dizem respeito ao grande favorecimento proporcionado pelo clima local para este tipo de sistema de aquecimento solar térmico para piscina e a economia fornecida pela facilidade de compra e também pelo valor desse investimento.

O preço dos coletores solares planos do tipo aberto da marca Komeco foi tomado como preço médio dentre as variações encontradas no mercado nacional, desse modo, encontrou-se o preço médio de R\$ 306,24, como o sistema é projetado conta com 24 coletores, o custo total pelos coletores foi de R\$ 7.349,76. Já o controlador diferencial de temperatura da marca Microsol SWP Advanced foi contabilizado no valor de R\$ 320,00. O valor do motor da marca Sodramar Bmc-75 foi encontrado de R\$ 627,75. E por último um filtro e uma bomba para circulação de filtragem da marca Jacuzzi 15 TP foram encontrados pelo valor de R\$ 1.862,00. Posto isto, o investimento inicial total é de R\$ 10.159,51.

Sistema solar	Quantidade	Valor
Coletores	24	R\$ 7.349,76
Bomba	1	R\$ 627,75
Filtro com bomba	1	R\$ 1.862,00
CDT	1	R\$ 320,00
Total	N/A	R\$ 10.159,51

Tabela 1. Custo do sistema solar

Fonte: Autoria

Tomando para efeito de comparação de custo de instalação outro tipo de aquecimento de piscina, foi escolhido um trocador de calor de acordo com o volume da piscina do condomínio, que é de 175.000 litros. Desse modo, um trocador de calor da marca Astralpool Top+38 Fluidra encontra-se na faixa de R\$ 30.554,97 e tem um consumo de 130.560 BTU/hora.

Trocador de Calor	Quantidade	Valor
Astralpool Top+38 Fluidra	1	R\$ 30.554,97

Tabela 2. Custo do trocador de calor

Fonte: Autoria

Percebe-se que o investimento inicial do trocador de calor é cerca de três vezes maior do que o do sistema de aquecimento solar térmico.

Posteriormente, foi feita uma comparação no gasto energético de cada tipo de aquecimento, levando em consideração alguns dados. Para o sistema solar considerou-se: uso diário de 10 horas das 2 bombas, 30 dias e um fator unitário de R\$ 0,80. Já para o trocador de calor levou-se em conta: uso diário de 5 horas, 30 dias e fator tarifário de R\$ 0,80. O tempo de uso do trocador é menor pelo fato que em regiões de clima quente o seu tempo de uso é menor. Com isso, o resultado da comparação de consumo mensal e anual pode ser analisado no Gráfico 1.

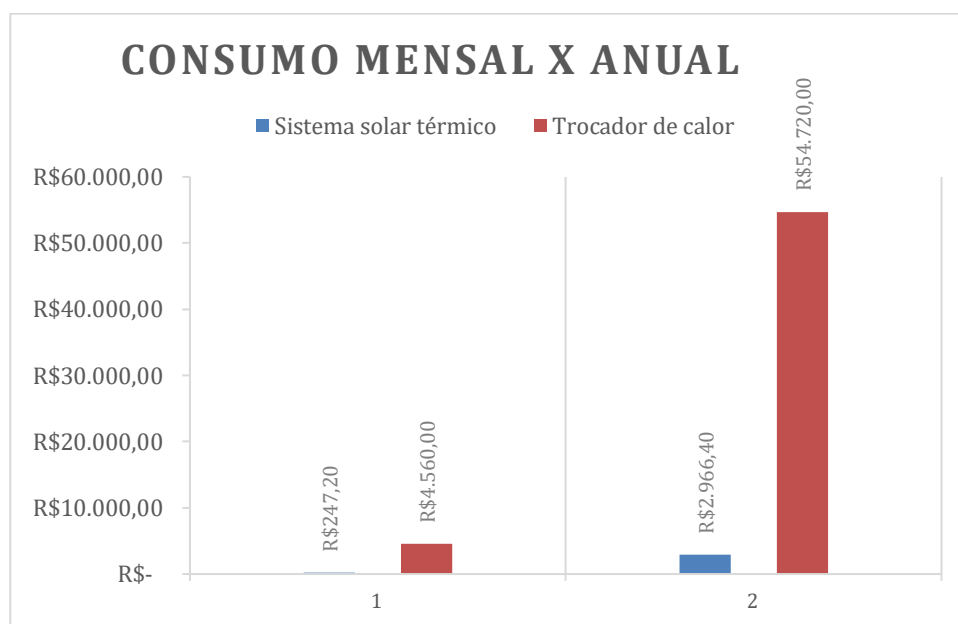


Gráfico 1. Consumo mensal e anual dos dois tipos de aquecimento

Fonte: Autoria

O consumo de energia elétrica do trocador de calor é cerca de dezoito vezes maior em comparação com o consumo do sistema solar.

Pode se observar várias vantagens nesse tipo de sistema de aquecimento de piscina, como: fonte gratuita de energia, operação barata, durabilidade das placas cerca de 15 a 20 anos (ecycle), ótimo para aquecer piscina em climas quentes, eco-sustentável. Por outro lado, existe algumas desvantagens, por exemplo: este tipo de coletor só funciona com luz direta, toma muito espaço no ambiente de instalação, aquece lentamente.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho tratou de desenvolver a viabilidade de implementação de um sistema de aquecimento solar térmico para piscina, destacando suas vantagens em comparação ao trocador de calor.

Os resultados apresentados levam a conclusão de que o uso da energia solar para aquecer a água da piscina de um condomínio residencial é viável da ótica econômico, uma vez em que a localização geográfica onde o mesmo está situado favorece a esse tipo de sistema, além de se tratar de um investimento que tem um custo inicial três vezes menor e que proporciona uma economia na conta de energia anual de aproximadamente dezoito vezes.

Por fim, este trabalho leva a uma melhor compreensão acerca da energia solar térmica para uso no aquecimento de piscina, levando em consideração a possibilidade de futuros trabalhos dando continuidade e com um maior aprofundamento nessa área, como por exemplo: um aplicativo que se possibilite configurar o controlador diferencial de temperatura pelo celular, um estudo de caso de energia solar térmica no âmbito industrial na região de Mossoró-RN.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] LUSA, Daiane. Análise da viabilidade do sistema de coletores solares térmicos como alternativa para redução dos gastos com energia em habitações de interesse social. 2015.
- [2] DIÁRIO DO NORDESTE. Mercado de piscinas no Brasil continua crescendo. Disponível em: <<http://blogs.diariodonordeste.com.br/egidio/67363-2/>>. Acesso em: 08 out. 2019.

-
- [3] STARKE, Allan Ricardo, et al. Uma análise de sistemas de aquecimento de piscinas domésticas através de bombas de calor assistidas por energia solar. Pós-Graduação em Engenharia Mecânica-Santa Catarina. 2013.
- [4] MORAES, Bruno Carlos dos S.; BARBOSA, Charles Renato Pinto. PROJETO DE AQUECIMENTO SOLAR TÉRMICO-FOTOVOLTAICO OFF GRID DE PISCINAS. Engenharia de Energia. Brasília, 2015.
- [5] PEREIRA, E. M. D.; DUARTE, L. O.; PEREIRA, L. T.; FARIA, C. F. C.; SOUZA, H. M; Energia solar térmica. In: TOLMASQUIM, M. T. (Org.). Fontes renováveis de energia no Brasil. Rio de Janeiro: Interciência; CENERGIA, 2003. 42p.
- [6] ANEEL – Agência nacional de energia elétrica. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br> Acesso em 25 nov. 2019.
- [7] BASSO, Luiz Henrique et al. Utilização da energia solar em sistemas de aquecimento de água residencial. 2008.
- [8] SALES, Talison Roberto Rodrigues. O uso da energia solar nas obras civis: um estudo sobre o aquecimento de água por sistema de coletores solares em edifícios residenciais. Engenharia Civil-Pedra Branca, 2017.
- [9] KOMECO. Manual do usuário e de instalação - sistema de aquecimento solar. Versão 13/09/2018, São José, Santa Catarina, Brasil. Disponível em: http://www.komeco.com.br/fmanager/komeco2017/manuais_produtos/arquivo63_1.pdf
- [10] TRANSEN AQUECEDOR SOLAR. Manual de aquecimento solar. São Paulo: Senai, 2004. 44 p.
- [11] PEREIRA, Enio Bueno et al. **Atlas brasileiro de energia solar**. São José dos Campos: Inpe, 2006.
- [12] SOLETROL AQUECEDORES SOLARES DE ÁGUA. Treinamento técnico em aquecimento solar de água. São Manuel. São Paulo: Senai, 2001. 105 p.
- [13] AQUAKENT. <http://www.aquakent.com.br>. Acesso em: 06 fev. 2020.
- [14] MÉRITO COMERCIAL. <https://www.meritocomercial.com.br/>. Acesso em: 06 fev. 2020.
- [15] MERCADO LIVRE. [mercadolivre.com](http://www.mercadolivre.com). Acesso em: 06 fev. 2020.
- [16] NBR 5626 1998. <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=4274>. Acesso em: 06 fev. 2020.
- [17] RODRIGUES, Decio (Coord.) Introdução ao Sistema de Aquecimento Solar. Editora Ekos Brasil. 2010.