

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AQUECIMENTO DE ÁGUA POR EFEITO SOLAR E EFEITO JOULE PARA PISCINA RESIDENCIAL

Arthur Wilton Guimarães Morais¹, Idalmir de Souza Queiroz Júnior²

¹ arthur.morais34420@alunos.ufersa.edu.br

² idalmir@ufersa.edu.br

Resumo: Este trabalho apresenta uma análise comparativa entre dois métodos para aquecimento de piscinas: O sistema de aquecimento solar e o sistema de aquecimento por efeito Joule. O estudo aborda aspectos como custo de matérias para instalação, consumo energético, eficiência e viabilidade econômica em longo prazo. Constatou-se que o aquecimento solar, que mesmo dependendo das condições climáticas da região, oferece baixos custos de materiais, menor impacto ambiental e pouco gasto em longo prazo. Já o sistema elétrico proporciona aquecimento rápido independente da condição climática e incidência solar, mas com alto consumo energético e alto custos mensais. A análise conclui que, para uso contínuo e principalmente residencial, o aquecimento solar é significativamente mais vantajoso, enquanto o aquecimento elétrico pode ser utilizado como uma complementar do aquecedor solar.

Palavras-chave: Aquecimento por efeito solar; Aquecimento por efeito Joule, Aquecimento de água.

1. INTRODUÇÃO

O aquecimento de água é um processo importante para diversas áreas como residenciais e indústrias, sendo utilizado principalmente em piscinas, tanto em áreas residenciais como em clubes e academias, banhos e em processos químicos. Independentemente do local, existem diversos métodos para aquecer a água, como por exemplo o aquecimento por efeito Joule, princípio utilizado no funcionamento dos chuveiros elétricos, e o aquecimento por energia solar térmica, que utiliza coletores solares para captar e converter a radiação solar em calor (MALUF, 2009).

A manutenção da temperatura adequada da água é importante para o conforto dos usuários. De acordo com a Associação Nacional das Empresas e Profissionais de Piscinas (ANAPP), a temperatura ideal para as piscinas é a partir de 25° C ou mais quente para garantir conforto térmico, temperaturas menores podem ser perigosas, pois pode ser prejudicial para pessoas idosas ou com sensibilidade a variação de temperaturas, principalmente abaixo de 15° C. Para garantir a temperatura ideal, se faz necessário aquecer a água com aquecedores adequados para cada situação regional e climática, segundo a ANAPP (2025).

O efeito Joule, de acordo com a ANAPP (2025), empregado em sistemas elétricos de aquecimento, tem como principal vantagem, a capacidade de fornecer calor de maneira rápida e independente de qualquer condição climática. Permitindo manter uma temperatura constante por longos períodos de tempo, e possui a vantagem de ser um sistema limpo, em comparação com o aquecimento a gás e a lenha.

Yandri (2017) discute o uso do efeito Joule para melhorar a eficiência térmica de coletores fotovoltaicos/térmicos. Além disso, quando comparado com o aquecimento a gás e lenha, o aquecimento elétrico é considerado um sistema limpo por não gerar resíduos ou liberação de nenhum tipo de gases ou partículas.

O aquecimento solar, por sua vez, apresenta-se como um método sustentável e econômico a longo prazo, com baixos custos operacionais, utilizando o sol como fonte de energia (Li et al., 2020). Ilgaz e Yumrutas (2022) propõem um sistema de energia renovável para eliminar fontes convencionais no aquecimento de piscinas. No entanto, sistemas de aquecimento solar podem ter custos iniciais mais elevados (ROCHA; SOWMY, 2021).

O trabalho de Aboushi e Raed (2015) avalia o desempenho térmico ao utilizar energia solar para aquecer uma piscina interna, empregando coletores solares evacuados, utilizando tubos a vácuo em sua construção para reter o calor de forma mais eficiente. O uso do sistema solar resultou em uma redução de aproximadamente 75% no consumo de energia. Já o artigo de Haaf et AL (1994), descreve e valida um modelo para piscinas, com uma área de 100 m² e 0,5 m de profundidade ao ar livre, esse modelo é composto por duas partes o balanço energético da piscina e da instalação solar. Desenvolvido com financiamento da Comissão das Comunidades Europeias.

Um estudo de caso de um sistema de aquecimento de piscina fazendo uso da energia solar térmica em um condomínio residencial na cidade de Mossoró-RN, analisando a sua viabilidade de implantação e suas vantagens em comparação a um trocador de calor, foi realizado por GAMA e QUEIROZ JR (2019). Este último serve de base para um estudo comparativo entre tecnologias mais usadas neste trabalho.

Projetos de aquecimento de piscinas podem seguir diretrizes para projeto, dimensionamento e instalação de sistemas de aquecimento solar para piscinas de conhecimento amplo da literatura abordando aspectos como coletores solares, hidráulica do sistema, controles, tubulações e cálculo da carga de aquecimento da piscina, de acordo com Morrison (1995).

Diante desse contexto, este trabalho tem como objetivo realizar uma análise comparativa entre as tecnologias de aquecimento de água para piscinas, com foco nos aspectos técnicos e econômicos. A pesquisa busca fornecer dados relevantes para a escolha do sistema mais eficiente e sustentável, destacando as vantagens e desvantagens de cada tecnologia.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção detalha a fundamentação teórica em que o trabalho se baseia apresentando os sistemas de aquecimento de água por energia solar e por efeito Joule para piscinas residenciais, sendo o estudo desenvolvido com base em uma revisão bibliográfica e na aplicação de cálculos de consumo e custos.

2.1. Aquecimento de Piscina

O aquecimento de água para piscinas é uma solução essencial, podendo garantir a segurança e conforto das pessoas, principalmente crianças e idosos, permitindo manter a temperatura ideal para utilização, em diferentes condições climáticas, mesmo durante períodos mais frios. A escolha do sistema adequado depende de diversos fatores, como consumo de energia, eficiência térmica, custo de manutenção e instalação do sistema (MALUF, 2019). Para a questão de cálculos, será considerada uma piscina de 18 m², com uma profundidade de 1,5 m, totalizando 27 m³ de piscina, um total de 27000 L de água.

2.2 Aquecimento Solar

A instalação de um sistema de aquecimento de água de piscina solar depende de diversos fatores, como a incidência solar e clima da região a ser instalada, por ser necessária a exposição constante do sol nas placas coletoras térmicas para aquecer, portanto regiões com pouca incidência solar resultam em um sistema menos eficiente (ROCHA E SOWMY, 2021).

O aquecedor solar para piscinas diferente de um aquecedor solar residencial, não precisa de um reservatório térmico para armazenar a água, pois a própria piscina já faz a função de reservatório para o sistema. Esse método utiliza a energia solar como a fonte de calor, captado por meio de coletores solares térmicos, aquecendo a água que é bombeada da piscina até os coletores e retornando para a piscina até que atinja a temperatura desejada, para piscinas residenciais a temperatura desejada para a água varia entre 25°C a 32°C, de acordo com a ANAPP, como pode ser visto na Figura 1 (ROCHA E SOWMY, 2021).



Figura 1. Sistema de Aquecimento Solar para Piscinas. Fonte: Soletrol (Aquecedores Solares para Piscinas, 2025)

2.2.1 Coletores Solares

Os coletores solares são os componentes importante desse sistema, responsáveis por captar a energia do sol, a radiação solar, e armazená-la em calor, quando o sistema estiver em funcionamento, a água da piscina que está fria passará pelo coletor e eventualmente esquentando a água (GAMA e QUEIROZ JR, 2019). Na Figura 2 é

possível ver o modelo do coletor. A eficiência desses coletores depende de quanta radiação solar são capazes de receber na maior parte do dia, o posicionamento correto das placas, e a proporção de coletores e a quantidade de litros de água.



Figura 2. Coletor Solar. Fonte: Globaltech (2025)

A proporção de coletores por litro de água pode ser relacionada com o esquema da Tabela 1. Essa proporção visa garantir a melhor eficiência para o sistema de aquecimento.

RELAÇÃO DE ÁREA RECOMENDADA					
		CLIMA			
		MUITO QUENTE		QUENTE	
APLICAÇÃO	TEMPERATURA	PISCINA COBERTA	PISCINA ABERTA	PISCINA COBERTA	PISCINA ABERTA
CLUBES	28°C a 30°C	0,7	0,8	0,9	1
RESIDÊNCIA E ACADEMA	30 a 32°C	0,8	0,9	1	1,1
FISIOTERAPIA E SPA	34°C	1,2	1,3	1,3	1,4
EXEMPLOS DE CIDADES QUE SE ENCAIXAM NESTE PERFIL DE CLIMA:		CUIABÁ FORTALEZA	CAMPO GRANDE RECIFE	BELO HORIZONTE BRASÍLIA	GOIÂNIA RIO DE JANEIRO
		CLIMA			
		FRIO		MUITO FRIO	
APLICAÇÃO	TEMPERATURA	PISCINA COBERTA	PISCINA ABERTA	PISCINA COBERTA	PISCINA ABERTA
CLUBES	28°C a 30°C	1	1,1	1,1	1,2
RESIDÊNCIA E ACADEMA	30 a 32°C	1,1	1,2	1,2	1,3
FISIOTERAPIA E SPA	34°C	1,4	1,5	1,6	1,7
EXEMPLOS DE CIDADES QUE SE ENCAIXAM NESTE PERFIL DE CLIMA:		POÇOS DE CALDAS SÃO PAULO	FLORIANÓPOLIS LONDRIANA	CAMPOS DO JORDÃO PORTO ALEGRE	CURITIBA SERRA GAÚCHA

Tabela 1. Relação de Área Recomendada de Coletores. Fonte: Globaltech (2025)

2.2.2 Bomba de Circulação

Esse dispositivo, como visto na Figura 3, tem como objetivo bombear a água da piscina para os coletores, permitindo a circulação da água pelo sistema, um dos únicos dispositivos nesse sistema que necessita de energia elétrica para funcionar. Utilizando o modelo da Sodramar, de 1/2CV para piscinas de até 50000L.



Figura 3. Bomba de Piscina. Fonte: www.globaltechbrasil.com

Como $1\text{CV} \approx 735,5\text{W}$, portanto essa bomba tem uma potência aproximada de 367,75W. A energia consumida pode ser estimada pela equação 1

$$E = P \times \Delta t \quad (1)$$

Onde: E – Energia Consumida, P – Potência da Bomba, Δt – Tempo.

2.2.3 Controlador de Temperatura

Para poder controlar precisamente a temperatura desejada da piscina, é necessário instalar um controlador para detectar a temperatura da água depois que a mesma passe pelos coletores e a água, quando a diferença entre os dois é de no mínimo 5°C, o controlador ligará a bomba, fazendo o sistema funcionar, quando é atingida a temperatura desejada o controlador desligará a bomba, e eventualmente o sistema por completo (GAMA e QUEIROZ JR, 2019), um dos diversos modelos de controlador pode ser visto na Figura 4.



Figura 4. Controlador de Temperatura. Fonte: www.globaltechbrasil.com

2.2.4 Válvula Eliminadora de Ar

Dispositivo com objetivo de eliminar o ar que circulará por dentro do sistema, garantindo assim a eficiência e evitando quaisquer eventuais danos que os coletores possam sofrer, um modelo desse dispositivo pode ser visto na figura 5.



Figura 5. Válvula Eliminadora de Ar. Fonte: www.globaltechbrasil.com

2.2.5 Custos

Segundo a GLOBALTECH, por exemplo, a recomendação é a utilização de 1,1 m² de coletor solar para cada m² de piscina. Um kit, simples, para instalação desse sistema, de acordo com a mesma, tem como materiais:

- Placas coletor aquecedor solar
- Controlador de temperatura
- Bomba de piscina
- Válvula eliminadora de ar

Somente os materiais mais essenciais e desconsiderando o custo de instalação desse sistema, pois o valor depende de cada região e a da equipe que instalará esse sistema, demonstra como esse sistema não há necessidade de energia elétrica, com exceção da bomba, o custo mensal desse sistema depende somente do consumo da bomba.

2.2.6 Vantagens e Desvantagens

Segundo GAMA e QUEIROZ JR (2019), por ser um sistema que utiliza a energia do sol para aquecer a água, não há gasto de energia elétrica, com exceção da bomba, ou qualquer outro combustível para o funcionamento. Por não necessitar de nenhuma outra fonte de energia além do Sol, não há gastos à longo prazo com contas de energia elétrica, e também, por se tratar de um sistema que usa a radiação solar, não há qualquer poluente para o meio ambiente.

Utilizando a radiação solar, esse sistema apresenta um aquecimento lento da água, quando comparado com o sistema elétrico, e demanda um grande espaço para a instalação dos coletores. Um dos maiores problemas desse sistema é o seu alto custo de instalação, devido a grande quantidade de coletores, que depende do tamanho da piscina, e componentes necessários para o funcionamento. Portanto, esse tipo de aquecimento é mais

recomendado para locais com alto nível de incidência solar, para ser capaz de aproveitar o sistema o máximo possível e para que o sistema seja capaz de operar (GAMA e QUEIROZ JR, 2019).

2.3 Aquecimento Elétrico

O aquecimento por efeito Joule é um dos métodos mais utilizados para aquecer a água das piscinas, utilizando resistências elétricas para gerar calor. Esse processo ocorre quando passa uma corrente elétrica por um material resistivo, assim, a energia que passa nesse material começa a ser convertida em energia térmica (GAMA e QUEIROZ JR, 2019).

Segundo GAMA e QUEIROZ JR (2019), esse sistema consiste em uma bomba e o aquecedor elétrico, o aquecedor de passagem, pode utilizar conforme a necessidade um filtro para manter a água da piscina sempre limpa. A bomba pega a água da piscina e bombeia ela para o aquecedor de passagem, com energia elétrica sendo convertida em calor, a água vai começar a esquentar rapidamente pelo aquecedor e voltará para a piscina, conforme a Figura 6.

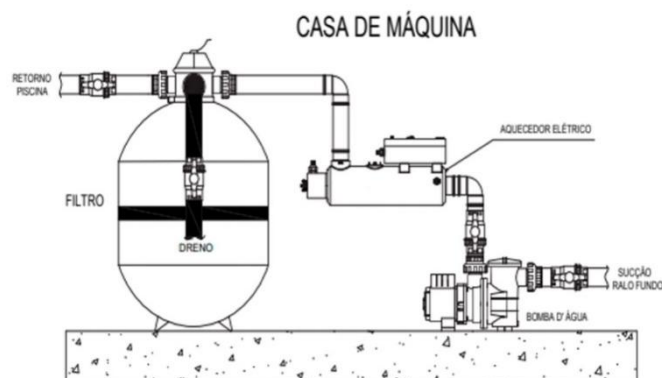


Figura 6. Esquema de Aquecimento Elétrico. Fonte: www.globaltechbrasil.com

2.3.1 Aquecedor Elétrico de Passagem

Por se tratar de um sistema que usa constantemente eletricidade para aquecer a água, garantido um aquecimento rápido e controle preciso da temperatura da piscina, seu gasto de energia a longo prazo pode torna o custo de operação desse sistema alto, principalmente se for em um sistema que será utilizado frequente por vários dias, segue um exemplo de um aquecedor para piscina de 40000L e 9kW da Light Tech funcionando por 5 horas por dia, modelo na Figura 7, (GAMA e QUEIROZ JR, 2019).



Figura 7. Aquecedor de Passagem. Fonte: www.globaltechbrasil.com

2.3.2 Instalação

Para instalação desse sistema, se faz necessário somente um aquecedor de passagem, que é responsável por aquecer a água da piscina, e uma bomba d'água para ter fluxo de água nesse sistema, os custos desses materiais será utilizado como base os da GLOBALTECH.

2.3.3 Vantagens e Desvantagens

A maior vantagem desse sistema é a capacidade de aquecer a água em qualquer condição climática da região e com um aquecimento altamente rápido, por se tratar de um dispositivo pequeno, no caso do aquecedor de passagem, sua instalação é pratica, pois é necessário somente dois materiais. Entretanto, esse sistema não é recomendado para residências devido ao seu alto consumo de energia elétrica, podendo consumir, utilizando a Equação (1), a potência desse aquecedor, 9kW, durante 5 horas, um total de 45kWh por dia, causando um alto custo na conta de energia elétrica da residência por mês somente de conta de energia elétrica, tornando inviável a utilização a longo prazo.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Esta seção detalha os materiais e métodos empregados na análise comparativa entre os sistemas de aquecimento de água por energia solar e por efeito Joule para piscinas residenciais. O estudo foi desenvolvido com base em uma revisão bibliográfica e na aplicação de cálculos de consumo e custos, utilizando dados de mercado e parâmetros técnicos específicos.

3.1 Caracterização da Piscina

Para fins de cálculo e análise, foi considerada uma piscina com as seguintes dimensões:

- Área: 18 m²
- Profundidade: 1,5 metros
- Volume total: 27 m³, equivalente a 27.000 litros de água

A temperatura ideal para piscinas, segundo a Associação Nacional das Empresas e Profissionais de Piscinas (ANAPP), varia de 25°C a 32°C para garantir conforto térmico.

3.1.1 Componentes e Custos Iniciais (Aquecimento Solar)

Os materiais essenciais considerados para a instalação do sistema de aquecimento solar, com base em dados da GLOBALTECH, incluem:

- 24 placas de coletor solar (3x0,33m): R\$ 1884,24
- 1 controlador de temperatura: R\$ 188,90
- 1 bomba de piscina (1/2CV): R\$ 677,32
- 1 válvula eliminadora de ar: R\$ 80,06

O custo total dos materiais, desconsiderando a instalação, foi de R\$ 2830,52. A recomendação de 1,1 m² de coletor solar para cada m² de piscina foi utilizada, resultando em um mínimo necessário de 19,8 m². Como o kit com menor área de coletor solar é de 24 m², tomando como base a GLOBALTECH, será considerado os coletores com a área de 24 m²

3.1.2 Consumo de Energia e Custos Operacionais (Aquecimento Solar)

O único dispositivo do sistema solar que demanda energia elétrica é a bomba de circulação.

- Potência da bomba: 1/2 CV $\approx$ 367,75 W (0,36775 kW)
- Tempo de funcionamento estimado: 5 horas por dia
- Custo da energia elétrica: R\$ 0,75 por kWh

A energia consumida foi calculada pela equação (1), resultando em:

- Consumo diário: $E = 0,36775 \text{ kW} \times 5 \text{ h/dia} \approx 1,84 \text{ kWh/dia}$
- Custo diário: $CD = 1,84 \text{ kWh/dia} \times R\$ 0,75/\text{kWh} \approx R\$ 1,38$
- Custo mensal: $CM = R\$ 1,38 \times 30 \text{ dias} \approx R\$ 41,40$

3.1.3 Componentes e Custos Iniciais (Efeito Joule)

Os materiais essenciais para a instalação do sistema de aquecimento elétrico, com base em dados da GLOBALTECH, incluem:

- Aquecedor elétrico de passagem (para 40.000 L e 9 kW): R\$ 3810,19
- Bomba de piscina: R\$ 677,32
- O custo total dos materiais, desconsiderando a instalação, foi de R\$ 4487,51.

3.1.4 Consumo de Energia e Custos Operacionais (Efeito Joule)

O sistema de aquecimento por efeito Joule demanda um alto consumo de eletricidade.

- Potência do aquecedor: 9 kW

- Tempo de funcionamento estimado: 5 horas por dia
- Custo da energia elétrica: R\$ 0,75 por kWh

A energia consumida foi calculada pela equação (1), resultando em:

- Consumo diário do aquecedor: $9 \text{ kW} \times 5 \text{ h/dia} = 45 \text{ kWh/dia}$
- Custo diário do aquecedor: $45 \text{ kWh/dia} \times \text{R\$ } 0,75/\text{kWh} = \text{R\$ } 33,75$
- Custo mensal do aquecedor: $\text{R\$ } 33,75 \times 30 \text{ dias} = \text{R\$ } 1012,50$
- Custo mensal total (aquecedor + bomba): $\text{R\$ } 1012,50 \text{ (aquecedor)} + \text{R\$ } 41,40 \text{ (bomba)} = \text{R\$ } 1053,90$

3.2 Análise Comparativa de Custos

A análise comparativa foi realizada considerando os custos iniciais dos materiais e os custos operacionais mensais de ambos os sistemas. O objetivo foi quantificar a economia gerada pelo sistema solar e determinar o tempo de retorno do investimento.

Economia Mensal: Calculada pela diferença entre o custo operacional mensal do sistema por efeito Joule e o custo operacional mensal do sistema solar.

Tempo de Retorno (*Payback Period*): Determinado pela divisão do custo inicial do sistema solar pela economia mensal gerada em comparação com o sistema por efeito Joule.

Como pode ser visto no gráfico 1, o gasto dos materiais para um aquecimento elétrico pode chegar a custar o dobro do aquecimento elétrico, mesmo demandando menos material, por se tratar de um dispositivo que necessita de muita energia, portanto, necessita que ele seja mais resistente e seguro para o uso.

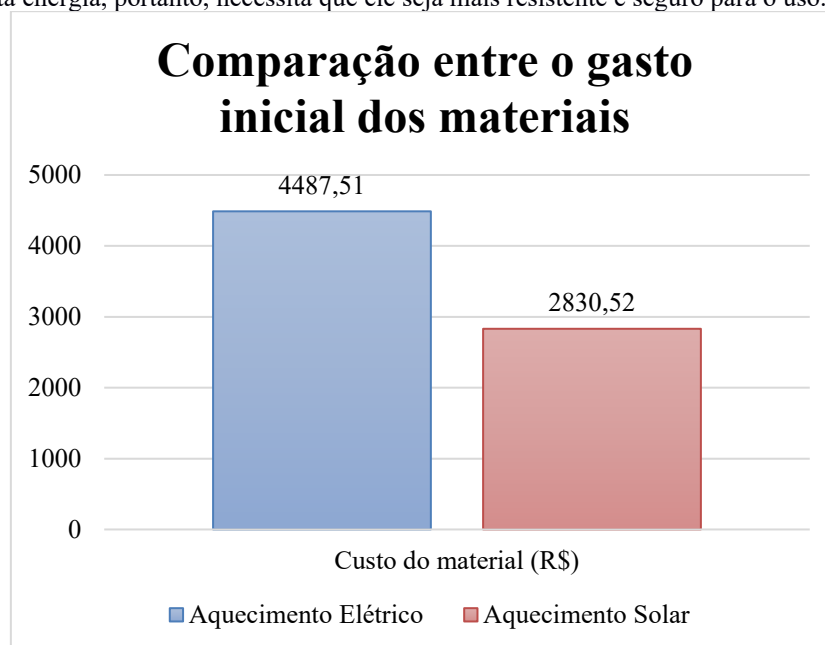


Gráfico 1. Gasto inicial dos materiais. Fonte: Autoria Própria (2025)

Como é um sistema que depende única e exclusivamente de energia elétrica para aquecer a piscina seu gasto em comparação com o aquecimento solar é alto, como pode ser visto no gráfico 2, isso se deve também por causa que o aquecedor solar só necessitar de energia elétrica para o funcionamento da bomba, enquanto o aquecedor elétrico necessita do aquecedor de passagem, que gasta muita energia sozinho.

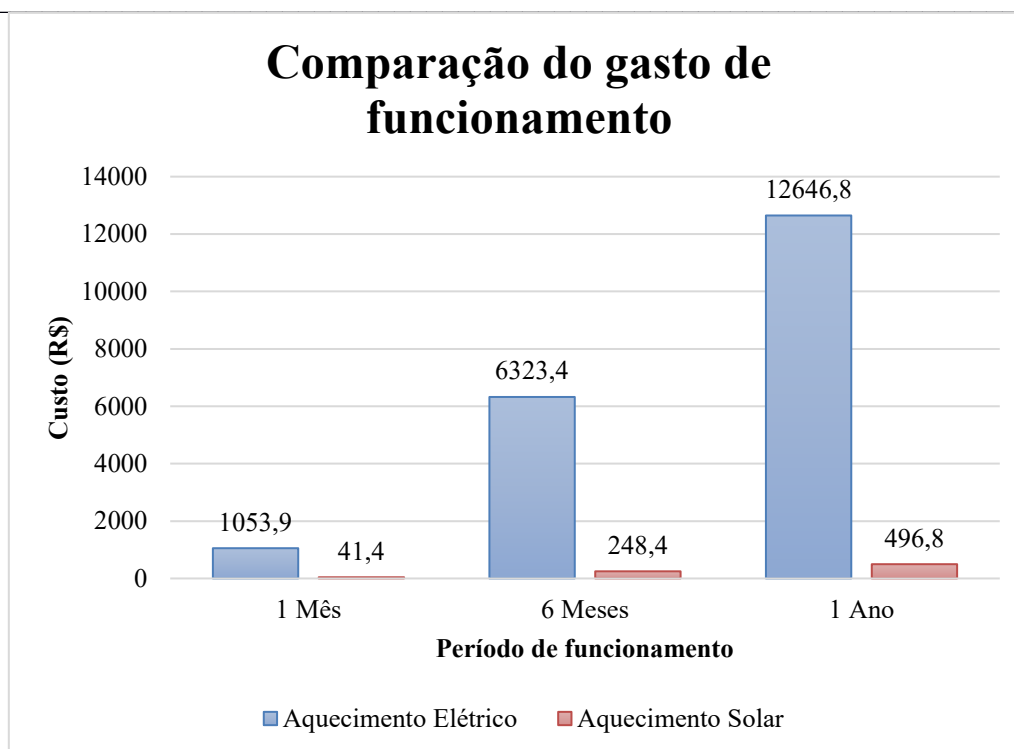


Gráfico 2. Gasto do funcionamento. Fonte: Autoria Própria

4. CONCLUSÕES

Com base na análise comparativa entre os sistemas de aquecimento para piscinas, aquecimento elétrico (Joule) e aquecimento solar, foi possível observar que, embora ambos os sistemas atendam ao mesmo propósito de aumentar a temperatura da água, apresentam diferenças significativas em termos de consumo, custo de instalação e impacto ambiental.

O aquecimento solar se destaca principalmente em sua eficiência energética, por ter somente uma bomba consumindo energia, tendo os custos operacionais baixos, sendo uma alternativa sustentável, pois usa somente o sol para aquecer a água. Entretanto, sua eficiência térmica depende exclusivamente da incidência solar, portanto em dias mais nublados ou em períodos do ano, em que a incidência solar é mais baixa, esse sistema praticamente deixará de funcionar.

Já o sistema de aquecimento elétrico oferece maior controle e funcionalidade em qualquer período ou condição climática, sendo um sistema mais eficiente em relação a resposta térmica, por aquecer mais rapidamente a água. Por outro lado, esse tipo de aquecimento implica em um alto gasto de energia elétrica, resultando em um alto custo operacional, podendo chegar a ser inviável a instalação em residências.

Para realizar a análise de custo e determinar em quanto tempo o sistema solar se pagará com a economia de energia elétrica, os custos iniciais foram: Aquecimento Solar: R\$ 2830,52 e Aquecimento por Efeito Joule: R\$ 4487,51.

Os custos Mensais de Operação foram: Aquecimento Solar (apenas bomba): R\$ 41,40 e Aquecimento por Efeito Joule (aquecedor + bomba): R\$ 1053,90.

O cálculo da Economia Mensal com o Sistema Solar é a diferença entre o custo operacional mensal do sistema por efeito Joule e o custo operacional mensal do sistema solar, ou seja, Economia Mensal = Custo Mensal Efeito Joule - Custo Mensal Solar = R\$ 1053,90 - R\$ 41,40 = R\$ 1012,50.

Já o cálculo do Tempo de Retorno (*Payback Period*) do Investimento Inicial é calculado pela diferença nos custos iniciais dividida pela economia mensal. No entanto, é importante notar que o custo inicial do sistema solar é menor que o custo inicial do sistema por efeito Joule. Isso significa que, do ponto de vista do investimento inicial, o sistema solar já é mais vantajoso desde o começo.

No entanto, se o objetivo é determinar em quanto tempo o investimento inicial do sistema solar é viável pela economia gerada em comparação com a alternativa mais cara de operação (efeito Joule), podemos considerar a diferença de custo inicial se o sistema solar fosse mais caro. Pode-se pensar na questão "em quanto tempo a diferença no custo de aquisição (se o solar fosse mais caro) seria compensada pela economia operacional". Como o sistema solar tem um custo inicial menor, ele não precisa "se pagar" nesse sentido. No entanto, para fins de comparação e para responder à pergunta original, podemos analisar a economia gerada pelo sistema solar em relação ao custo de instalação do próprio sistema solar.

Se for considerado que o custo de instalação do sistema solar (R\$ 2830,52) será "pago" pela economia de R\$ 1012,50 por mês em relação ao sistema de Efeito Joule, o cálculo seria o Tempo de Retorno = Custo Inicial Sistema Solar / Economia Mensal = R\$ 2830,52 / R\$ 1012,50/mês $\approx$ 2,79 meses.

Portanto, o sistema de aquecimento solar se pagaria em aproximadamente 2 meses e 24 dias com a economia de energia elétrica em comparação com o sistema de aquecimento por efeito Joule. Isso demonstra a significativa viabilidade econômica do sistema solar a longo prazo, especialmente para uso residencial contínuo.

Dessa forma, conclui-se que o sistema de aquecimento solar representa a opção mais viável a longo prazo quando se refere a um sistema para aquecer piscinas em residências que procuram eficiência e custo benefício. Já o sistema Joule pode ser uma alternativa quando não há possibilidade de instalação do aquecedor solar, tanto por falta de lugar para instalação quanto por haver pouca incidência solar na região, podendo ser utilizado como um sistema auxiliar, quando houver períodos de baixa radiação solar, ou até mesmo a noite, quando o aquecedor solar simplesmente não funciona.

Como proposta para trabalhos futuros, sugere-se a integração de sistemas fotovoltaicos ao aquecimento de água, de forma a compensar parcial ou totalmente o consumo energético do aquecedor elétrico. Tal abordagem poderia ser expandida para um sistema híbrido, combinando coletores solares térmicos, painéis fotovoltaicos e aquecedores elétricos, aproveitando as vantagens de cada tecnologia. Essa configuração permitiria otimizar o aproveitamento da radiação solar, reduzir custos operacionais e garantir o fornecimento contínuo de água aquecida, mesmo em períodos de baixa insolação.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABOUSHI, A. R.; RAED, A. A. Heating indoor Swimming Pool Using Solar Energy with Evacuated Collectors. In: 2015 International Conference on Advances in Environment Research, 2015.
- ANAPP. Temperatura ideal para piscinas. Disponível em: <https://anapp.org.br/blog/temperatura-ideal-para-piscinas>. Acesso em: 17/04/2025.
- GAMA, M. C.; QUEIROZ JR, I. de S. Uso da energia solar térmica em sistemas de aquecimento de piscinas de condomínio na cidade de Mossoró-RN. 2019.
- HAAF, W.; LUBOSCHIK, U.; TESCHE, B. Solar swimming pool heating: Description of a validated model. Solar Energy, v. 53, n. 1, p. 41-46, 1994.
- ILGAZ, R.; YUMRUTAŞ, R. Heating performance of swimming pool incorporated solar assisted heat pump and underground thermal energy storage tank: A case study. International Journal of Energy Research, v. 46, n. 2, p. 1008-1031, 2022.
- LI, Y.; NORD, N.; HUANG, G.; LI, X. Swimming pool heating technology: A state-of-the-art review. Building Simulation, p. 1-16, 2020.
- MALUF, C. A. Eficiência energética em sistemas de aquecimento de piscinas. 2009. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - POLI/USP, São Paulo.
- MORRISON, G. L. Solar heating - Swimming-pool heating systems - Dimensions, design and installation guidelines. ISO/TR 12596:1995(E), 1995.
- ROCHA, A. L.; SOWMY, D. S. Estudo comparativo dos aspectos técnico e econômico do sistema de aquecimento indireto para piscinas. In: XIV Simpósio Nacional de Sistemas Prediais, 2021, Catalão.
- YANDRI, E. The effect of Joule heating to thermal performance of hybrid PVT collector during electricity generation. Renewable Energy, v. 111, p. 344-352, 2017.
- GLOBALTECH Brasil. Disponível em: www.globaltechbrasil.com. Acesso em: 17/04/2025.
- SOLETROL. Disponível em: www.soletrol.com.br. Acesso em: 17/04/2025.