SISPRED 2021
XIV Simpósio Nacional de Sistemas Prediais
Gestão, Eficiência e Sustentabilidade
Catalão (GO) 18 e 19 de Novembro de 2021

ESTUDO COMPARATIVO DOS ASPECTOS TÉCNICO E ECONÔMICO DO SISTEMA DE AQUECIMENTO INDIRETO PARA PISCINAS

A comparative study of the technical and economic aspects of indirect heating system for pools

ROCHA, Allison Lopes[1]; SOWMY, Daniel Setrak[2]

Recebido em 15 de julho de 2021, aprovado em 06 de setembro de 2021, publicado em 18 de novembro de 2021

RESUMO: Este estudo apresenta a análise dos aspectos técnico e econômico do sistema de aquecimento de água da piscina através de bombas de calor elétricas e aquecedores de passagem a gás natural como alternativa ao sistema de aquecimento composto por bombas de calor e aquecedor de passagem elétricos de uma piscina de recreação em ambiente coberto. O estudo compreende comparar o histórico dos dados reais de consumo e operação das bombas de calor e aquecedor de passagem elétrico – configuração 01, com os dados estimados, com base nas especificações dos fabricantes, para o sistema de aquecimento composto por bombas de calor elétricas e aquecedores de passagem a gás natural – configuração 2. Os resultados obtidos com o estudo apresentaram uma redução de 38% no custo de operação do sistema proposto na configuração 02 em relação a configuração inicial, com período de retorno do investimento de 5,41 anos, ficando abaixo do período proposto de 10 anos.

Palavras-chave:
Aquecimento;
Aquecedores;
Bomba de Calor.

ABSTRACT: This study presents the analysis of the technical, economic aspects of the pool water heating system using electric heat pumps and natural gas heaters as an alternative to the heating system consisting of heat pumps and electric heaters of a indoor recreation pool. The study compares historical energy consumption and system operation data of heat pumps and electric passage heater - configuration 01, with the estimated data, based on the manufacturers' specifications, for the heating system composed of electric heat pumps and natural gas passage heaters - configuration 2. Results showed a reduction of 38% in operating costs of the system proposed in configuration 02 compared to the initial configuration, with a payback period of 6.17 years, below the proposed 10-year period.

Keywords:
Heating;
Heaters;
Heat Pump.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **ROCHA, Allison Lopes**: Eng. Civil, Especialista em Tecnologia e Gestão na produção de Edifícios Coordenador do setor de Infraestrutura da Unidade Operacional do Sesc Consolação - SP, allisonlopesrocha@gmail.com

[2] **SOWMY, Daniel Setrak**: Eng. Civil, Doutor, pesquisador do Laboratório de Conforto Ambiental, Eficiência Energética e Sistemas Prediais do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) e professor da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, dss@usp.br

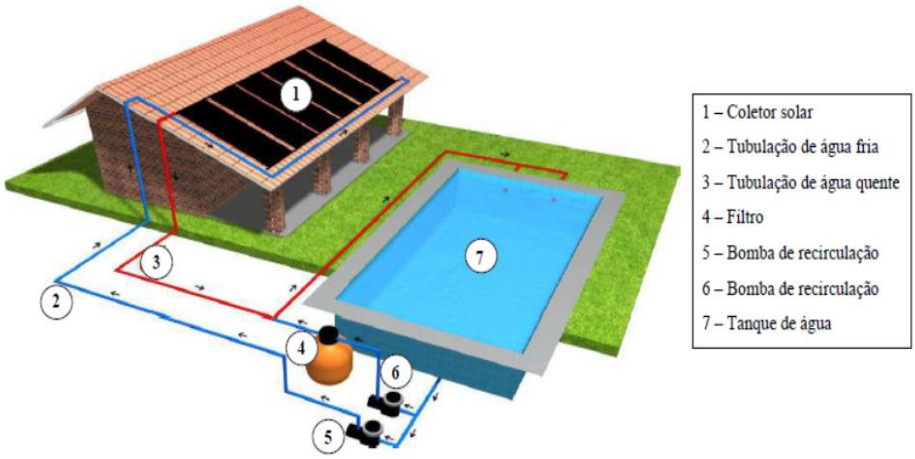
1 INTRODUÇÃO

Os sistemas de aquecimento de piscinas estão cada vez mais sendo utilizados, não apenas em piscinas de clubes e academias, bem como em casas e condomínios residenciais. Independentemente da fonte, a demanda por energia para aquecimento da água das piscinas deve ser melhor compreendida com intuito de melhoria no desempenho energético (MALUF, 2010).

Hoje, mais consumidores buscam por essa vantagem, situação que faz as indústrias enxer - garem o potencial do mercado e investirem em tecnologias que prometem, acima de tudo, eco - nomia, seja no aquecimento a gás, elétrico, so - lar ou por bomba de calor (ANAPP, 2019).

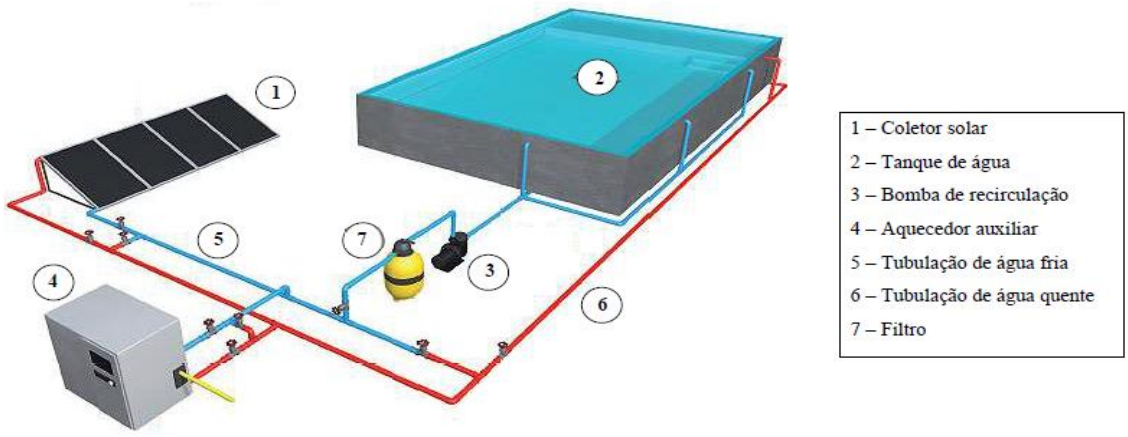
A manutenção da temperatura da água das piscinas aquecidas requer o emprego de sistemas que propiciem a geração de energia térmica. Os sistemas podem ser compostos por equipamentos com aquecimento direto (Figura 1) ou indireto com base em fonte solar, elétrica ou a gás natural (Figura 2).

Figura 1 – Sistema de aquecimento direto para água de piscina.



Fonte: Elaborado pelo autor com base em TurboHot (2021).

Figura 2 – Sistema de aquecimento indireto para água de piscina.



Fonte: Elaborado pelo autor com base em TurboHot (2021).

A Associação Nacional das Empresas e Profissionais de Piscinas - ANAPP, ressalta que o aquecimento da água das piscinas de parques aquáticos, clubes e academias utiliza grande quantidade de energia térmica, que será produzida e transferida através de equipamentos apropriados. O desempenho energético dos sistemas de aquecimento é influenciado por vários fatores, dentre eles o custo da fonte para produção da energia térmica. A disponibilidade da fonte para produção da energia térmica, os aspectos ligados a operação, a manutenção e espaço físico devem ser considerados na utilização de determinada tecnologia (ANAPP, 2019).

O aumento crescente da tarifa média cobrada pelas concessionárias de energia elétrica impacta diretamente no custo de operação do sistema de aquecimento. Neste sentido, o estudo de alternativas com a aplicação de gás natural como fonte parcial para transformação em energia térmica pode ir de encontro as necessidades. O Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2020), nos últimos nove anos o Brasil tem mantido o crescimento da produção de gás natural e as tarifas cobradas pelas concessionárias vem mantendo-se estáveis.

2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é analisar os aspectos técnico e econômico do sistema de aquecimento de água da piscina através de bombas de calor elétricas e aquecedores de passagem a gás natural como alternativa ao sistema de aquecimento composto por bombas de calor e aquecedor de passagem elétricos de uma piscina de recreação em ambiente coberto.

3 MÉTODO

O estudo compara os dados do consumo e operação do sistema de aquecimento d'água de uma piscina coberta em empreendimento multifuncional existente, considerando duas configurações distintas, a primeira composta por bombas de calor e aquecedor de passagem elétrico – configuração 01, e a segunda composta por bombas de calor elétricas e aquecedores de passagem a gás natural – configuração 2.

A metodologia de pesquisa contempla a coleta e tratamento dos dados reais de consumo e operação dos equipamentos da configuração 1 e os dados de consumo dos equipamentos das da configuração 2, fornecido pelos fabricantes. Os dados coletados compreendem o período entre os meses de janeiro de 2016 e fevereiro de 2019.

Os dados coletados permitem estimar o consumo médio diário mensal dos equipamentos e determinar a carga térmica média diária necessária para manutenção da temperatura d'água da piscina, conforme parâmetros estabelecidos pelo empreendimento durante o período de janeiro a dezembro.

O comparativo dos custos considera a demanda média diária real de consumo de energia elétrica dos equipamentos da configuração 1, nos horários de ponta e fora de ponta, e a estimativa de consumo médio diário dos equipamentos da configuração 2.

A avaliação econômica considera além dos custos de operação, os custos para implantação da configuração 2, com as adequações necessárias da infraestrutura existente.

4 ESTUDO DE CASO

A metodologia de pesquisa contará com o estudo de caso com aferição dos dados de consumo do sistema de aquecimento e operação da piscina de recreação coberta de um empreendimento multifuncional existente.

A piscina estudada possui volume aproximado de 420,00 m³ de água aquecida, as dimensões do tanque são 25,00 m x 12,00 m, com profundidade que varia de 1,20 m a 1,60 m (Figura 3).

Figura 3 - Tanque de recreação

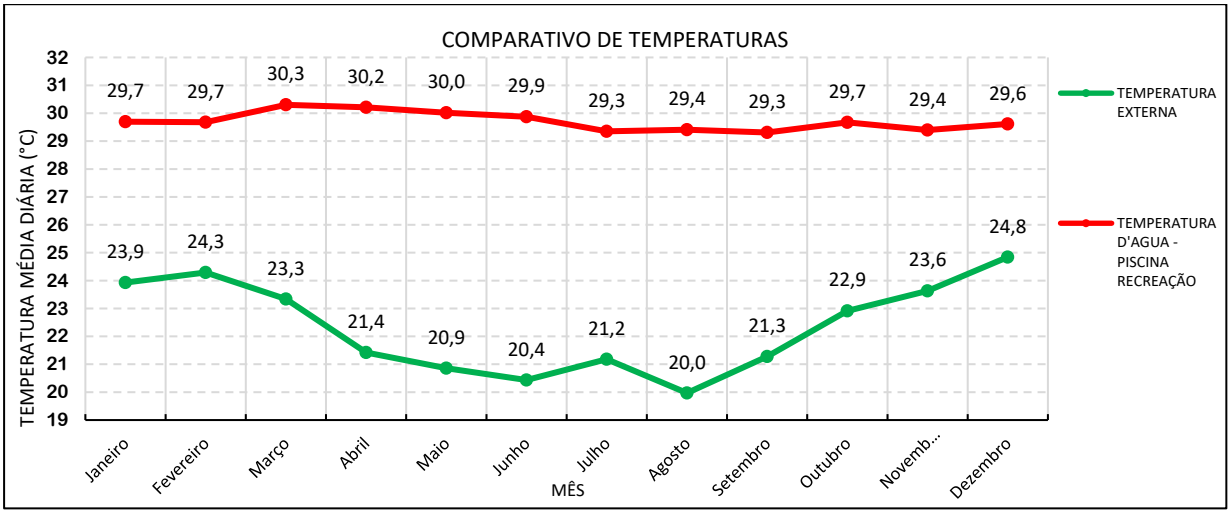


Fonte: Autoria própria (2021).

A piscina é utilizada pelo público adulto para prática de atividades agendadas e atividades livres de terça-feira a sexta-feira, das 07h00 até às 21h30 e aos sábados e domingos das 10h às 18h30.

A temperatura da água da piscina de recreação oscila entre 28 ºC e 31 ºC, o gráfico da Figura 4, ilustra o histórico da média mensal das temperaturas d'água da piscina e a temperatura externa ao ambiente do parque aquático entre os meses de janeiro de 2016 e fevereiro de 2019. Os índices mensais do gráfico consideram a média das temperaturas diárias registradas nas planilhas de controle diário de qualidade da água da piscina.

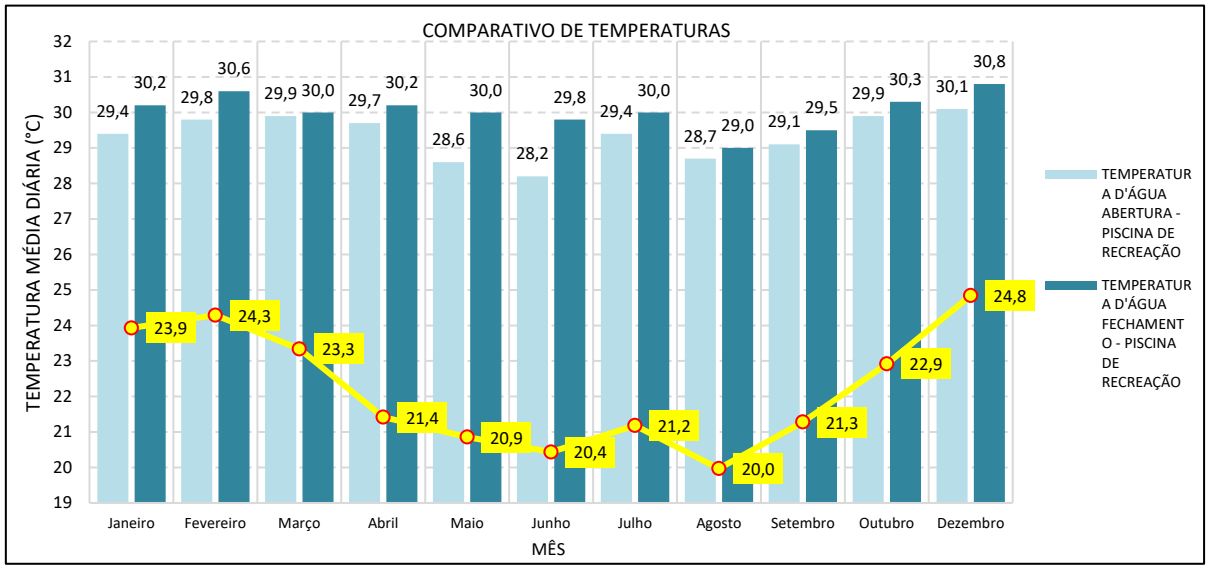
Figura 4 - Tanque de recreação



Fonte: Elaborado pelo autor com base nas planilhas de controle diário da balneabilidade da água da piscina (2021).

No gráfico da Figura 5, é possível verificar que nos meses em a temperatura externa é mais baixa, a diferença entre a temperatura d'água da piscina no momento da abertura e fechamento sofre maior oscilação, com diferenças que variam de entre 1,0 °C e 1,5 °C, muito similar a perda entre o final da operação e o início da operação do dia seguinte.

Figura 5 - Gráfico comparativo das temperaturas - abertura e fechamento e a temperatura externa

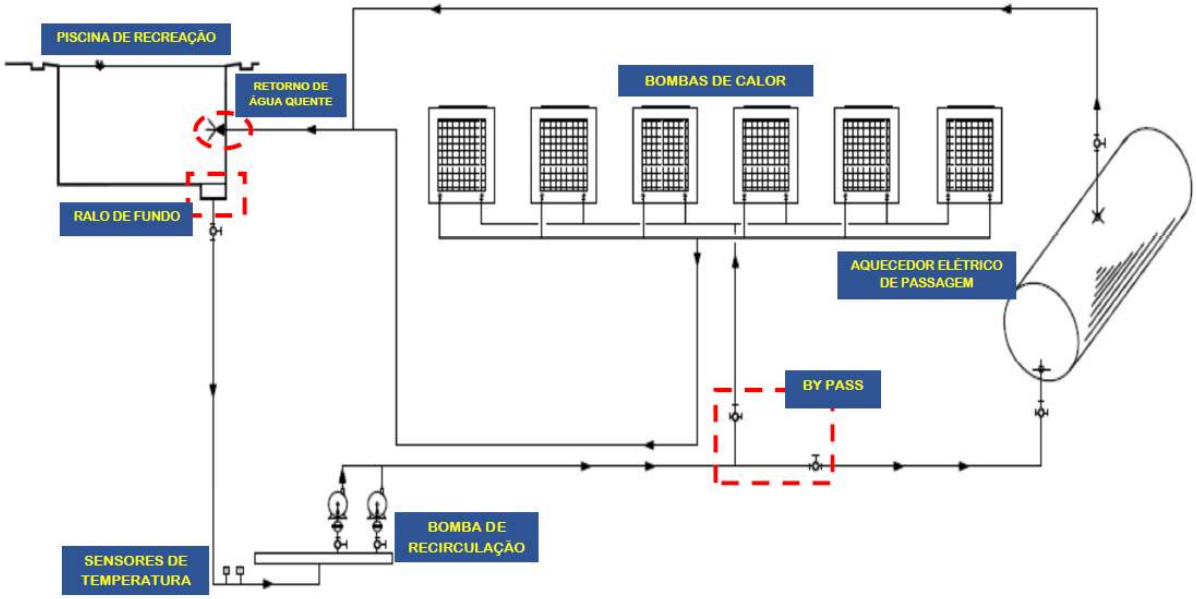


Fonte: Elaborado pelo autor com base nas planilhas de controle diário da balneabilidade da água da piscina (2021).

O sistema de aquecimento da piscina estudada compara duas configurações, a primeira configuração ilustrada na Figura 6, ficou em operação até o mês de fevereiro de 2019. Após, o parque aquático foi fechado para manutenção dos tanques das piscinas, adequações civis e substituição dos sistemas de aquecimento d'água, tratamento químico e filtragem das piscinas.

O sistema é composto por duas fontes de energia térmica, sendo uma primária que disponibiliza a maior demanda de energia térmica e uma secundária com a função de oferecer suporte a primária em situações que a demanda de energia térmica necessária para o aquecimento d'água é superior ao oferecido pelos equipamentos do sistema primário.

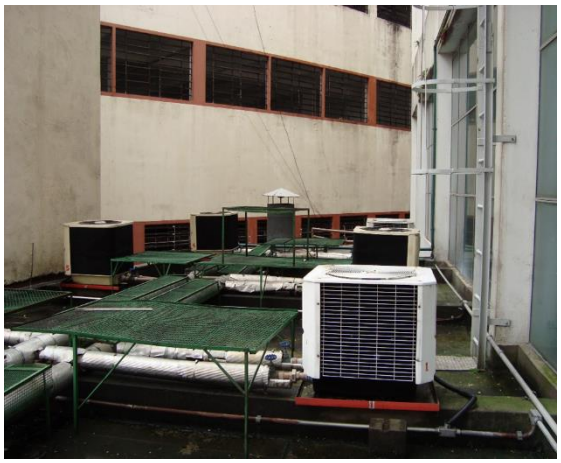
Figura 6 - Fluxo de funcionamento do sistema de aquecimento da piscina - configuração 01



Fonte – Elaborado pelo autor com base no fluxo de aquecimento Alltech – Folha 01/02 (2000).

A Figura 7, ilustra as bombas de calor elétricas que operam como a fonte primária de energia térmica e a Figura 8, ilustra o aquecedor elétrico de passagem, funcionando como fonte secundária de energia térmica.

Figura 7 – Bombas de Calor Elétricas



Fonte: Autoria própria (2021).

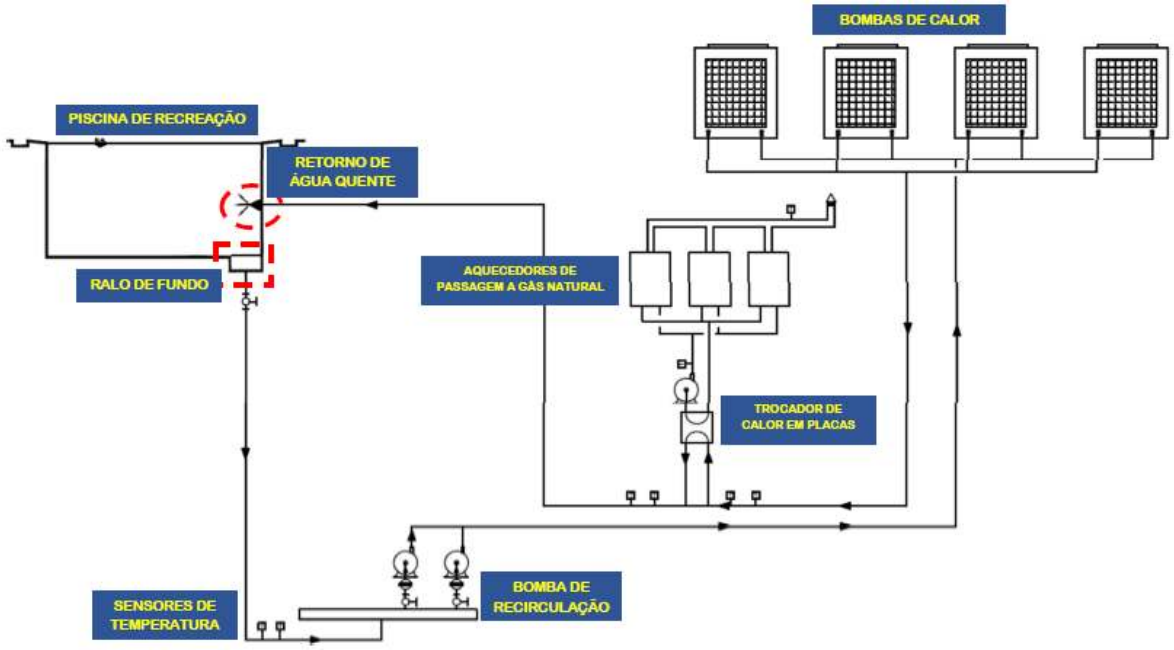
Figura 8 – Aquecedor Elétrico de Passagem



Fonte: Autoria própria (2021).

A segunda configuração segue o mesmo fluxo de funcionamento com dois estágios, o primeiro fornece a maior demanda de energia térmica e o segundo opera em suporte a fonte primária, a Figura 9, ilustra o fluxo de operação do sistema.

Figura 9 - Fluxo de funcionamento do sistema de aquecimento da piscina - configuração 02



Fonte – Elaborado pelo autor com base no projeto fluxograma Mollinari – Folha 01/01 (2020).

A Figura 10 ilustra as bombas de calor elétricas que operam como a fonte primária de energia térmica e, a Figura 11, ilustra os aquecedores de passagem a gás natural, funcionando como fonte secundária de energia térmica.

Figura 10 – Bombas de Calor Elétricas



Fonte: Autoria própria (2021).

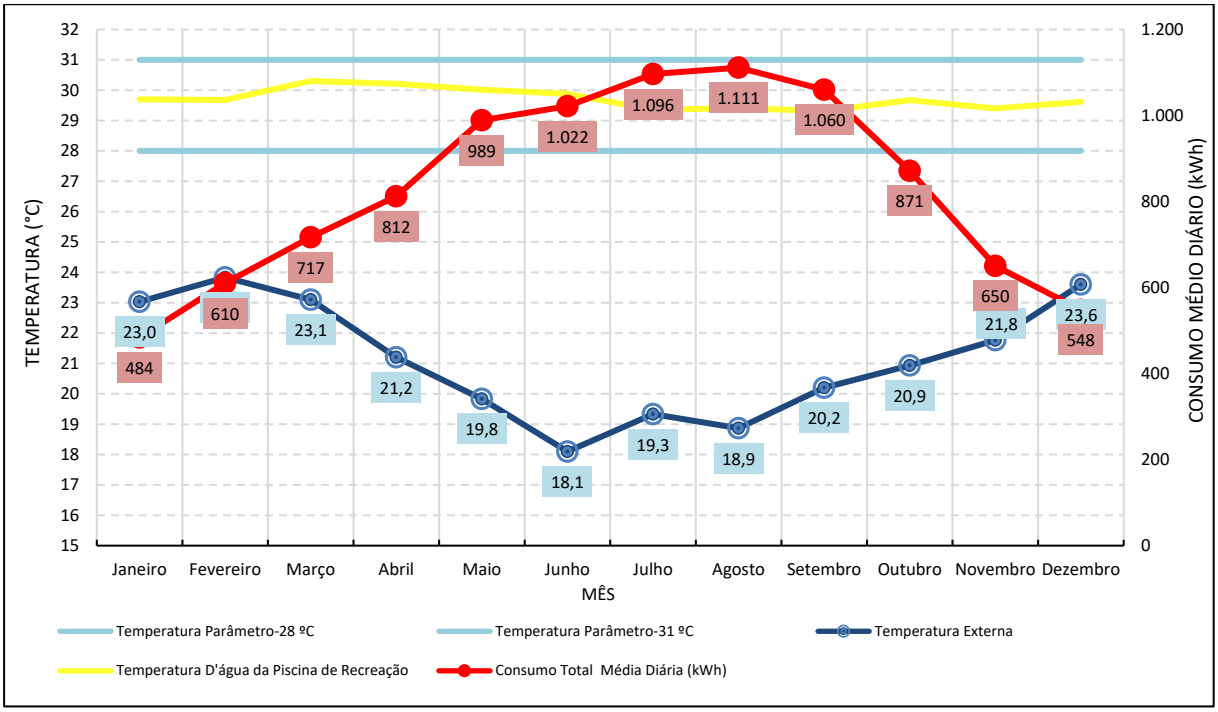
Figura 11 – Aquecedores de Passagem



Fonte: Autoria própria (2021).

O gráfico da Figura 12, apresenta os dados compilados da temperatura média da piscina, a temperatura média externa e o consumo médio diário de energia elétrica, no período entre o mês de janeiro de 2016 e fevereiro de 2019, para o sistema de aquecimento da configuração 01.

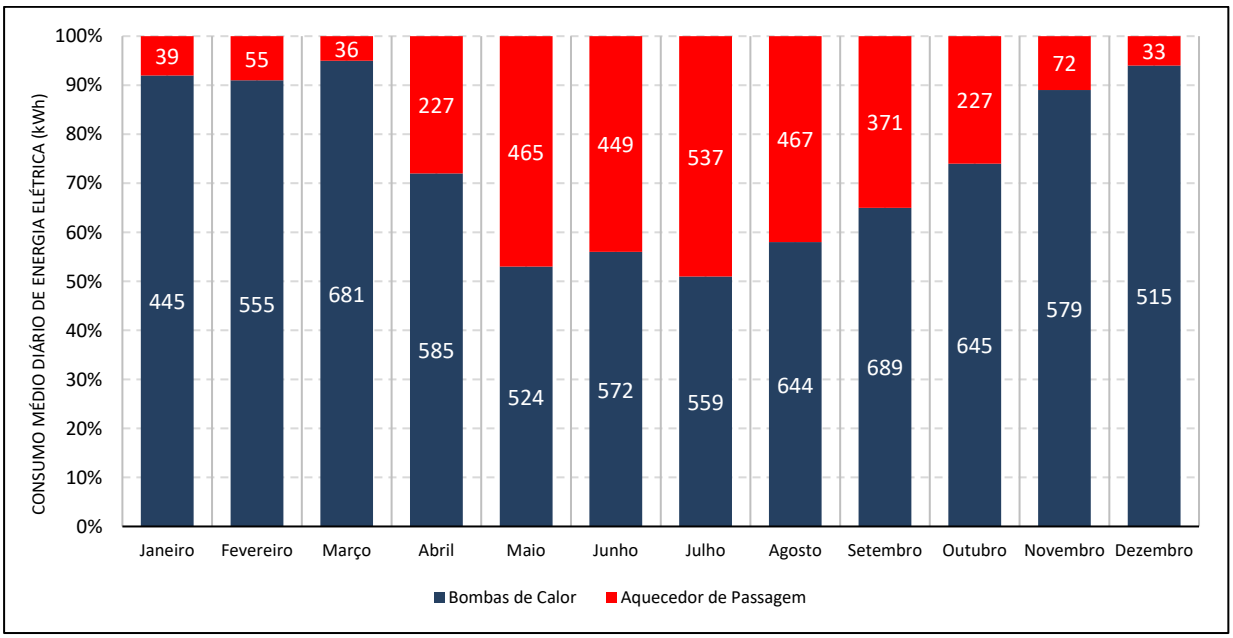
Figura 12 - Gráfico comparativo



Fonte – Elaborado pelo autor com base nas planilhas de controle diário da balneabilidade da água da piscina e de telemetria (2020).

O gráfico da Figura 13, ilustra o consumo médio diário de energia elétrica pelas bombas de calor e aquecedor de passagem elétricos para a configuração 01.

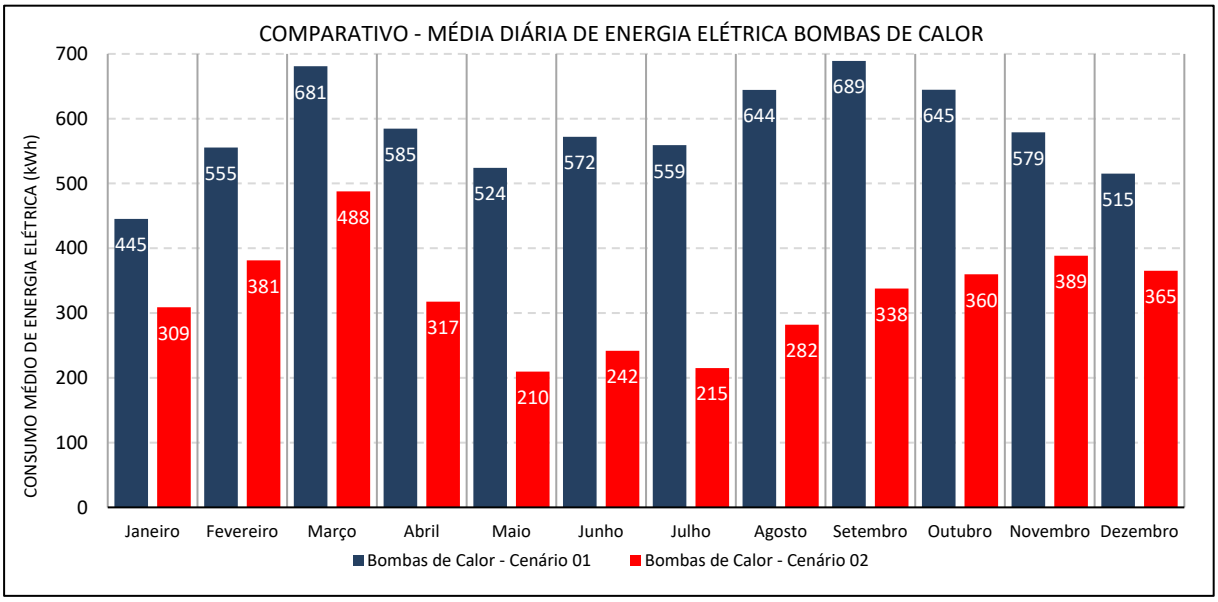
Figura 13 – Consumo médio diário de energia elétrica



Fonte: Autoria própria (2021).

Na configuração 02, foi considerada a demanda térmica média produzida para aquecer a piscina e a mesma proporcionalidade de utilização dos equipamentos da configuração 01. As bombas de calor elétricas da configuração 02 possuem um coeficiente de performance superior aos equipamentos da configuração 01 e os aquecedores de passagem a gás natural substituem o aquecedor de passagem elétrico. O gráfico da Figura 14, ilustra o consumo médio diário de energia elétrica das bombas de calor elétricas

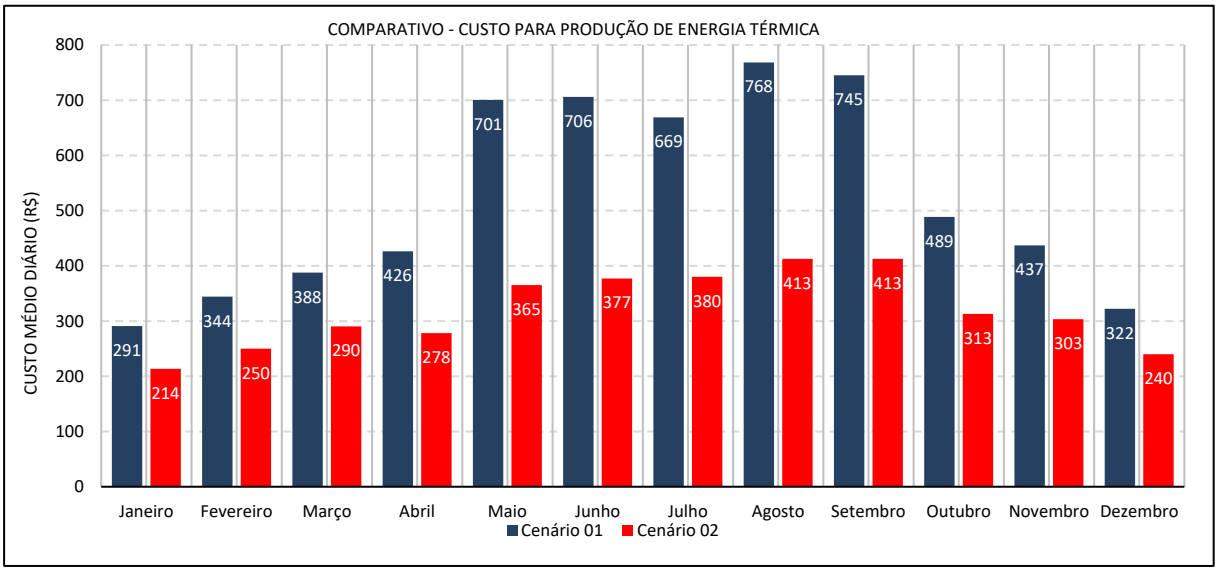
Figura 14 – Consumo médio diário de energia elétrica



Fonte: Autoria própria (2021).

A análise financeira compara os custos de operação do sistema de aquecimento para as configurações 01 e 02. O gráfico da Figura 15, ilustra o custo médio diário para produção de energia térmica nas duas configurações.

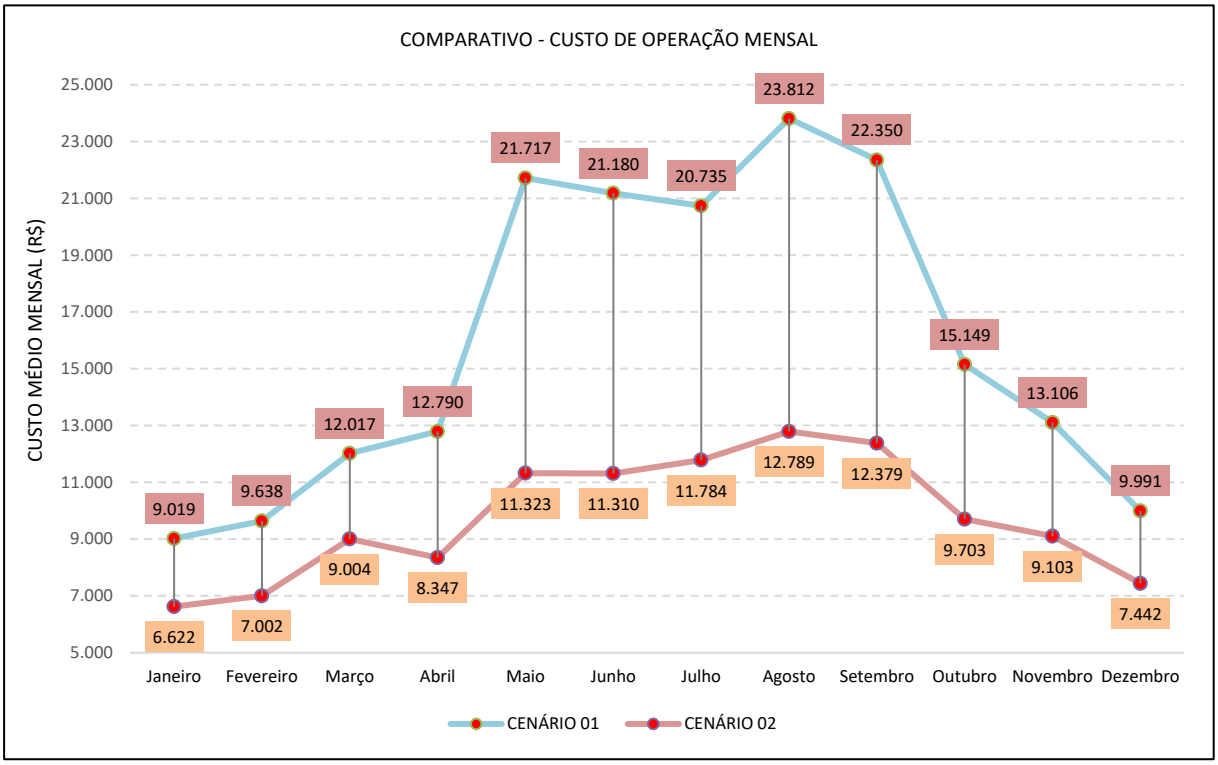
Figura 15 – Comparativo do custo para produção de energia térmica



Fonte: Autoria própria (2021).

O gráfico da Figura 16, ilustra o custo médio mensal para operação do sistema de aquecimento nas configurações 01 e 02.

Figura 16 – Comparativo do custo para produção de energia térmica



Fonte: Autoria própria (2021).

A Tabela 1, ilustra o custo anual para operação do sistema de aquecimento das duas configurações e a economia operacional apresentada pela configuração 02 em comparação com a configuração 01.

Tabela 1 - Cálculo dos custos anual para operação do sistema de aquecimento nas duas configurações

Mês de Referência	Cenário 01	Cenário 02
Janeiro	R$ 9.019	R$ 6.622
Fevereiro	R$ 9.638	R$ 7.752
Março	R$ 12.017	R$ 9.004
Abril	R$ 12.790	R$ 8.625
Maio	R$ 21.717	R$ 11.323
Junho	R$ 21.180	R$ 11.687
Julho	R$ 20.735	R$ 11.784
Agosto	R$ 23.812	R$ 12.789
Setembro	R$ 22.350	R$ 12.791
Outubro	R$ 15.149	R$ 9.703
Novembro	R$ 13.106	R$ 9.406
Dezembro	R$ 9.991	R$ 7.442
Custo de Operação Anual (R$)	R$ 191.503	R$ 118.929
Economia Operacional (R$) - Referência: Cenário 01		R$ 72.574
		38%

Fonte: Autoria própria (2021).

A implantação do sistema de aquecimento na configuração 02, contempla a infraestrutura necessária para alimentação dos equipamentos, aquisição dos equipamentos e adequações dos espaços para instalação dos equipamentos, peças e acessórios, a Tabela 2, ilustra os custos para implantação da configuração.

Tabela 2 – Comparativo dos custos de investimento da configuração 02

Comparativo dos Custos de Investimento	
Descrição do Item	Cenário 02
Aquisição de bombas de calor	R$ 28.743
Aquisição de Aquecedores de passagem	R$ 20.651
Aquisição de Trocadores de calor	R$ 22.530
Infraestrutura e adequação dos espaços	R$ 320.620
Total	R$ 392.544

Fonte: Autoria própria (2021).

O custo inicial de implantação estimado para a configuração 02 é de R$ 392.544 com a aquisição dos equipamentos, acessórios e adequação da infraestrutura e dos espaços. O custo anual de operação do sistema é 38% menor quando comparado a configuração inicial com redução anual de R$ 72.574. O critério considerado para o período de retorno do estudo foi o limite de 10 anos. O payback simples para o investimento na configuração 02 é de (Equação 1):

$$Payback \text{ simples} = \frac{Investimento\ Inicial}{Economia\ Anual} = 5{,}41 \text{ anos} \qquad \text{Eq (1)}$$

5 APRESENTAÇÃO GRÁFICA

O estudo envolveu a análise de dados reais de consumo de energia elétrica para atender a demanda de energia térmica necessária para o aquecimento d'agua da piscina. O estudo avaliou e comparou os aspectos técnicos e econômicos de duas configurações distintas de sistema de aquecimento. A primeira configuração utiliza como fonte primária de combustível a energia elétrica, com a operação de bombas de calor e aquecedor elétrico de passagem. A segunda configuração utiliza como fonte primária de combustível a energia elétrica e o gás natural. Na configuração 1, o aquecedor elétrico de passagem trabalha com resistência e que, devido ao efeito Joule, possui menor eficiência. As bombas de calor desta configuração, possuem coeficiente de *performance* inferior as bombas de calor da configuração 2. Na configuração 2, as especificações do fabricante dos aquecedores de passagem a gás natural, indica maior eficiência em comparação ao aquecedor elétrico, bem como foi possível verificar os resultados obtidos. Os comparativos de custos também sofrem forte influência dos valores cobrados pelos combustíveis utilizados, ou seja, a variação das tarifas de energia elétrica e do gás natural. Com isso, ao comparar a configuração pós reforma com a configuração inicial do estudo, houve uma redução de custos de 38%, e com o critério para o período de retorno de 10 anos, o $payback$ simples para o investimento inicial é de 5,41 anos, portanto, o investimento é viável para o período proposto.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA. **Relatório de Combustível – Novembro 2020**. Paris, 2020. Disponível em < https://www.iea.org/fuels-and-technologies/renewables>. Acesso em: 19 fev. 2021.

_____. **Relatório do Mercado de Eletricidade – Dezembro 2020**. Paris, 2020. Disponível em < https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2020/electricity#abstract. Aceesso em: 19 fev. 2021.

_____. **Energy Policies Of IEA Countries – 2018 Review**. Paris, 2018. Disponível em < https://iea.blob.core.windows.net/assets/ee5f4f0d-cd59-40f9-924e-ef260d248ccc/Energy_Policies_of_IEA_Countries_Finland_2018_Review.pdf. Acesso em: 19 fev. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Tarifa Média por Classe de Consumo e por Região**. Brasília. Disponível em: <http://relatorios.annel.gov.br/_layouts/xlviewer.aspx?id=/RelatoriosSAS/RelSampRegCC.xlsx&Source=http://relatorios.aneel.gov.br/RelatoriosSAS/Forms/AllItems.aspx&DefaultItemOpen=1. Acesso em: 17 out. 2020.

AGÊNCIA REGULADORA DE SANEAMENTO E ENERGIA DO ESTADO DE SÃO PAULO - ARSESP. **Deliberação ARSESP nº 296, de 19/01/2012**. São Paulo. Disponível em: < http://www.arsesp.sp.gov.br/LegislacaoArquivos/ldl2962012.pdf. Acesso em: 17 out. 2020.

_____. **Deliberação ARSESP nº 1.136, de 25/02/2021**. São Paulo. Disponível em: < http://www.arsesp.sp.gov.br/SitePages/informacoes-economico-financeiras/deliberacao.aspx. Acesso em: 17 out. 2020.

ANPP. **Revista ANPP.** São Paulo, n. 145, p. 28 – 31, 2019. Disponível em < http://www.anapp.org.br/revistas. Acesso em: 15.out. 2020.

COMPANHIA DE GÁS DE SÃO PAULO. **Tarifas**. São Paulo. COMGAS. 2021. Disponível em: <https://www.comgas.com.br/tarifas/cogeracao/?utm_source=pesquisa_interna_site_comgas&utm_medium=site&utm_campaign=pesquisa_interna_site_comgas&utm_content=135. Acesso em: 17 out. 2020.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2020 – Base 2019**. Ministério de Minas e Energia. Brasília, 2020. Disponível em <htpp://www.epe.gov.br>. Acesso em: 19 fev. 2021.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2020**. Brasília, 2020. Disponível em: < https://www.gov.br/publicacoes/anuario-estatistico/5809-anuario-estatistico-2020. Acesso em: 05 jan. 2021.

MALUF, C. A. **Desempenho energético e caracterização dos sistemas de aquecimento de água de piscinas.** 2010. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.11606/D.3.2010.tde-20082010-150300. Acesso em: 15 fev.2021.