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

IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA EM EDIFÍCIOS VERTICAIS DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL

Implementation of a solar water heating system on social housing vertical buildings

RODRIGUES, Fernando Luz[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: A crescente busca por alternativas energéticas limpas e de baixo custo aumentou a procura por sistemas de aquecimento solar de água, principalmente em residências unifamiliares, porém a falta de espaço para instalação de coletores em edifícios residenciais verticais aparece como uma das principais dificuldades, ainda mais em projetos de Habitações de Interesse Social (HIS), com custos de produção mais restritos. Este trabalho tem como o objetivo apresentar um estudo de caso e mostrar a viabilidade técnica e econômica da implantação do sistema de aquecimento solar de água em um edifício residencial vertical com 132 unidades, sendo 76 delas de interesse social. Com a aplicação do método de sete etapas apresentado, foi possível calcular o tempo de retorno de investimento em aproximadamente 16 meses de operação, com acréscimo nos custos totais da obra inferior a 1%, em relação ao orçamento sem o sistema de aquecimento solar.

ABSTRACT: The growing search for clean and low-cost energy alternatives has increased the demand for solar water heating systems, especially in single-family buildings, however, the lack of space for installing collectors in vertical residential buildings appears as one of the main difficulties, especially in Social Interest Housing projects, which restricted production. This study aims to present a case study and show the technical and economic feasibility of implementing a solar water heating system in a vertical residential building with 132 units, 76 of which are of social interest. With the application of the seven-step method presented, it was possible to calculate the payback time of approximately 16 months of operation, with an increase in total construction costs of less than 1%, compared to the budget without the solar heating system.

Palavras-chave:
Aquecimento Solar de Água,
Edifício Residencial Vertical,
Habitação de Interesse Social.

Keywords:
Solar Water Heating,
Vertical Residential Building
Social housing

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **RODRIGUES, Fernando Luz**: Engenheiro Civil, Mestre, Escola Politécnica da USP, eng.fernandoluzrodrigues@gmail.com
[2] **SOWMY, Daniel Setrak**: Engenheiro Civil, Doutor, Professor da Escola Politécnica da USP, dss@usp.br

1 INTRODUÇÃO

Aumento nas tarifas de energia elétrica e a busca por matrizes energéticas mais limpas e baratas fizeram crescer a procura por alternativas mais sustentáveis de energia, entre eles, o sistema de aquecimento solar (SAS), com crescente incidência de instalações no Brasil, principalmente em residências unifamiliares de habitações de interesse social (HIS) (GIGLIO, LAMBERTS, 2016).

Sua eficiência e tempo de retorno do investimento em residências isoladas ou em conjuntos residenciais horizontais já foi explorada e discutida em teses, dissertações e artigos (LIMA, 2003; BARBIERI, 2010; GIGLIO, LAMBERTS, 2016). Entretanto, o uso de sistema de aquecimento solar de água em edifícios residenciais verticais apresenta maiores desafios, principalmente pela dificuldade de dimensionamento em área reduzida para instalação dos coletores em relação ao número de unidades habitacionais.

Este artigo apresenta um estudo de caso de avaliação das condições de implantação de um SAS com coletores planos em um edifício residencial vertical em fase de projeto com 132 unidades, sendo 76 delas enquadradas no Programa Casa Verde Amarela (antigo Minha Casa, Minha Vida) no qual foi analisado sua viabilidade técnica e econômica.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O sistema predial de água quente deve ser projetado e executado de tal forma que garanta que a água chegue nos pontos onde há a necessidade de consumo com qualidade, quantidade e temperatura adequadas ao seu uso, independente do sistema utilizado, seja ele solar, elétrico, a gás ou outra fonte de calor alternativa, conforme previsto na NBR 5626 (ABNT,2020).

Como subdivisões dos sistemas prediais de água quente, podemos citar o Sistema Individual, onde a água é aquecida diretamente no ponto de utilização, como por exemplo nos chuveiros elétricos convencionais, o Sistema Central Privado, como os aquecedores de passagem a gás, onde a água é aquecida em um ponto de aquecimento instantâneo e distribuído já quente para todos os pontos da residência, ou ainda o sistema de acumulação no qual a água é aquecida e armazenada para posterior uso, podendo esse ser privado ou coletivo (ILHA; GONÇALVES e KAVASSAKI,1994).

O SAS deve ser complementado por qualquer um desses sistemas, sendo obrigatório a instalação de um deles para garantir o seu uso efetivo, uma vez que em dias com menor incidência de energia solar, o SAS pode não atingir a temperatura satisfatória para o aquecimento da água.

Para sistemas de aquecimento coletivo de acumulação, o mais indicado para circulação da água quente até o ponto de consumo é uma temperatura entre 50°C e 52°C, antes de ser misturada com água fria e garantir uma temperatura confortável para o banho. Essas temperaturas são altas o suficiente para evitar a propagação de bactérias causadoras de doenças respiratórias ao mesmo tempo que não são tão elevadas para causar queimaduras e escaldões de grandes intensidades (DE CUYPER, 2008; FELDMAN et al., 1978).

Para o dimensionamento do sistema de apoio, utiliza-se a metodologia indicada no “Anexo C” da ABNT NBR 16.057/2012 Sistema de Aquecimento de Água a Gás (SAAG) — Projeto e Instalação. Mesmo a norma sendo específica para aquecimento a gás, a mesma metodologia pode ser utilizada para sistemas elétricos de aquecimento de água pois as equações são

usadas para determinar a potência útil do aquecedor.

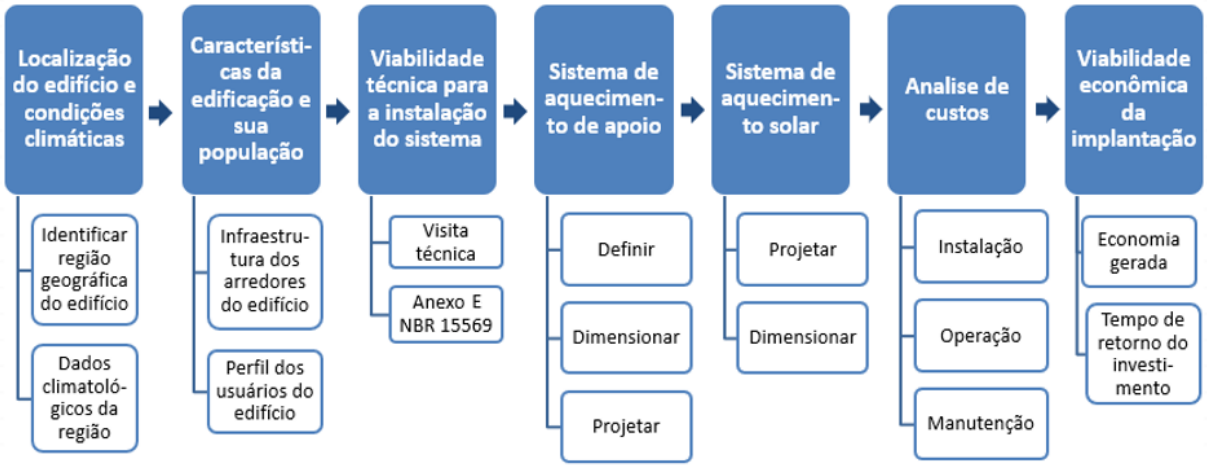
A ABNT NBR 15.569/2020 de sistema de aquecimento solar de água em circuito direto, traz em seu "Anexo E", 12 verificações preliminares para a avaliação das condições iniciais e viabilidade técnica de instalação do SAS. Atendendo essas verificações, define-se a área coletora total disponível e utilizando a metodologia "Carta F" (original do inglês *"f-chart"*), desenvolvido por Duffie e Beckman (2013), dimensiona-se a capacidade do SAS.

3 MÉTODO DE ANÁLISE DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO

Para analisar a viabilidade de implantação de um sistema de aquecimento solar de água em um edifício residencial vertical, este artigo propõe um método que pode ser aplicado tanto em edifícios na fase de projeto até edifícios já concluídos e entregues aos usuários finais.

O método consiste em uma verificação em sete etapas, que pode ser utilizado como um roteiro para implantação e uso eficiente do sistema de aquecimento solar de água, representadas no fluxograma da Figura 1.

Figura 1 Fluxograma do Método de Análise de Viabilidade de Implantação



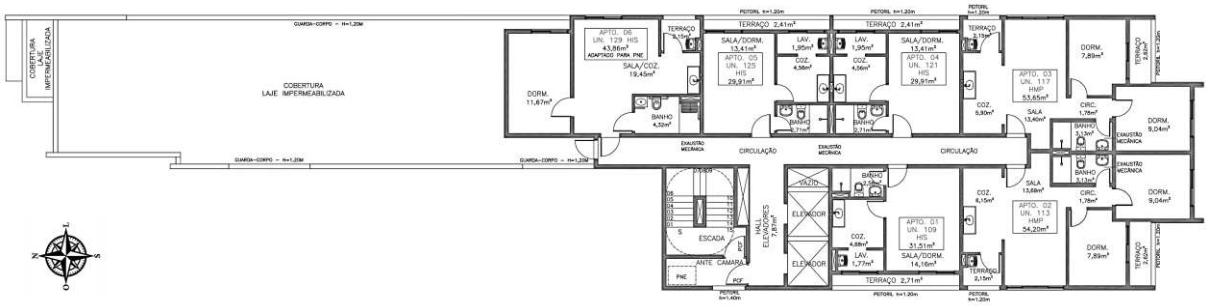
Fonte: Elaborado pelo Autor.

O método proposto foi aplicado em um estudo de caso de um edifício localizado na Zona Leste da cidade de São Paulo, em fase de projeto, de 16 pavimentos tipo, um subsolo e outro sobressolo usados como pavimentos de garagem e entrada social.

4 ESTUDO DE CASO

O projeto consiste em nove apartamentos por andar até o 12º pavimento tipo e então há uma diminuição da projeção e do 13º ao 16º andar, seis apartamentos por pavimento, como mostra a Figura 2.

Figura 2 Planta da transição do 13º andar com a indicação do norte geográfico



Fonte: Elaborado pelo Autor.

No topo do prédio não há previsão de cobertura sobre a laje, podendo o espaço ser ocupado também por coletores solares e infraestrutura necessárias para o aquecimento e armazenamento da água. Das 132 unidades habitacionais do edifício, 76 são HIS, destacados com a cor verde na Figura 3. Para essas unidades será dimensionado o SAS. Os apartamentos destacados na cor vermelha são habitações de mercado popular (HMP) e não foi previsto instalação do SAS nessas unidades. A área destacada em amarelo foi destinada para a instalação dos medidores de água fria de todos os apartamentos e medidores de água quente dos apartamentos HIS.

Figura 3 Indicação dos apartamentos HIS nos pavimentos tipo do 1º ao 12º andar



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Os apartamentos HIS foram escolhidos para a implantação do SAS, pois não seria possível atender a todos os apartamentos do edifício de forma adequada, devido ao espaço insuficiente na cobertura da edificação e pelas perdas geradas pelas distâncias dos pontos de uso dos apartamentos HMP, além do caráter social de privilegiar a economia gerada no sistema de água quente para beneficiar as famílias que adquirirem as unidades de interesse social.

5 RESULTADOS

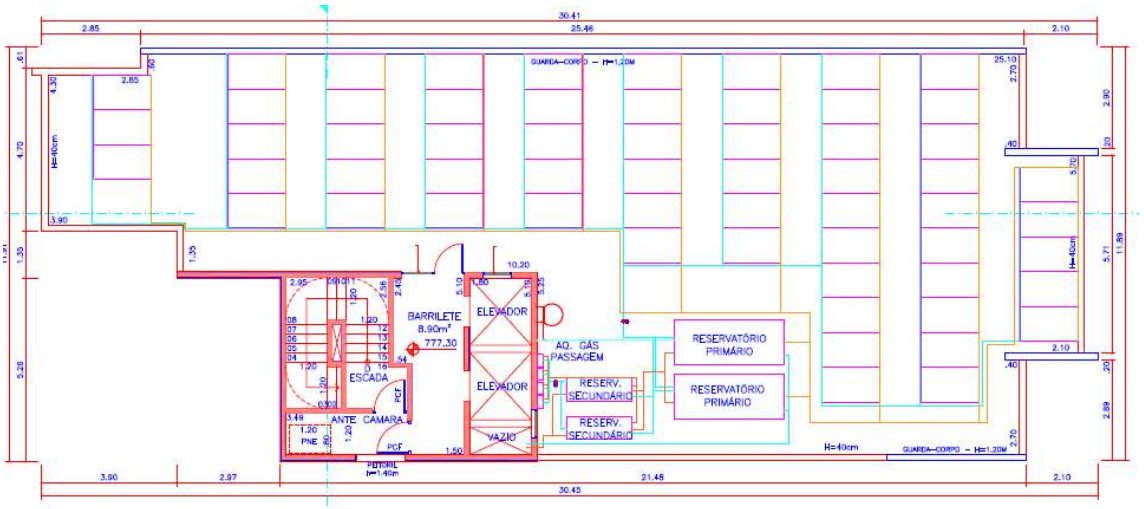
Aplicando o método proposto, foram levantados os dados climatológicos e geográficos da região. Verificou-se também as características socioeconômicas dos usuários e a localidade, sem grandes edificações no perímetro. Por se tratar de projeto, não há necessidade de visita técnica, mas as verificações do “Anexo E” da NBR 15.569 (ABNT, 2020) foram realizadas.

Definiu-se como sistema de apoio o sistema a gás e foi projetado e dimensionado esse sistema com apoio do “Anexo C” da NBR 16.057 (ABNT, 2012) para um consumo de 114 pessoas, adotando uma ocupação média de 1,5 pessoas por apartamento HIS, com um banho diário de

10 minutos a uma vazão de 12 L/min e uma temperatura de consumo de 40°C e armazenamento à 55°C. Assim, chegou-se ao dimensionamento para quatro aquecedores de passagem e dois reservatórios de água quente com 500 litros cada.

Também foi projetado e dimensionado o SAS com 60 coletores planos de 2,00 x 1,00 m na cobertura do edifício, com inclinação de 33,55° e distância entre linhas de placas paralelas de 1,19 m, conforme mostra Figura 4. Essa quantidade foi definida de modo a instalar o maior número de coletores possíveis orientados para o norte, mantendo o distanciamento mínimo para garantir a manutenção do sistema, instalação dos reservatórios e evitar sombreamento das placas. A fração solar anual obtido nessa configuração e com esses parâmetros foi de 0,72.

Figura 4 Disposição dos coletores, aquecedores e reservatórios



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Com o SAS e o sistema de apoio projetados e dimensionados, foram orçados os custos para essa instalação, operação e manutenção dos sistemas. Também foi calculado a economia gerada e o tempo de retorno de investimento em comparação com o Sistema Central Privado a Gás (SCPG), sistema originalmente previsto para o edifício.

O SCPG tem como vantagem um rendimento energético superior a 84% nos aparelhos com o selo do INMETRO (2017), grande vazão de água quente e confiabilidade do sistema, principalmente quando há acesso a gás natural canalizado na região, como no endereço do objeto do estudo de caso. Como desvantagens, o aquecedor a gás ocupa espaço na área de serviço ou na cozinha dos apartamentos e sua manutenção é de responsabilidade do morador.

O custo total de instalação do SAS para atender aos 76 apartamentos do estudo de caso foi de R$146.506,34, com um valor por apartamento de R$1.927,71.

Considerando todos os custos de manutenção e consumo mensal de gás, o SAS economiza por mês R$70,70 em relação ao SCPG levando em conta os custos indiretos com limpeza e manutenção, como mostra a Tabela 1. Outro custo importante a ser considerado é o de aquisição e instalação do aquecedor de passagem, que em uma média de mercado gira em torno de R$800,00 a R$1.500,00.

Tabela 1 Diferença de custos entre SAS e SCPG

	Custo de Instalação	Manutenção Mensal	Consumo de Gás Mensal	Total Mensal
SAS	R$ 1.927,71	R$ 5,75	R$ 29,22	R$ 34,97
SCPG	R$ 800,00	R$ 16,67	R$ 89,00	R$ 105,67
Diferença	R$ 1.127,71	-R$ 10,92	-R$ 59,78	-R$ 70,70

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Considerando a economia total mensal e os custos de instalação da Tabela 1, no qual o aquecedor foi adquirido por R$800,00, o retorno do investimento acontece um pouco depois do primeiro ano de uso do sistema, no 16º mês.

Para a construtora implantar o sistema de aquecimento solar de água durante a obra e entregar funcionando para os proprietários, no estudo de caso, o custo adicional é inferior a 1% do orçamento original da obra, sem o SAS. O valor acrescido por apartamento de R$1.927,71 pode ser incorporado ao valor do imóvel durante a venda.

6 CONCLUSÃO

A principal limitação do sistema, como já era esperado, foi a falta de espaço para a instalação de coletores solares que atendam à necessidade do condomínio. No estudo de caso, essa dificuldade foi solucionada limitando o número de apartamentos que são atendidos pelo SAS para os 76 apartamentos HIS das 132 unidades do edifício.

O fato dos custos de instalação de todo o sistema serem próximos aos de aquecedores de passagem para cada apartamento pode ser apontado como principal benefício do SAS para esse estudo, e ainda com a vantagem de não ocupar espaço interno dos apartamentos, reduzir os custos diretos com gás no aquecimento da água, retirar do usuário a responsabilidade pela manutenção dos equipamentos do sistema e o incentivo ao uso de energia limpa e renovável durante a vida útil do edifício.

Apesar de não ser tão oneroso para a construtora em comparação ao valor de venda do imóvel, a obrigação de instalar mais um sistema durante a construção e sua manutenção nos primeiros anos de uso podem ser citados como algumas dificuldades de implantação do SAS, inibindo sua implantação.

A possibilidade de instalação do sistema com previsão de retorno do investimento em menos de dois anos de uso pelos moradores e custos inferiores a 1% do orçamento inicial da obra mostrou-se interessante, tanto do ponto de vista econômico como de sustentabilidade do sistema.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Sistemas prediais de água fria e água quente – Projeto, execução, operação e manutenção. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15569**: Sistema de aquecimento solar de água em circuito direto – Requisitos de projeto e instalação. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16057**: Sistema de aquecimento de água e gás (SAAG) – Projeto e instalação. Rio de Janeiro, 2012.

BARBIERI, Daniel dos Santos. **Emprego de coletores solares com aporte elétrico para aquecimento de água para banho em conjuntos HIS: estudo de caso de Cafelândia-SP.** 2010. Dissertação (Mestrado em Habitação: Planejamento e Tecnologia) – Instituto de Pesquisa Tecnológicas do Estado de São Paulo.

DE CUYPER, Karel. **C2) Effect of clean hot water on the Legionella-contamination in hot water draw-off branches: a laboratory study.** 7p., 2008.

DUFFIE, John A.; BECKMAN, William A. **Solar engineering of thermal processes.** John Wiley & Sons, 2013.

FELDMAN, Kenneth W. et al. **Tap water scald burns in children.** Pediatrics, v. 62, n. 1, p. 1-7, 1978.

GIGLIO, Thalita; LAMBERTS, Roberto. Savings related to solar water heating system: A case study of low-income families in Brazil. **Energy and Buildings**, v. 130, p. 434-442, 2016.

ILHA, Marina S de Oliveira; GONCALVES, Orestes M; KAVASSAKI, Yukio. Sistemas prediais de água quente. 1994. **Texto Técnico Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil**, TT/PCC/09, São Paulo.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. **Aquecedores de água a gás instantâneos**. Rio de Janeiro, Janeiro 2017.

LIMA, Juliana Benoni Arruda. **Otimização de sistema de aquecimento solar de água em edificações residenciais unifamiliares utilizando o programa TRNSYS.** 2003. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.