

Avaliação e aprimoramento do sistema de água quente em moradia universitária: um exemplo de intervenção

Evaluation and enhancement of the hot water system in university housing: an intervention example

Evaluación y mejora del sistema de agua caliente en residencia universitaria: un ejemplo de intervención

Rodrigo Emanuel R. da Silva

Universidade Federal de Catalão, Faculdade de Engenharia, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil.
Catalão, (GO), Brasil

Heber Martins de Paula*

Universidade Federal de Catalão, Faculdade de Engenharia, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil.
Catalão, (GO), Brasil
heberdepaula@ufcat.edu.br

Yan de Pádua C. Metsavaht

Universidade Federal de Catalão, Faculdade de Engenharia, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil.
Catalão, (GO), Brasil

* Autor correspondente.

CRedit

Contribuição de autoria: Concepção; Coleta de dados; Desenvolvimento ou desenho de metodologia; Análise; Redação - rascunho original; Redação - revisão e edição: SILVA, Rodrigo; Concepção; Desenvolvimento ou desenho de metodologia; Análise; Supervisão; Visualização; Validação; Redação - revisão e edição: PAULA, Heber; Concepção; Curadoria de Dados; Análise; Visualização; Validação; Redação - revisão e edição: METSAVAHT, Yan.

Conflitos de interesse: Os autores certificam que não há conflito de interesse.

Financiamento: Não possui.

Aprovação de ética: Os autores certificam que não houve necessidade de aprovação de Comitê de Ética.

Uso de I.A.: Os autores certificam que não houve uso de inteligência artificial na elaboração do trabalho

Editores responsáveis: Daniel Sant'Ana (Editor-Chefe); Ricardo Prado Abreu Reis (Editor Convidado); Andreza Kalbusch (Editor Convidado); Eduarda Santana (Assistente editorial).

Resumo

Sistemas de aquecimento solar de água podem trazer economia, diminuindo impactos ambientais em comparação com fontes convencionais de energia. O objetivo principal do trabalho foi identificar patologias no sistema predial de água quente em uma moradia universitária em Catalão, Goiás, e corrigi-las, avaliando a eficiência antes e após. Durante dezessete meses, foram coletados dados do consumo de água fria, quente, e energia dos apartamentos. Foram identificadas patologias como a falta de recirculação da água, interligação e inclinação inadequadas dos coletores solares, tubulações com grandes deformações, ausência de válvulas de alívio de pressão, e resistência elétrica insuficiente. Na intervenção houve substituição a tubulação de CPVC por tubos de PEX, mudança nas interligações das placas, introdução de bomba hidráulica e válvulas ventosas, e a troca da resistência elétrica. Após as modificações, houve tendência de redução no consumo total de água quente e no índice de consumo (IC). O tempo médio de aquecimento dos chuveiros foi reduzido de 2 minutos para 20 segundos. Além disso, o consumo médio de água quente por morador diminuiu em 23,47%, e o consumo de energia estabilizou-se.

Palavras-chave: Consumo de água, Aquecimento solar, Moradia estudantil, Monitoramento, Uso racional.

Abstract

Solar water heating systems can bring cost savings and reduce environmental impacts compared to conventional energy sources. The main objective of this study was to identify and correct pathologies in the hot water system of a university dormitory in Catalão, Goiás, evaluating its efficiency before and after the interventions. Over seventeen months, data were collected on the consumption of cold water, hot water, and energy from the apartments. Pathologies identified included the lack of water recirculation, inadequate interconnection and inclination of the solar collectors, pipes with significant deformations, absence of pressure relief valves, and insufficient electric resistance. During the intervention, CPVC pipes were replaced with PEX pipes, changes were made to the interconnections of the panels, a hydraulic pump and air release valves were introduced, and the electric resistance was replaced. After the modifications, there was a tendency to reduce total hot water consumption and the consumption index (CI). The average heating time of the showers was reduced from 2 minutes to 20 seconds. Additionally, the average hot water consumption per resident decreased by 23.47%, and energy consumption stabilized.

Key-words: Water Consumption, Solar water heating, Student Housing, Monitoring, Rational Use.

Resumen

Los sistemas de calefacción solar de agua pueden traer ahorros, disminuyendo los impactos ambientales en comparación con las fuentes de energía convencionales. El objetivo principal del trabajo fue identificar patologías en el sistema de agua caliente de un edificio universitario en Catalão, Goiás, y corregirlas, evaluando la eficiencia antes y después. Durante diecisiete meses, se recopilaron datos sobre el consumo de agua fría, caliente y energía de los apartamentos. Se identificaron patologías como la falta de recirculación de agua, interconexión e inclinación inadecuadas de los colectores solares, tuberías con grandes deformaciones, ausencia de válvulas de alivio de presión y resistencia eléctrica insuficiente. En la intervención, se sustituyeron las tuberías de CPVC por tubos de PEX, se modificaron las interconexiones de los paneles, se introdujo una bomba hidráulica y válvulas de aire, y se cambió la resistencia eléctrica. Después de las modificaciones, hubo una tendencia a la reducción del consumo total de agua caliente y en el índice de consumo (IC). El tiempo promedio de calentamiento de las duchas se redujo de 2 minutos a 20 segundos. Además, el consumo promedio de agua caliente por residente disminuyó en un 23,47%, y el consumo de energía se estabilizó.

Palabras-clave: Consumo de agua, Calentamiento solar, Vivienda estudiantil, Monitoreo, Uso racional.

1 Introdução

De acordo com a Associação Brasileira das Empresas de Saneamento (ABES, 2018), o Brasil é um dos países que mais consomem água no mundo, e cerca de 40% da água tratada é desperdiçada, em grande parte devido a hábitos de consumo inadequados e a perdas no sistema de abastecimento. As instituições de ensino superior possuem uma alta demanda de água nos seus Campi, e dentre suas edificações, as residências estudantis são responsáveis por uma parcela desse volume.

Visando um uso eficiente dos recursos, são necessárias medidas mitigadoras de impactos ambientais gerados durante o ciclo de vida das edificações, trazendo desde a concepção, soluções que minimizem os desperdícios. Além disso, com a crescente preocupação com a administração do orçamento público, é cada vez mais comum a implementação de programas que estimulem práticas de sustentabilidade nas instituições públicas. A Universidade de São Paulo (USP), juntamente com a SABESP, criou o programa de uso racional de água (PURA/USP), que obteve entre 1998 e 2003 uma redução de 36% no consumo de água no Campus da Cidade de São Paulo. Uma das ferramentas adotadas para alcançar essa redução foi o monitoramento dos consumos das edificações, identificando padrões e oportunidades de economia de água (Silva, 2004).

Outro estudo voltado ao planejamento e uso racional de água em instituições públicas fez uma avaliação do consumo de água de um edifício de um campus universitário, identificando potenciais de redução de consumo através de manutenções e adequações, onde para este caso foram substituídos os acabamentos das válvulas de descarga por modelos de duplo acionamento e instalados medidores de consumo com registro de dados, resultando em uma redução de quase 23% da utilização de água neste edifício (Gnoatto *et al.* 2023).

A crescente preocupação com o impacto das mudanças climáticas em todo o planeta, voltou a sociedade cada vez mais para tecnologias baseadas em energias renováveis. Entre todas as fontes de energia renovável, a energia solar está amplamente disponível em abundância e em quase todas as partes do mundo (Singh *et al.*, 2021).

Tendo em vista que o chuveiro é um equipamento de alto consumo de energia, é importante que se analise bem o tipo de fonte energética que se irá adotar para este equipamento. Entre os tipos mais comuns estão os sistemas elétricos, a gás e os solares, cada um com características específicas que os tornam mais adequados para determinadas situações (Altoé *et al.*, 2012).

Os chuveiros elétricos são constituídos por resistências elétricas que aquecem diretamente a água, sem haver a necessidade de um combustível intermediário. Entre suas vantagens, estão a fácil instalação e manutenção, não necessitando de espaço para armazenamento de combustível. Por outro lado, há um consumo elevado de energia elétrica, sendo este um dos aparelhos que mais consomem energia em uma residência (Eletrobrás, 2019).

Os sistemas de aquecimento de água a gás podem contribuir para amenizar a pressão sobre as fontes primárias, e para reduzir a demanda de energia elétrica particularmente nos horários de pico. Possui maior eficiência energética em comparação com sistemas elétricos, e menor impacto ambiental se o gás utilizado vier de fontes mais limpas, como

o gás natural (Comgas, 2011). Suas desvantagens incluem a necessidade de espaço para armazenamento de gás, a necessidade de ventilação adequada e a dependência da disponibilidade e preço do gás, sujeito a flutuações no mercado.

Uma terceira alternativa são os sistemas de aquecimento solar, cujo principal apelo é o baixo custo operacional após a instalação inicial, além da redução significativa na pegada de carbono, contribuindo para a sustentabilidade ambiental (Singh *et al.*, 2021). Entre as desvantagens, estão o investimento inicial relativamente alto, e a influência das condições climáticas para sua eficiência. Os coletores solares podem ocupar áreas significativas na cobertura das edificações. Isso pode ser um problema para prédios que possuem grande área construída em relação à sua área de cobertura.

Levando em conta os fatores mencionados, uma das alternativas para reduzir o consumo energético nas residências é a substituição do chuveiro elétrico por sistemas com aquecedores solares de água, com backup de resistência elétrica. Para se ter uma ideia, a economia gerada por essa substituição pode gerar uma redução média de 70% no consumo de energia destinado ao aquecimento de água e 36% no consumo total da residência (Altoé *et al.*, 2012). Estima-se que um sistema de aquecimento solar de água com área de coletores de apenas 2,00 m² poderia gerar uma economia de cerca de 1500 kWh de eletricidade por ano (Zhang *et al.*, 2017).

Mesmo tendo uma maior divulgação nos últimos anos, o sistema de aquecimento solar ainda tem uma baixa utilização no país. No Brasil, o aquecimento utilizando chuveiro elétrico está presente em mais de 40% das residências, enquanto que o aquecimento solar está presente em somente 0,96% do total de domicílios, e o aquecimento a gás em 0,51% (Eletrobrás, 2019). É importante salientar que muitas casas não possuem sistemas de aquecimento de água, a maioria destas na região norte e nordeste, o que pode ser justificado pelo clima mais quente.

O Brasil possui altos níveis de irradiação solar ao longo do ano devido à maior parte de seu território estar localizado próximo à Linha do Equador. A exploração do potencial solar brasileiro pode proporcionar benefícios para diferentes setores da sociedade e menores danos ao meio ambiente, comparado às fontes energéticas convencionais (Altoé *et al.*, 2012). Apesar de exigir um maior investimento inicial, esse sistema gera grande economia ao longo da vida útil do imóvel.

Nesse contexto, a Moradia Universitária do Cerrado (MUC) pertencente à Universidade Federal de Catalão (UFCAT) foi objeto de estudo, com foco no sistema predial de água quente. O edifício foi concebido com medidas visando eficiência energética e de consumo de recursos desde a fase de projeto. Uma dessas medidas refere-se aos sistemas prediais de água fria e quente, que contam com sistema de medição individualizado (SMI) para cada apartamento, além de um sistema de aquecimento de água através de placas solares interligadas ao boiler, visando reduzir o consumo de energia. Segundo Gonçalves (2005) a medição individualizada em condomínios, possibilita redução de até 25% no consumo de água. Também está em implantação um sistema de monitoramento remoto, que permitirá acompanhar em tempo real a variação do consumo de água na edificação. A rápida detecção de variações anormais no consumo é importante na identificação precoce de vazamentos, assim como na detecção do uso inadequado das instalações, servindo, portanto, como uma valiosa ferramenta para a gestão.

O sistema de monitoramento implantado para o consumo de água pretende, também, servir de base para a futura elaboração de um plano permanente de uso racional da água

na universidade o qual poderá, conforme Silva (2004), ter como impactos a redução do consumo, mudanças na rotina de manutenção predial e de projetos, e ainda provocar mudanças comportamentais nos usuários.

Vale salientar que, a execução teve início em 2018 antes de entrar em vigor a NBR 5626/2020 (Sistemas prediais de água fria e quente – Projeto, execução, operação e manutenção), porém, os conceitos aplicados determinaram que o projeto das instalações permitisse o monitoramento e controle do consumo, conforme a norma exige. Nesse sentido, o comissionamento dos sistemas prediais foi uma importante ferramenta utilizada pelos gestores durante a fase de planejamento do prédio, visando a melhoria do seu desempenho. De acordo com Yamada e Oliveira (2020), o comissionamento é conceituado como um processo que tem como objetivo garantir e evidenciar o atendimento aos requisitos estabelecidos pelo proprietário do edifício, melhorando o desempenho da edificação, o atendimento às necessidades dos moradores, além de reduzir as possíveis falhas do processo construtivo.

O dimensionamento do sistema de água quente também não levou em conta a última versão da Norma NBR 15569 (Sistema de aquecimento solar de água em circuito direto — Requisitos de projeto e instalação) de 2020. Esta norma se aplica a sistemas de aquecimento solar (SAS) compostos por coletor(es) solar(es), reservatório(s) termossolar(es) com ou sem sistema de aquecimento auxiliar de água e com circulação de água nos coletores solares, por termossifão ou por circulação forçada (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2020). Além de um projeto adequado, respeitando-se os parâmetros normativos e as necessidades do usuário final, a avaliação do correto funcionamento dos sistemas prediais e a manutenção periódica dos mesmos é importante para que se atinja a performance planejada. Segundo Carretero-Ayuso *et al.* (2020) a detecção precoce e o diagnóstico de falhas são meios importantes para garantir que as instalações de água funcionem de maneira eficiente e para que os edifícios alcancem um desempenho ótimo.

Dessa forma, o objetivo deste estudo foi identificar as patologias no sistema predial de água quente da moradia estudantil e realizar uma intervenção visando sua correção, avaliando a eficiência antes e após as intervenções. Foi realizado ainda um monitoramento do consumo de água quente e água fria dos apartamentos durante dezessete meses, com o intuito de investigar os padrões de consumo antes e após as intervenções realizadas.

2 Metodologia

A pesquisa apresentada neste artigo foi realizada na moradia universitária do Cerrado (MUC) da Universidade Federal de Catalão (UFCAT), localizada na cidade de Catalão, estado de Goiás. O prédio foi escolhido em razão de ser a única moradia do tipo na cidade de Catalão e um dos poucos no interior do estado, por ser um edifício moderno, e pela disponibilidade dos documentos e projetos, assim como a permissão do acesso para realizar o monitoramento do consumo e a participação na intervenção para adequação do sistema de aquecimento. O estudo de campo foi feito durante um período de catorze meses, iniciando em dezembro de 2022 e finalizando em abril de 2024, nas dependências da MUC, onde foram coletados dados do consumo mensal ($m^3/mês$) de água fria e água quente e o consumo de energia dos apartamentos, assim como o número de moradores do edifício.

Durante o mês de junho de 2023, houve a necessidade de realizar intervenções no sistema de aquecimento solar, que fornecia uma água com temperatura inferior à esperada, e também um longo tempo para aquecimento da água, após o acionamento dos chuveiros. Após a avaliação *in loco* da equipe técnica da UFCAT, foram constatados problemas no sistema de aquecimento solar, e providenciada a sua adequação. A partir dos dados obtidos no monitoramento dos hidrômetros, foi possível observar a variação do consumo, antes e após as modificações no sistema, o que serviu como indicador da eficiência do mesmo, e da própria intervenção realizada.

2.1 Características do edifício em estudo

Segundo a gestão da Universidade, o objetivo da MUC (Figura 1) é atender a demanda por moradia de universitários provenientes de outras cidades, facilitando o acesso e a permanência no ensino superior. A obra possui área total de 2.492,26 m², com 23 apartamentos distribuídos em quatro pavimentos. O térreo possui cinco apartamentos, com capacidade para quatro pessoas com deficiência (PcD) em cada. Os outros três pavimentos contam com seis apartamentos cada um, com capacidade para seis pessoas, resultando em uma capacidade total de 128 moradores no edifício. O prédio foi concluído em 2020, mas devido à pandemia da COVID-19, sua ocupação ocorreu apenas em julho de 2022.

O projeto hidráulico contempla um reservatório inferior e reservatório superior de água fria potável, com capacidade total de 20.720 litros. A instalação de água quente conta com um boiler com capacidade para 5.000 litros, associado a um sistema solar de aquecimento com 100 placas solares, que trabalha pelo princípio de recirculação de água (a água circula pela própria ação da gravidade combinada com as variações de temperatura no líquido, não utilizando bomba para essa circulação). O sistema possui um termostato que, nos momentos em que não há energia solar suficiente, ativa o sistema complementar, composto por uma resistência alimentada por energia da rede elétrica convencional.

Figura 1: Fachada da Moradia Universitária do Cerrado (UFCAT).



O edifício conta com sistemas de medição individualizada – SMI do consumo de água fria (AF) e quente (AQ), gás e de energia elétrica para cada apartamento. Esta medida, além de possibilitar o acompanhamento da evolução do consumo predial, incentiva o uso racional e facilita a identificação e localização de possíveis vazamentos. Os hidrômetros possuem

uma vazão nominal (Q_n) de 2,5 m³/h, vazão mínima ($Q_{mín}$) de 50 l/h, e pressão nominal (P_n) de 1 MPa.

Durante o período de estudo, o sistema de monitoramento remoto ainda não estava em funcionamento. A partir dos dados da população fixa do edifício e das leituras dos hidrômetros, é possível calcular o indicador de consumo de água. Segundo Oliveira (1999), o período de atividades utilizado no cálculo depende da tipologia do edifício. Para edifícios residenciais, o período considerado deve ser o número total de dias do mês em questão, pois estes estão em atividade permanente (ao contrário de prédios comerciais, que podem ter interrupção das atividades nos finais de semana). Assim, o indicador de consumo (I_c), cuja unidade de medida é litros por habitante por dia (L/hab.dia) é obtido pela (Equação 1).

Equação 1: Indicador de consumo (I_c).

$$I_c = \frac{\text{Consumo de água no período}}{N^{\circ} \text{ de agentes consumidores} \times \text{Período de atividades}} \quad (1)$$

Desta forma, para o cálculo do indicador de consumo deve-se contar apenas os dias em que houve atividade no edifício, descontando-se os períodos em que esteve desocupado, como os períodos de recessos e férias acadêmicas nas moradias estudantis.

2.2 Descrição do sistema de aquecimento solar do prédio e da intervenção realizada

O sistema de aquecimento solar da MUC apresenta um boiler para armazenamento de água quente, com capacidade para 5.000 litros, construído em aço inox, com isolamento em poliuretano (PU), e revestimento externo em alumínio. O boiler é ligado a um sistema de água quente composto por 100 placas solares interligadas por uma tubulação de CPVC, antes da intervenção. O princípio de circulação da água no sistema era por circulação natural, também chamada de termosifão. Neste tipo de sistema a água circula entre os coletores e o reservatório térmico (boiler) somente pela força criada pelas diferenças de temperatura da água no circuito. A água aquecida fica mais leve (menos densa) e então é empurrada pela água mais fria e mais pesada (que possui maior densidade). Este tipo de sistema é autorregulado e quanto maiores os níveis de radiação solar, mais rápido a água circula através dos coletores solares (PROCOBRE, 2009).

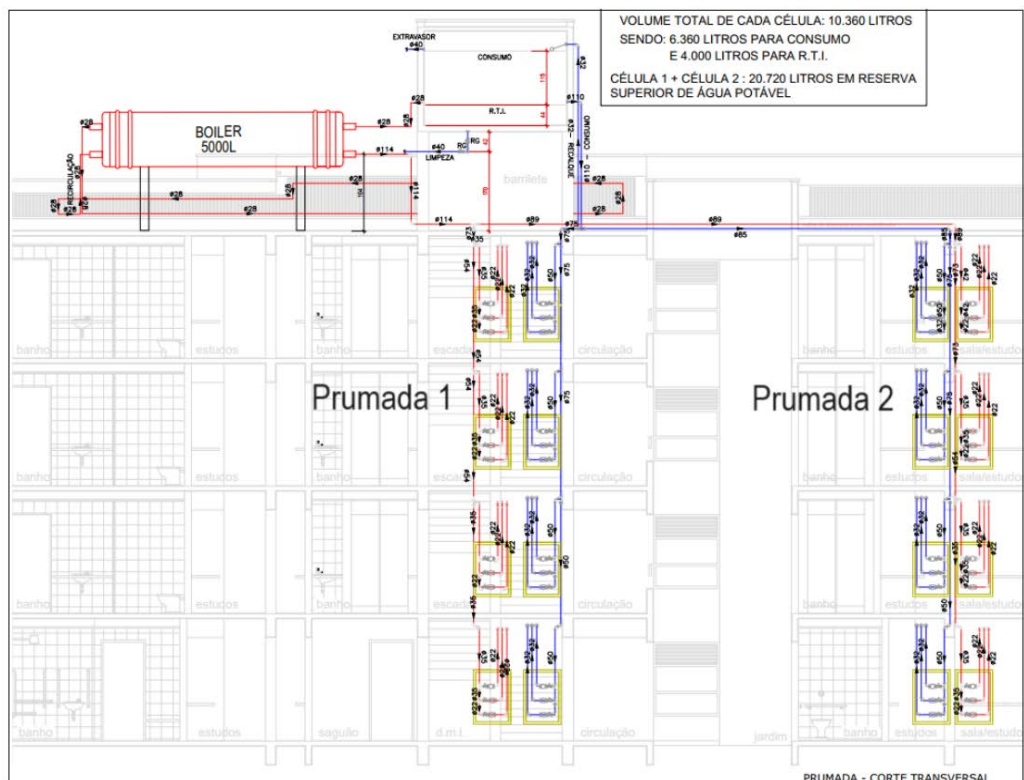
Figura 2: Vista do sistema de aquecimento solar, antes das adequações - detalhe da ligação do boiler e placas solares.



O sistema conta ainda com um termostato e resistência elétrica instalados junto ao boiler. Quando a temperatura da água quente armazenada for menor que 60°C o termostato irá ativar a resistência elétrica, que funciona como fonte de energia auxiliar para o aquecimento, nos dias em que a energia solar não for suficiente para atender toda a demanda de água na temperatura esperada. A Figura 2 mostra fotos do sistema antes de ser realizada a adequação. Nelas é possível identificar o boiler e os coletores solares, interligados pela tubulação de CPVC. O termostato é ligado diretamente ao boiler para garantir a que a resistência seja acionada quando a temperatura estiver abaixo de 60°C.

Para alimentar os chuveiros dos apartamentos, existem duas prumadas de água quente que descem do boiler, em pontos distintos do prédio, cada uma alimenta 3 apartamentos por pavimento. O sistema de água fria possui também duas prumadas que descendem do reservatório superior, pelos mesmos *shafts* que as de água quente. Na Figura 3, é exibido um detalhe de projeto com as prumadas em corte, sendo as de água quente indicadas em vermelho e as de água fria em azul.

Figura 3: Detalhamento das prumadas, vista em corte.



No início de junho de 2023, houve relatos dos moradores sobre alguns problemas, como temperatura abaixo da esperada, e o longo tempo para que a água começasse a esquentar. Logo após o registro dessas ocorrências, foi realizada vistoria para diagnosticar a situação do sistema de aquecimento, e as causas das inconformidades. Além da visita *in loco*, onde foram registradas fotos dos equipamentos do sistema, foi realizada uma revisão do projeto hidrossanitário, e dos memoriais disponíveis.

3 Resultados e discussões

3.1 Identificação das patologias e intervenções realizadas

O sistema de aquecimento foi colocado em funcionamento e verificou-se uma média de 2:00 min para que a água esquentasse no pavimento térreo, o mais distante do boiler. Além disso, a água estava saindo do boiler em temperatura inferior aos 60°C, chegando aos pontos de consumo.

Assim, a equipe técnica identificou alguns problemas que poderiam estar contribuindo para o não atendimento dos padrões esperados para o sistema. Os problemas, bem como as intervenções executadas, estão elencados a seguir.

As tubulações de CPVC apresentavam grandes deformações (o que é incomum para esse tipo de material), sugerindo uma má circulação da água quente, que ficava parada na tubulação. Isso demonstra que a circulação por termossifão não estava funcionando como o previsto. Substituiu-se toda a tubulação CPVC de 28 mm por tubos de PEX 26 mm monocamada (diâmetro mais próximo disponível em PEX). Além disso, como o PEX é um material flexível, facilita a execução dispensando algumas das conexões (joelhos). A Figura 4 mostra os tubos PEX já instalados nas placas coletoras. Outra opção igualmente interessante seria utilizar tubulação de PPR (polipropileno), um material conhecido por trabalhar com altas temperaturas e/ou pressões, além de alta durabilidade, porém é um material que requer mão de obra especializada e o uso de termofusor, desta forma sendo mais difícil a sua manutenção. Também, pode-se perceber na Figura 4, a ligação de apenas uma entrada de água por fileira de coletores solares, gerando uma maior eficiência (antes as placas eram interligadas por duas entradas e duas saídas por fileira).

Figura 4: Nova tubulação em PEX, instalada.



Nas instalações dos coletores, podem ser utilizadas diferentes formas de interligação entre os mesmos: em série, em paralelo, e a ligação de conjuntos de coletores em paralelo (um tipo misto de combinação, utilizada quando há muitos coletores). A ligação de conjuntos de coletores em paralelo melhora a eficiência da troca de calor, porém a recomendação do tipo de ligação pode variar conforme as características do sistema.

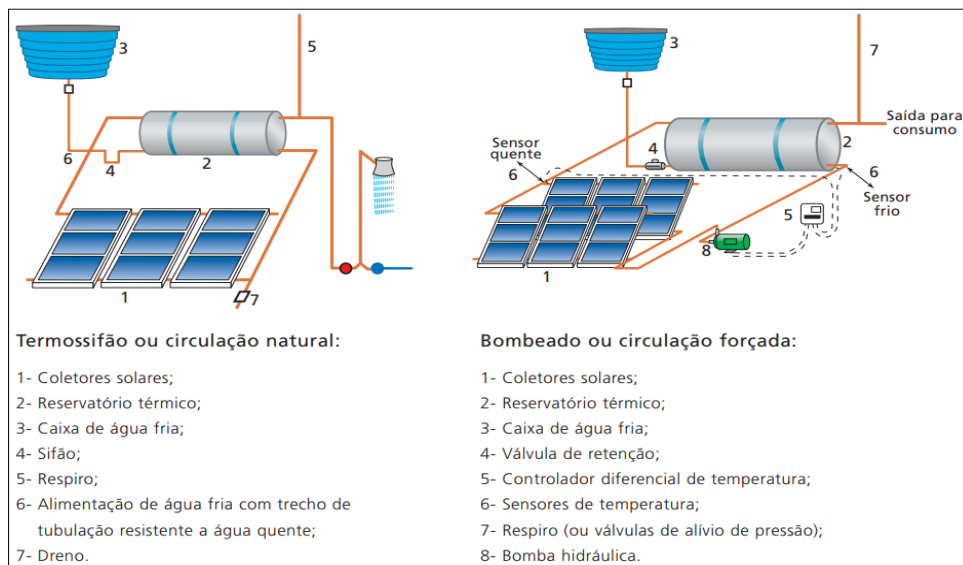
Um dos principais requisitos para uma instalação eficaz é garantir que os coletores solares estejam posicionados de forma a receber a máxima exposição solar ao longo do ano. Para isso, é essencial que o instalador avalie cuidadosamente dois aspectos principais: a orientação dos coletores, e a inclinação dos mesmos. Em grande parte do território brasileiro, é recomendado que os coletores solares sejam orientados com sua face voltada para o norte geográfico e que a inclinação seja aproximadamente igual à latitude da cidade. Para otimizar o desempenho nos meses de inverno, é comum adotar uma inclinação ligeiramente superior à latitude da cidade, geralmente acrescida de 10°.

Embora pequenos desvios em relação ao norte geográfico (com um limite de até 30°) não causem quedas significativas no desempenho do sistema solar de aquecimento, desvios maiores exigirão um aumento no número de coletores para compensar as perdas de energia (PROCOBRE, 2009).

Vale ressaltar que desvios mais expressivos do norte geográfico resultarão em perdas mais significativas durante os períodos de inverno, quando a demanda por água quente costuma ser maior. No caso da MUC, os coletores apresentam a mesma inclinação do telhado, de 10° estão instalados diretamente sobre ele, porém a direção do telhado é oposta ao que seria recomendado (o lado mais baixo do telhado fica mais próximo ao boiler, ao invés do lado mais alto, conforme está na Figura 5). Dessa forma, é mais difícil a circulação da água no circuito boiler-placas. Já a orientação dos coletores atende ao previsto na norma e nas boas práticas de instalação, estando posicionados com um ângulo próximo a 30° em relação ao norte.

Para melhor adequar a circulação da água quente pelo sistema, foram feitas alterações na rede, com inclusão de uma bomba hidráulica. Desta forma, o sistema que funcionava por circulação natural (termossifão, sendo este um sistema passivo) passou a funcionar por bombeamento (sistema ativo). Ao contrário do sistema por circulação natural, no sistema ativo a circulação da água entre os coletores solares e o reservatório térmico é feita por uma bomba hidráulica, instalada no percurso inicial (entre o boiler e o início das placas solares) que é acionada sempre que detectada energia suficiente para ser captada pelo sol nos coletores. Na Figura 5, são apresentados os elementos que compõem cada um dos sistemas descritos.

Figura 5: Componentes dos sistemas termossifão e bombeado.



Fonte: (PROCOBRE, 2009)

A distância que a água percorre após ser aquecida para retornar ao boiler de armazenamento deve ser a menor possível, para que não se perca parte do calor durante este trajeto. Pensando nisso, durante as adequações conseguiu-se diminuir o comprimento da tubulação de retorno em dois metros e dez centímetros, o que certamente trouxe um impacto positivo do ponto de vista da conservação da energia.

Adicionalmente, foram adicionadas duas válvulas ventosas em pontos altos do sistema de tubulações, conforme a Figura 6. Esta válvula serve para permitir a saída do ar que possa vir a acumular na tubulação do sistema do aquecedor solar, aliviando a pressão interna na rede. A válvula possui também a função de evitar o refluxo da água no sistema.

Figura 6: Válvula ventosa.



Visando melhorar o sistema de aquecimento suplementar, foi realizada a troca da resistência de 5.000 w por uma de 10.000 w, aumentando a capacidade de aquecimento

nos momentos em que apenas a energia solar não for suficiente para atender a demanda do edifício.

3.2 Monitoramento e análise do perfil de consumo

Para uma melhor interpretação dos gráficos obtidos na fase de monitoramento, é válido ressaltar os períodos de férias e recesso apresentados na Tabela 1 e as datas em que foram feitas as medições de consumo, apresentadas (Tabela 2). O número de dias de recesso influi diretamente no cálculo dos indicadores de consumo.

Tabela 1: Períodos de férias e recessos da universidade.

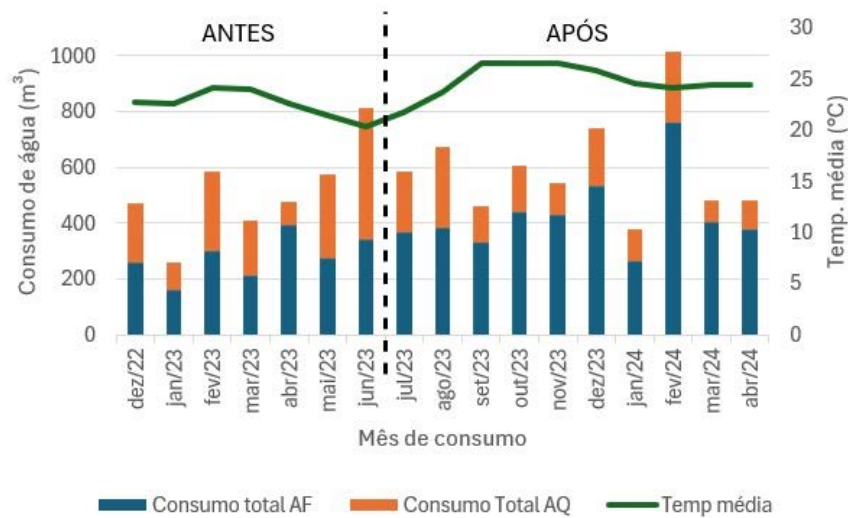
Período de férias da Universidade	Início	Final
Final do semestre letivo 2022/2	11/03/2023	17/04/2023
Recesso acadêmico do período 2023/1	17/07/2023	02/08/2023
Final do semestre letivo 2023/1	05/09/2023	01/10/2023
Recesso acadêmico do período 2023/2	20/12/2023	13/01/2024
Final do semestre letivo 2023/2	03/03/2024	04/04/2024

Fonte: UFCAT (2024)

Tabela 2: Datas das medições de consumo realizadas.

Mês de referência	Data da medição	Dias de medição
Dez/22	22/12/2022	31
Jan/23	21/01/2023	30
Fev/23	23/02/2023	33
Mar/23	25/03/2023	30
Abr/23	22/04/2023	28
Mai/23	22/05/2023	30
Jun/23	24/06/2023	33
Jul/23	26/07/2023	32
Ago/23	24/08/2023	29
Set/23	28/09/2023	35
Out/23	26/10/2023	28
Nov/23	23/11/2023	28
Dez/23	26/12/2023	33
Jan/24	23/01/2024	28
Fev/24	28/02/2024	36
Mar/24	28/03/2024	29
Abr/24	23/04/2024	26

Através do monitoramento do SMI durante o período de estudo e da temperatura média mensal de Catalão (através de dados retirados do INMET) foi obtido o gráfico de consumo total de água no edifício, separando ainda a parcela referente à água quente e à fria (Figura 7). Nele é possível acompanhar a tendência de consumo nos meses antes e após a intervenção que realizada no sistema predial do edifício.

Figura 7: Consumo total mensal de água quente no edifício (m³) comparado com a temperatura (°C).

Desta forma, na Figura 7 é possível perceber que a divisão de consumo entre o montante de água fria e quente antes das modificações no sistema, possuía mais meses com um percentual grande de consumo de água quente em relação ao de água fria (algumas meses em torno de 40 a 50% de água quente em relação ao consumo total), com exceção do mês de abril, que representou um período de férias para os estudantes e o período de aula dentro desta medição foi de apenas 5 dias, diminuindo o uso de água quente. Além disso, o alto consumo mostrado no mês de junho se justifica por um vazamento ocorrido no período, a diminuição da temperatura média contribuiu para o aumento do uso de água quente e foi um mês em que estavam sendo realizados testes para as modificações do sistema.

Ainda é possível ver na Figura 7 que a proporção de água quente reduziu em relação à de água fria após as modificações, justificadas pelas mesmas e pelo aumento da temperatura local. Percebe-se que, após as modificações, o percentual de consumo de água quente era quase sempre muito menor (menos de 25%) que o consumo de água fria (julho de 2023 a abril de 2024). Os quatro meses com menores consumos (set/23, jan/24, mar/24 e abr/24) representaram períodos de férias, conforme Tabela 1, em que se diminuiu consideravelmente o consumo de água quente, mas o de água fria não diminuiu proporcionalmente por ser usada nas atividades cotidianas e para manutenção do prédio. Além disso, no mês de fevereiro de 2024, onde houve o maior consumo de água fria, foram registradas manutenções dos reservatórios do edifício, e testes da rede, ocasionando provavelmente um acréscimo no consumo.

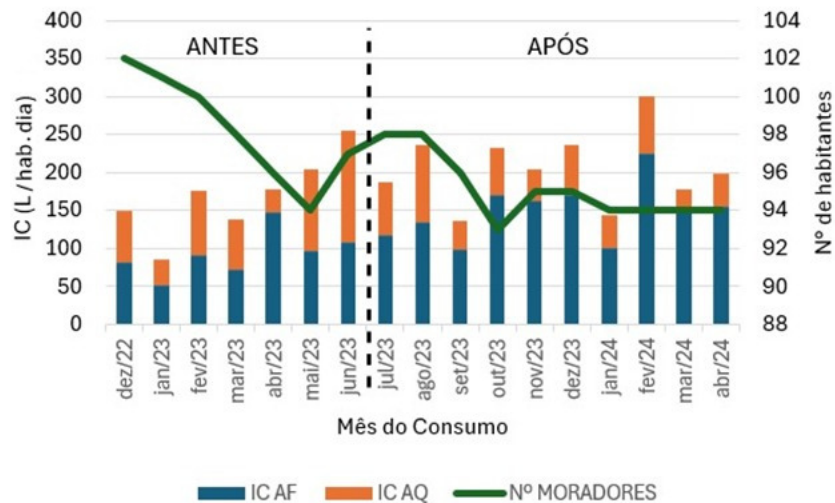
Em mais uma análise da Figura 7, pode-se observar que as temperaturas médias foram mais elevadas após as intervenções, período em que Catalão sofreu com ondas de calor mais intensas, contribuindo para os valores de consumo de água fria encontrados.

A administração do prédio forneceu os dados da quantidade de moradores registrados por mês no edifício, e a partir desta informação, juntamente às leituras dos hidrômetros, é possível calcular o indicador de consumo de água. Segundo Oliveira (1999), o período de atividades utilizado no cálculo depende da tipologia do edifício. Para edifícios residenciais, o período considerado deve ser o número total de dias do mês em questão, pois estes estão em atividade permanente (ao contrário de prédios comerciais, por exemplo, que podem ter

interrupção de atividades nos finais de semana). Assim, o indicador de consumo (IC) foi obtido pela Equação 1, anteriormente citada.

Calculando o Índice de consumo de água fria e quente por morador, Figura 8, foi possível associa-los à quantidade de ocupantes em cada período de medição.

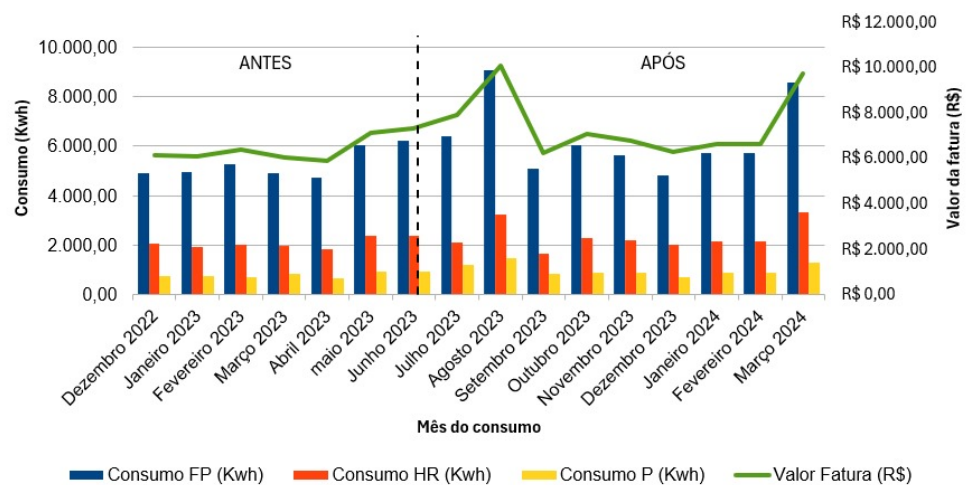
Figura 8: Índice de consumo total mensal de água quente e fria (L/hab.dia) comparado com o número de habitantes.



A partir da Figura 8 foi possível observar que, da mesma forma como foi mostrado na Figura 7, a proporção do consumo de água quente diminuiu após as intervenções. Contudo, no geral, o índice de consumo por morador apresentou um aumento em sua média, por outro lado, nos períodos de recesso, apresentam uma queda no consumo em relação aos meses anteriores. Um dos fatores que levaram ao aumento do consumo por morador foi a onda de calor que atingiu a região no final de 2023 e início de 2024. Nesse período é possível observar que os valores de gastos de água fria aumentaram bastante, mas os de água quente permaneceram reduzidos (também pelas melhorias oriundas das intervenções).

Um dos grandes fatores que contribuíram para a diminuição do IC de água quente da MUC foi o tempo médio de aquecimento dos chuveiros. Antes das modificações, para o aquecimento da água de chuveiros localizados em apartamentos no térreo da edificação, demorava-se cerca de 2 minutos para atingir uma temperatura adequada. Após as modificações, o tempo para aquecimento caiu para 20 segundos, significando na prática uma redução de 100 segundos na espera do morador com os registros ligados para o aquecimento da água cada vez que se utilizava o sistema de água quente. As medições foram realizadas em dois apartamentos no térreo, em duas ocasiões distintas. Esta diminuição do tempo de espera, para o aquecimento da água, representa uma redução de aproximadamente 1.280 litros por dia no consumo de água quente da MUC.

Para se ter um melhor entendimento do perfil de consumo de água dos usuários da moradia universitária analisada, foi feita uma análise também dos gastos de energia mensais para se verificar mudanças no padrão a partir das intervenções realizadas. A Figura 9 mostra que até o período de intervenção havia-se uma tendência de crescimento dos valores de consumo de energia, e que sofreram queda e estabilização nos valores após o mês de agosto de 2023 até fevereiro de 2024.

Figura 9: Perfil de consumo de energia por mês da MUC nos horários de ponta e fora de ponta, e valor da fatura.

Dois fatores entram como determinantes para a queda dos valores do consumo de energia. O primeiro se trata da eficiência do sistema de aquecimento de água que foi melhorado, visto que a resistência do boiler apenas é acionada nas seguintes condições: o aquecimento solar atinge temperaturas inferiores a 60 °C; quando há um consumo de água superior a reserva; ou ainda, em dias nublados. Destaca-se ainda que os apartamentos não possuem equipamentos elétricos com alta demanda de energia, sendo o chuveiro o mais impactante deles. Somado a isso, conforme mostrado nas Figuras 7 e 8, as condições climáticas impactam também no perfil de consumo de água quente do local, onde com o aumento das temperaturas, a exigência pelo aquecimento se tornou menor e corrobora também para que o sistema suporte a demanda sem necessidade de acionamento da resistência para esquentar a água dos chuveiros.

Para Marinho *et al.* (2014), tanto a qualidade dos sistemas prediais quanto sua manutenção afetam diretamente o consumo de água de uma edificação, fato este observado no estudo de caso da MUC. Como se trata de uma edificação nova, os problemas encontrados foram mais por conta de uma instalação inadequada de equipamentos como, por exemplo, o posicionamento do boiler em relação às placas solares, do que a deficiências em sua manutenção. Morais *et al.* (2021) observaram, em estudo em um Campus universitário, que dentre os principais problemas que afetam os sistemas prediais, estão uso de equipamentos de baixa qualidade ou instalação inadequada dos aparelhos, e ressaltaram a importância da fiscalização tanto da execução das obras públicas, quanto do recebimento de seus projetos.

Ogueke *et al.* (2009), aponta que sistemas solares de aquecimento de água do tipo ativo apresentam eficiência entre 35% a 80% maior do que sistemas passivos, o que corrobora para a melhoria observada no sistema da MUC, após a instalação da bomba para circulação forçada.

Durante a pesquisa bibliográfica realizada, percebeu-se que grande parte das pesquisas têm focado nos aspectos que devem ser considerados para se projetar corretamente um sistema, e fatores importantes para sua otimização. Há uma lacuna na publicação de trabalhos que tratam de estudos de caso envolvendo intervenções e adequações em um sistema de aquecimento solar existente, especificamente em se tratando de edifícios de múltiplos apartamentos.

Apesar da relevância dos resultados obtidos, é importante destacar que a análise realizada no presente estudo utilizou medidas descritivas, limitando sua aplicabilidade em contextos inferenciais. Essa limitação deve ser considerada ao interpretar os dados, pois as conclusões não podem ser generalizadas para além do contexto específico da Moradia Universitária do Cerrado. No entanto, os resultados observados oferecem contribuições para a discussão e aprimoramento de sistemas de aquecimento solar de água em ambientes semelhantes.

4 Conclusões

A utilização de sistemas que combinam o aquecimento solar com a energia elétrica convencional traz benefícios significativos para a comunidade. Integrar duas fontes de energia complementares proporciona vantagens, tanto para os consumidores quanto para a preservação dos recursos naturais e do meio ambiente.

No entanto, enfrentar os desafios relacionados ao planejamento e implementação desses sistemas em edifícios residenciais requer uma abordagem cuidadosa. É essencial aprofundar o conhecimento sobre o dimensionamento, os componentes e as características técnicas desses sistemas. Além disso, é necessário investir na formação de profissionais qualificados e na divulgação de informações técnicas adequadas. Vale destacar, também, a importância de se elaborar memoriais descritivos detalhados no projeto, para que se possa obter o máximo possível de informações sobre o sistema instalado. No presente estudo de caso, o memorial descritivo apresentava poucas informações, sendo necessária a verificação *in loco* para obtenção de várias informações cruciais, e a experiência dos técnicos para a identificação de patologias.

A indústria de equipamentos também desempenha um papel fundamental ao desenvolver tecnologias que atendam às demandas do mercado e garantam a eficiência e o conforto das novas construções residenciais que adotam sistemas solares. Embora essa transição possa implicar em custos adicionais, desde que os sistemas sejam projetados de forma eficiente, esses custos são considerados aceitáveis.

Ao se projetar e/ou administrar um edifício, além da eficiência energética, deve-se atentar para diversos outros requisitos voltados ao desempenho dos sistemas prediais, como a durabilidade (maior vida útil), adaptabilidade (o sistema de água quente deve ser projetado considerando alterações previstas no perfil de demanda do sistema), acessibilidade e manutenibilidade do sistema, de forma a facilitar os reparos e adequações que por ventura se façam necessários. A adoção de uma abordagem bem estruturada em todas as fases do processo construtivo da edificação, incluindo a operação, é importante para a obtenção de níveis melhores de desempenho da mesma.

Desta forma, foi verificado que as intervenções realizadas no sistema de aquecimento de água da MUC contribuíram para melhorar a eficiência do prédio, não só no consumo de água, mas também de energia. Corrigindo as falhas do sistema e evidenciando a importância de um correto dimensionamento e projeto, que quando possuem inconformidades, limitam um grande potencial de funcionalidade e economia de uma edificação. Portanto, a implementação da energia solar no setor residencial representa um desafio significativo para os profissionais envolvidos na concepção, projeto e instalação desses sistemas, mas que traz enormes benefícios quando bem aplicado, do projeto à manutenção preventiva, passando ainda pela conscientização dos usuários para o correto uso do sistema.

5 Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **Panorama da Água no Brasil**. Disponível em: <http://abes-dn.org.br/wp-content/uploads/2018/04/Panorama-da-Agua-noBrasil-ABES.pdf>. Acesso em: 22 de abril de 2023.
- 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.
- ALTOÉ, L.; OLIVEIRA FILHO, D.; CARLO, J. C. Análise energética de sistemas solares térmicos para diferentes demandas de água em uma residência unifamiliar. **Ambiente Construído**, v.12, n.3, p.75–87, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1678-86212012000300006>
- CARRETERO-AYUSO, M. J.; MORENO-CANSADO, A.; GARCÍA-SANZ-CALCEDO, J. Occurrence of faults in water installations of residential buildings: an analysis based on user complaints. **Journal of Building Engineering**, v. 27, 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jobe.2019.100958>
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Tabela de estações**: Catalão A034, 2024. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A001>. Acesso em: 24 de maio de 2024.
- COMGAS. **Sistema de Aquecimento de Água para Edifícios através da associação Energia Solar e Gás Natural**: Manual Técnico para Projeto e Construção de Sistemas de Aquecimento Solar & Gás Natural, 2011. Disponível em: <https://labeee.ufsc.br/pt-br/downloads>. Acesso em: 15 de dezembro 2023.
- ELETROBRAS. **Centrais Elétricas Brasileiras S.A. Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso: ano-base 2019, classe residencial**. Relatório Brasil. Rio de Janeiro: ELETROBRAS/PROCEL, 2019.
- GNOATTO, E. L., KALBUSCH, A., HENNING, E. Avaliação do consumo de água em um edifício de um campus universitário. **Paranoá**, v.16, n.34, 2023. <http://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n34.2023.07>.
- MARINHO, M.; GONÇALVES, M. do S.; KIPERSTOK, A. Water conservation as a tool to support sustainable practices in a Brazilian public university. **Journal of Cleaner Production**, v.62, p. 98-106, 2014. DOI: 10.1016/j.jclepro.2013.06.053.
- MORAIS, L.S.R.; PAULA, H.M.; REIS, R.P.A. Avaliação de ocorrência de manifestações patológicas em sistemas prediais hidrossanitários nos primeiros anos de uso e operação. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS, 2., 2021, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2021. DOI: 10.46421/sispred.v2i.1089.
- OGUEKE, N.; ANYANWU, E.E.; EKECHUKWU, V. A review of solar water heating systems. **Journal of Renewable and Sustainable Energy**, v.1, n.4, 2009. DOI: 10.1063/1.3167285.

OLIVEIRA, L. H. **Metodologia para implantação de programa de uso racional da água em edifícios**. Tese (Doutorado em Engenharia da Construção Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999. <https://doi.org/10.11606/T.3.2018.tde-16042018-084622>.

PROCOBRE. **Qualidade em Instalações de Aquecimento Solar**. São Paulo, dezembro 2009. Disponível em: <<https://labeee.ufsc.br/pt-br/downloads/manuais>>. Acesso em: 22 de janeiro 2024.

SINGH, S., ANAND, A., SHUKLA, A., & SHARMA, A. K. Environmental, technical and financial feasibility study of domestic solar water heating system in India. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, n.43, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2020.100965>.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CATALÃO. **Grandes datas**: Calendário acadêmico, 2024. Disponível em: <https://cograd.catalao.ufg.br/p/39294-grandes-datas-calendario-academico>. Acesso em: 24 maio de 2024.

ZHANG, T., ZHU, Q. Z., HE, W., PEI, G., JI, J. Annual performance comparison between solar water heating system and solar photovoltaic/thermal systems—a case study in Shanghai city. **International Journal of Low-Carbon Technologies**, v. 12, n. 4, p. 385-391, 2017. <https://doi.org/10.1093/ijlct/ctx012>.

YAMADA, M. A. F.; OLIVEIRA, L. H. Comissionamento de sistemas prediais de água quente – Requisitos de projeto do proprietário. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2020. p. 1–8. DOI: 10.46421/entac.v18i.1260.