



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS
CURSO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Jorge José Santana Medeiros

**VANTAGENS DO AQUECIMENTO DE ÁGUA EM RESIDÊNCIAS
FRENTE ÀS POSSIBILIDADES RESULTANTES DA ENERGIA SOLAR**

ANGICOS

2025

JORGE JOSÉ SANTANA MEDEIROS

**VANTAGENS DO AQUECIMENTO DE ÁGUA EM RESIDÊNCIAS
FRENTE ÀS POSSIBILIDADES RESULTANTES DA ENERGIA SOLAR**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

Orientadora: Andréa Saraiva de Oliveira, Prof(a) Me.

ANGICOS

2025

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

M488v Medeiros, Jorge José Santana.
Vantagens do aquecimento de água em
residências frente às possibilidades resultantes
da energia solar / Jorge José Santana Medeiros. -
2025.
36 f. : il.

Orientador: Andrea Saraiva de Oliveira.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2025.

1. Energia solar. 2. Água quente. 3.
Viabilidade econômica. I. Oliveira, Andrea Saraiva
de, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Angicos
Bibliotecário: Helder Romero Maia Duarte
CRB: 15/673

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

Jorge José Santana Medeiros

VANTAGENS DO AQUECIMENTO DE ÁGUA EM RESIDÊNCIAS FRENTE ÀS POSSIBILIDADES RESULTANTES DA ENERGIA SOLAR

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como
requisito para obtenção do título de
Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 01 de agosto de 2025

BANCA EXAMINADORA

Profa. Me. Andrea Saraiva de Oliveira
Presidente

Profa. Dra. Marcilene Vieira da Nobrega
Membro Examinador

Prof. Dr. Igor José Nascimento de Medeiros
Membro Examinador

Dedico aos meus filhos: Laylla Kethelyn;
Lohan Kalleb e Lyon Kaab cuja simples
presença me faz perceber que todos os
dias são ideais para cantar ao senhor um
cântico novo.

AGRADECIMENTOS

A Deus; porque ele opera maravilhas a todo momento em nossas vidas.

Aos meus amigos Angélica Braga, Filipe Tavares e Fabiola Barcelos que durante todo o período de curso se mostraram verdadeiros companheiros nas atividades em grupo e até financeiramente nos momentos de sufoco inerente a todo discente.

Ao corpo docente na figura de: Vanessa Ferreira, Diego Fernandes, Rafael Ferreira, Maristério Costa, Gislene Borges, Francisco Edcarlos, Marcilene Nóbrega e Luís Henrique Gonçalves Costa pela atenção diferenciada para com seus alunos, deixando marcas permanentes na minha trajetória acadêmica.

A minha orientadora Andréa Saraiva de Oliveira, por sua paciência e participação durante a construção desta pesquisa.

A energia do Sol é doada à Natureza,
constituindo uma reserva permanente de
bem-estar.

Fernanda Maria

RESUMO

A energia solar tem se destacado como uma alternativa sustentável e economicamente viável para diversas aplicações residenciais, especialmente no aquecimento de água. Compreender os fatores que influenciam a operação dos sistemas solares térmicos é fundamental para avaliar sua viabilidade técnica. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo analisar, por meio de uma revisão bibliográfica, a viabilidade técnica e econômica da utilização da energia solar no aquecimento de água em residências unifamiliares. Para tanto, a pesquisa foi conduzida com abordagem qualitativa e caráter exploratório, utilizando como critério de seleção publicações entre os anos de 2006 e 2025. Foram analisados 18 documentos, dos quais 15 foram selecionados para compor o estudo, extraídos de fontes como o Portal de Periódicos da CAPES, Google Acadêmico, Scielo, Biblioteca Digital da ABNT, revistas técnicas e documentos institucionais de órgãos como INMET, IEA SHC e CRESESB. Os resultados demonstram que ainda há confusão conceitual entre as tecnologias solares térmicas e fotovoltaicas, o que pode comprometer a compreensão sobre suas aplicações. Conclui-se que o sistema de aquecimento solar é tecnicamente eficiente e economicamente vantajoso, sendo de fácil instalação e manutenção, desde que observadas condições adequadas como boa incidência solar, conexão ao sistema hidráulico da residência e dimensionamento correto conforme o número de moradores e tempo médio de banho. Além disso, a conservação da água aquecida em reservatórios térmicos sem consumo adicional de energia elétrica reforça sua sustentabilidade e custo-benefício no longo prazo.

Palavras Chave: Energia solar. Água quente. Viabilidade econômica.

LISTA DE GRÁFICOS, FIGURAS E TABELAS

Gráfico 1 Oferta interna de energia solar por fonte

Figura 1 Princípio básico de uma célula fotovoltaica

Figura 2 Reservatório térmico solar

Figura 3 Placa coletora de energia solar para aquecimento doméstico

Tabela 1 Diferenças entre o sistema de aquecimento solar e o sistema fotovoltaico

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	12
2.1 Energia: Elétrica, Solar E Fotovoltáica.....	12
2.1.1 Energia elétrica: Definição e breve histórico no Brasil.....	12
2.1.2 Energia Solar e suas aplicações	15
2.1.3 Energia Fotovoltáica	16
2.2 Energia Térmica, Termossolar ou Fototérmica.....	19
3 METODOLOGIA DA PESQUISA.....	21
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
3.1 Energia Térmico Solar: Conforto Sustentável e Economia na Prática..	22
3.2 Vantagens do sistema de aquecimento solar para residências.....	23
3.3 Instalação e Critérios Técnicos do Sistema de Aquecimento Solar.....	23
3.3.2 Dimensionamento do aquecedor e do reservatório: o que considerar na prática.....	25
3.4 Aquecimento Solar – Viabilidade econômica	26
3.5 Comparativo entre Energia Solar Térmica e Energia Solar Fotovoltáica	28
REFERÊNCIAS	32

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a questão energética tem sido amplamente debatida em nível internacional, e o Brasil não está alheio a essa discussão. O crescimento social e econômico do país nas últimas décadas aumentou significativamente a demanda por energia, impondo ao Estado o desafio de garantir o suprimento energético a um custo acessível e com o menor impacto ambiental possível (Morais, 2015).

Em razão de sua vasta extensão territorial e de um relevo privilegiado, com abundância de rios caudalosos e planaltos, o Brasil optou historicamente por um modelo de geração predominantemente hidrelétrico. De acordo com Moraes (2015), trata-se de uma tecnologia consolidada, confiável e com a vantagem de utilizar uma fonte renovável. Contudo, apesar das vantagens, muitos brasileiros ainda enfrentam dificuldades no acesso à energia elétrica ou convivem com tarifas elevadas e episódios de apagões, provocados por fatores políticos ou ambientais (Morais, 2015).

Com o intuito de ampliar o acesso à energia e incentivar o uso de fontes renováveis, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) estabeleceu normativas que possibilitam aos consumidores a geração própria de energia, especialmente por meio da fonte solar. Nesse contexto, identificar e demonstrar as vantagens da utilização da energia solar no ambiente residencial passou a ser o foco desta pesquisa.

Como amplamente divulgado na mídia, a matriz elétrica brasileira ainda é fortemente dependente de usinas hidrelétricas, o que, em tese, posiciona o país em vantagem na chamada transição energética global (Cavalcanti, 2017). A preferência por usinas hidrelétricas está fundamentada na ampla disponibilidade de recursos hídricos e na competitividade econômica da hidroeletricidade. No entanto, Santos (2023), em artigo publicado pelo Instituto Humanitas Unisinos, argumenta que o modelo energético adotado no Brasil gera elevados custos econômicos. Segundo o autor, o problema não está nos recursos naturais, mas no modelo de gestão e na política energética vigente, que resulta em uma produção onerosa e de difícil acesso para muitas famílias brasileiras.

Embora a energia solar já conte com profissionais capacitados para elaboração e implantação de projetos residenciais, essa alternativa ainda é pouco utilizada, em grande parte devido à escassez de informação sobre seus benefícios e sua

viabilidade. A baixa circulação de conhecimento sobre o tema compromete a percepção dos ganhos em qualidade de vida e bem-estar proporcionados por essa tecnologia (Francisco Jr. et al., 2021).

O acesso eficiente à energia é essencial para o desenvolvimento humano e social, garantindo a todos os cidadãos os recursos mínimos para as suas necessidades básicas. Alinhado aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) – especificamente o ODS 7 (Energia limpa e sustentável), ODS 11 (Cidades e comunidades sustentáveis) e ODS 12 (Consumo e produção responsáveis), torna-se relevante refletir sobre a viabilidade da geração própria de energia nas residências. Nesse contexto, a energia solar destaca-se como uma das principais alternativas limpas e renováveis, ao lado da fonte hidrelétrica, dentro do atual processo de transição energética.

Acredita-se que a disseminação de informações claras, técnicas e acessíveis pode contribuir decisivamente para a ampliação do uso da energia solar, sobretudo no que se refere ao aquecimento de água no ambiente doméstico.

Com base nessa perspectiva, esta pesquisa tem como objetivo geral analisar, por meio de uma revisão de literatura, a viabilidade técnica e econômica da utilização da energia solar para o aquecimento de água em residências unifamiliares. Para isso, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos: descrever o conceito de energia solar como alternativa para geração individual de energia; evidenciar a viabilidade do aquecimento de água por meio da energia solar; e apresentar a dinâmica de instalação de sistemas de aquecimento solar.

Para responder aos objetivos propostos, este estudo foi estruturado em três capítulos. O primeiro capítulo aborda os fundamentos da energia elétrica, solar e fotovoltaica, com enfoque nos aspectos históricos e conceituais da matriz energética brasileira. O segundo capítulo é dedicado à conceituação teórica da energia solar térmica – também conhecida como energia termossolar ou fototérmica –, com o objetivo de esclarecer confusões comuns entre as tecnologias de conversão solar. Por fim, o terceiro capítulo, voltado aos procedimentos metodológicos, enfatiza a dinâmica de produção e instalação de sistemas de aquecimento solar, além de apresentar as principais vantagens da adoção dessa tecnologia no ambiente doméstico. Os resultados são discutidos nas considerações finais, seguidos das referências bibliográficas utilizadas, conforme as normas da ABNT.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Energia: Elétrica, Solar e Fotovoltáica

A energia está no centro da vida moderna, sendo essencial não só para o conforto das pessoas no seu cotidiano, mas também para o crescimento econômico e social de qualquer país. De maneira quase invisível, ela está por trás de tudo: do funcionamento de uma casa à operação de empresas e indústrias, sendo fundamental tanto para ações rotineiras quanto para processos industriais mais sofisticados (Alcoforado, 2015).

Embora não exista uma definição única para o termo “energia”, todas as concepções apontam para sua importância essencial. Sem energia, nada poderia se mover, não haveria variação de temperatura, e sequer haveria possibilidade de existência como conhecemos. A própria dinâmica do universo depende da energia, que pode ser transferida entre diferentes locais — como ocorre com a energia elétrica — ou armazenada em diferentes formas, como em baterias, combustíveis líquidos ou gases liquefeitos (Reis, 2015).

2.1.1 Energia elétrica: Definição e breve histórico no Brasil

A energia elétrica é a capacidade de uma corrente elétrica realizar trabalho (Cavalcanti, 2017), e sua geração segue um princípio comum: a transformação de diferentes fontes de energia em eletricidade. A energia fotovoltaica é a única exceção significativa, pois converte a radiação solar em eletricidade diretamente, sem a necessidade de mecanismos intermediários. Até o final do século XIX, a eletricidade como fonte de energia era pouco expressiva. Foi somente a partir da década de 1920 que se observou um crescimento gradual na implantação de usinas geradoras, geralmente localizadas em regiões com intensa atividade industrial (Borges Neto; Carvalho, 2012).

De acordo com Borges Neto e Carvalho (2012), essa expansão seguiu uma tendência global e, nas décadas de 1940 e 1950, as usinas tornaram-se progressivamente maiores, com capacidade ampliada de distribuição. No entanto, a

concentração dessas estruturas nas mãos de empresas privadas elevava os custos dos serviços prestados e comprometia o desenvolvimento econômico nacional.

A fim de viabilizar o aproveitamento do potencial hidrelétrico do Rio São Francisco e fomentar o desenvolvimento do Nordeste, foi criado o Decreto-Lei nº 8.031, de 3 de outubro de 1945, instituindo a Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF), vinculada ao então Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS). A CHESF foi formalmente constituída em 15 de março de 1948, com a missão de construir usinas hidrelétricas como a de Paulo Afonso e expandir linhas de transmissão para regiões carentes de infraestrutura energética.

A CHESF foi uma das primeiras grandes iniciativas do Estado brasileiro no sentido de estabelecer uma infraestrutura energética robusta e integrada, atuando na construção de usinas hidrelétricas, como a de Paulo Afonso, e na expansão de linhas de transmissão para diversas regiões. Sua criação marcou um passo importante na consolidação da matriz elétrica nacional, baseada na geração hidrelétrica, além de contribuir diretamente para o processo de industrialização e integração regional, especialmente nas áreas mais carentes de infraestrutura elétrica (CHESF, 2014).

Em continuidade ao processo de consolidação da matriz hidrelétrica nacional, foi criada, em 11 de junho de 1962, a Centrais Elétricas Brasileiras S.A. – Eletrobras, durante o governo de João Goulart, conferindo à holding federal a missão de integrar e expandir a geração e transmissão de energia elétrica no país. A partir da criação da Eletrobras, iniciou-se um novo período no setor elétrico brasileiro, com apoio político e econômico do regime militar instaurado em 1964, que priorizou fortemente grandes obras de infraestrutura energética (ELETROBRAS, 2025).

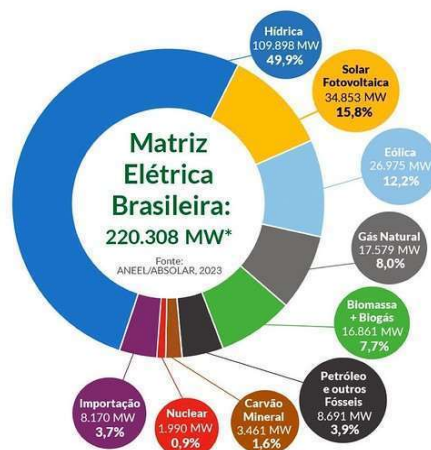
O Brasil iniciou um novo ciclo de expansão do setor elétrico, sustentado por uma política energética que priorizou fortemente a geração hidrelétrica. Durante esse período, o papel integrado da Eletrobras foi fortalecido, consolidando-se como principal agente público de planejamento e execução de grandes obras hidráulicas (Gomes; Vieira, 2009). Entre 1964 e 1985, a Eletrobrás construiu cerca de 61 grandes barragens, elevando a capacidade instalada de aproximadamente 4,9 GW para 37,4 GW. Essas hidrelétricas, como Sobradinho, Itaipu, Tucuruí e Ilha Solteira, foram encaradas como vetores do chamado “milagre econômico”, mobilizando recursos estatais e financiamentos internacionais e reforçando o controle federal sobre o setor (OLIVEIRA, 2018).

Essa política elevou o Brasil a um dos maiores produtores mundiais de energia hidráulica: ao final de 2021, contava com aproximadamente 109,4 GW de capacidade hidrelétrica instalada, consolidando o país como o 2º maior em capacidade hidrelétrica globalmente, atrás apenas da China (AMANHÃ, 2022). Apesar da hegemonia da geração hidroelétrica, vem crescendo no país a participação de sistemas de pequeno porte, viabilizados por marcos regulatórios como a Resolução Normativa nº 482 da ANEEL publicada em 17 de abril de 2012, sendo um marco fundamental para o setor [de energia no Brasil. Essa normativa permite que os consumidores instalem pequenos geradores em suas residências e estabelecimentos, além de autorizar a troca de energia excedente com a rede distribuidora local. Tal medida tem incentivado fortemente a geração própria por meio de fontes limpas e renováveis, como a energia solar (ANEEL, 2025).

A matriz energética brasileira, historicamente baseada na geração hidrelétrica (graças ao seu vasto potencial hídrico), tem passado por um processo de diversificação significativa. Segundo o Balanço Energético Nacional 2024, divulgado pelo Ministério de Minas e Energia (MME)/Empresa de Pesquisa Energética (EPE), em 2023 as fontes renováveis — incluindo hidráulica, eólica, solar e biomassa — responderam por 49,1% da oferta interna de energia, um aumento em comparação aos 45% estimados em 2021. Na matriz elétrica, a renovabilidade alcançou 89,2%, com energia eólica e solar somando 23,7% da geração total em 2024. O crescimento dessas fontes foi impulsionado por políticas públicas, incentivos regulatórios (como os leilões de energia renovável) e aprimoramentos tecnológicos, refletindo uma transição rumo a um sistema energético mais diversificado e sustentável.

O Gráfico 1 apresenta a matriz elétrica brasileira de 2023 que totaliza 20.308 MW de potência instalada. Sua composição era a seguinte: 49,9% hídrica, 15,8% solar fotovoltaica, 12,2% eólica, 8,0 % gás natural, 7,7 % Biomassa, 3,9% Petróleo, 1,6% carvão mineral, 0,9% nuclear e 3,7% importação. É importante destacar a predominância de fontes renováveis na matriz, com a energia hídrica ainda sendo a principal, porém, a energia solar e eólica ganha grande destaque, representando, juntas, 28% da matriz.

Gráfico 1 – Oferta Interna de Energia Elétrica por fonte



Fonte: Limeira (2024)

A energia solar, em particular, tem se destacado como uma das opções mais promissoras, favorecida pela elevada incidência solar em praticamente todo o território nacional e pelas condições favoráveis à microgeração e minigeração distribuída.

2.1.2 Energia Solar e suas aplicações

Entre as alternativas de geração de energia atualmente disponíveis no Brasil, a energia solar destaca-se como a tecnologia mais recente e já ocupa o segundo lugar em volume de geração. Essa fonte de energia primária, proveniente da irradiação solar, permite o aproveitamento tanto da luz quanto do calor dos raios solares, que podem ser convertidos em outras formas de energia ou mesmo em combustíveis (INTELBRAS, 2024).

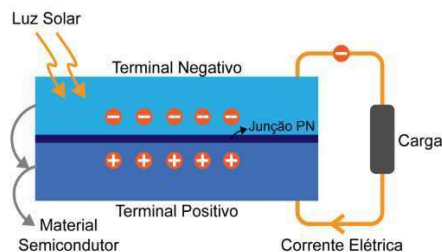
Considerada uma fonte de energia limpa, a energia solar não emite resíduos nem libera gases poluentes causadores do efeito estufa ou do aquecimento global durante seu processo de geração ou consumo. Devido à sua localização geográfica privilegiada, o Brasil está entre os países que mais recebem radiação solar ao longo do ano, com índices superiores a 3.000 horas de insolação anuais. A região Nordeste,

em especial, apresenta uma das melhores condições, com potencial de geração solar variando entre 4,5 e 6 kWh por metro quadrado ao dia (Cavalcanti, 2017).

2.1.3 Energia Fotovoltaica

Baseada no fenômeno do efeito fotovoltaico, é gerada a energia fotovoltaica, que utiliza a radiação solar como fonte primária. Esse efeito se dá no surgimento de uma tensão elétrica em um material semicondutor — como o silício — quando este é exposto à luz solar. A partir desse fenômeno, a energia proveniente da irradiação solar pode ser convertida diretamente em eletricidade (Briquezi, 2023). Os painéis solares são formados por células fotovoltaicas (Figura 1), compostas por silício e outras substâncias conhecidas como dopantes, responsáveis por modificar as propriedades elétricas do material. Quando essas células recebem a luz do sol, ocorre a reação fotovoltaica, ou seja, a conversão da energia da radiação solar em eletricidade em corrente contínua (DC) (Castro, 2023).

Figura 1- Princípio básico de uma célula fotovoltaica.



Fonte: Limeira (2024)

A luz solar é constituída por partículas luminosas chamadas fótons. Quando a luz solar incide sobre a célula fotovoltaica, esses fótons são absorvidos pelo material semicondutor, e promovem o deslocamento de elétrons dos átomos. Esses elétrons então se dirigem à superfície da célula, e sua movimentação até os contatos elétricos gera uma diferença de potencial. Quando o circuito elétrico está fechado, ocorre o fluxo de elétrons da camada tipo P para a camada tipo N, produzindo, assim, corrente elétrica (Lima, 2023).

Por meio de um circuito externo que conecta a camada negativa à camada positiva, estabelece-se um fluxo de elétrons (corrente elétrica), que se mantém enquanto houver incidência de luz solar. Nessa dinâmica, a quantidade de elétrons gerados depende diretamente tanto da intensidade da luz solar quanto da capacidade de absorção do material semicondutor utilizado (França, 2017).

Embora o efeito fotovoltaico tenha sido descoberto por Alexandre Edmond Becquerel em 1839, foi somente em 1954 que os Laboratórios Bell desenvolveram a primeira célula solar de silício com eficiência de aproximadamente 6%, marco inicial na aplicação prática da conversão da luz solar em eletricidade (Pinto; Naspoline; Ruther, 2019, p.7). Desde então, avanços relevantes vêm sendo obtidos tanto no aperfeiçoamento dos materiais quanto na engenharia dos dispositivos fotovoltaicos.

Atualmente, as células solares de silício cristalino — as mais utilizadas comercialmente — já atingem eficiências entre 20% e 23% em aplicações industriais. Em ambientes laboratoriais, tecnologias emergentes como as células de perovskita e as multijunções (multi-camadas) têm superado a marca de 40% de eficiência, conforme dados do National Renewable Energy Laboratory (NREL, 2024). Esses resultados demonstram o progresso tecnológico contínuo, que vem fortalecendo a viabilidade econômica e energética dos sistemas solares fotovoltaicos.

A energia solar fotovoltaica é uma fonte limpa, renovável e praticamente inesgotável, desde que haja incidência de luz solar. Sua geração de eletricidade não produz resíduos nem emissões de gases poluentes, apresentando vantagens ambientais em relação a outras fontes tradicionais. Por exemplo, a energia hidrelétrica pode causar impactos ambientais significativos devido à inundação de grandes áreas; a termoeleétrica é responsável pela emissão de gases do efeito estufa; e a energia eólica depende de condições climáticas específicas e de grandes áreas para instalação (IEA, 2020).

Além disso, os painéis solares fotovoltaicos apresentam alta durabilidade, podendo operar com eficiência por até 25 anos, o que resulta em excelente relação custo-benefício a longo prazo. Uma de suas vantagens mais significativas em relação a outras fontes de energia está na possibilidade de geração descentralizada. Essa tecnologia pode ser instalada em praticamente qualquer local, inclusive em regiões isoladas, utilizando sistemas off-grid que armazenam a energia produzida durante o dia em baterias, garantindo o fornecimento mesmo à noite ou em dias nublados. Essa

flexibilidade é essencial em áreas rurais ou de difícil acesso, onde a infraestrutura de distribuição elétrica é limitada ou inexistente (Lorente; Pereira; Sousa, 2021).

Segundo o Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (CRESESB), os módulos fotovoltaicos comerciais, compostos predominantemente por silício monocristalino ou policristalino, apresentam eficiências que variam entre 15% e 23%, dependendo da tecnologia empregada e das condições ambientais. Em condições ideais de irradiação, próximas de 1.000 W/m², um módulo padrão com área aproximada de 1,7 m² e potência de 330 Wp pode produzir, em média, entre 1,3 a 1,6 kWh por dia, variando conforme a localização geográfica e o nível de insolação regional. Essa produção pode ser ampliada com a interligação de múltiplos módulos em série e paralelo, possibilitando o atendimento de demandas energéticas de residências, comércios e pequenas indústrias (CRESESB, 2014).

Além disso, painéis de última geração, como os que utilizam a tecnologia PERC (Passivated Emitter and Rear Cell), já atingem eficiências superiores a 23%, proporcionando maior produção energética em espaços reduzidos. Em sistemas conectados à rede (on-grid), essa produção pode ser compensada com créditos na fatura de energia elétrica, conforme regulamentado pela ANEEL por meio da Resolução Normativa nº 482/2012 (atualizada pela RN nº 1000/2021).

Diante dessas vantagens, em 2018 foi instituída a Política Nacional de Energia Fotovoltaica (PRONOSOLAR), com o objetivo de ampliar o uso de fontes renováveis, especialmente a energia solar, por meio de facilitação de créditos e redução de juros.

"[...] O maior benefício trazido pela PRONOSOLAR seria a dedução de 25% do valor pago no sistema na declaração do imposto de renda, limitado ao prazo de 10 anos e para sistemas de até 5.000 kW. Juntas, essas medidas poderiam ajudar para que a tecnologia fotovoltaica se tornasse mais acessível e vantajosa a grande parte da população brasileira, contribuindo também para aumento da sustentabilidade no país" (BLUE SOL.COM.BR, 2018).

Conforme informações do site da INTELBRAS (2024), ainda é comum a existência de confusão entre as tecnologias que utilizam a energia solar. A mais recorrente é a confusão entre a energia fotovoltaica — responsável por converter a radiação solar em energia elétrica — e o aquecimento solar, voltado para o aquecimento de água em residências e edifícios.

2.2 Energia Térmica, Termossolar ou Fototérmica

Antes de entrar no tema deste capítulo, é importante esclarecer alguns conceitos para evitar confusões que costumam aparecer quando se fala em energia solar. Dois termos, em especial, costumam ser usados como se fossem a mesma coisa, mas não são: a energia solar fotovoltaica, que serve para gerar eletricidade, e a energia solar térmica, que é usada para aquecer a água.

Segundo Vazzoler (2021, p. 5-6), a confusão ocorre principalmente devido ao uso comum dos termos captadores, coletores e concentradores em ambos os sistemas. Os *captadores* são uma denominação genérica para qualquer equipamento que aproveite a energia solar. Já os *coletores* referem-se a dispositivos usados para o aquecimento de fluidos por meio da radiação solar direta, ou seja, o sistema de aquecimento solar; o tipo mais comum é o coletor plano ou de caixa, que atinge temperaturas de até 70 °C. Esses sistemas são amplamente utilizados no ambiente doméstico, principalmente para aquecimento de água em chuveiros, torneiras e piscinas. Por sua vez, os *concentradores* são sistemas mais sofisticados que utilizam espelhos ou lentes para concentrar a radiação solar, alcançando temperaturas muito mais elevadas, sendo aplicados em contextos industriais ou de geração térmica de grande porte.

Os objetivos dessas duas tecnologias são diferentes, apesar das semelhanças de terminologia: enquanto a energia fotovoltaica converte a radiação solar em eletricidade por meio de células fotovoltaicas, a energia solar térmica transforma essa radiação em calor, utilizado diretamente para aquecer líquidos. (ELETROBRÁS, 2010).

Na energia fotovoltaica, segundo Vazzoler (2021), quando ocorre a incidência de radiação solar sobre uma célula fotovoltaica, gera-se uma tensão semelhante àquela produzida entre os terminais de uma pilha. A energia elétrica é então extraída por meio de contatos metálicos aplicados em ambas as faces da célula. Embora tanto a energia solar fotovoltaica quanto a térmica utilizem o sol como recurso renovável, as duas tecnologias apresentam diferenças significativas em termos de aplicação, complexidade e custo de instalação.

Enquanto os sistemas de aquecimento solar térmico – como os coletores planos ou de caixa – são geralmente utilizados para aquecimento de água em residências e operam com temperaturas de até 70 °C, os sistemas fotovoltaicos são

projetados para gerar eletricidade e exigem componentes mais sofisticados, como inversores, controladores de carga e, eventualmente, baterias. Essa diferença se reflete no custo de implantação: um sistema de aquecimento solar térmico residencial tem um custo médio de instalação entre R\$ 2.000,00 e R\$ 5.000,00, dependendo da capacidade e do fabricante (ELETROBRAS, 2010). Já os sistemas fotovoltaicos, por sua vez, apresentam um investimento inicial mais elevado. Um sistema residencial com capacidade de 4 kWp, por exemplo, pode custar entre R\$ 14.000,00 e R\$ 20.000,00 (Portal Solar, 2024).

Essas distinções demonstram que, apesar de ambas as tecnologias se basearem na energia solar, elas se destinam a finalidades distintas e envolvem níveis diferentes de investimento, o que deve ser cuidadosamente considerado no momento da escolha.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Este trabalho foi desenvolvido com base em uma pesquisa qualitativa de caráter exploratório, com foco principal em revisão bibliográfica sobre o uso da energia solar no aquecimento de água em residências. Optou-se por essa abordagem justamente por permitir uma análise mais ampla e reflexiva dos aspectos técnicos, econômicos e ambientais que envolvem o tema no contexto brasileiro. A revisão das fontes possibilitou reunir informações atuais e relevantes, oferecendo ao estudo uma base teórica sólida e confiável, essencial para sustentar as reflexões apresentadas ao longo do texto.

As informações foram levantadas entre os meses de março de 2024 e junho de 2025, com base em publicações como livros acadêmicos, artigos científicos indexados, normas técnicas da ABNT e sites especializados em energia renovável e instalações prediais. A seleção do material seguiu critérios de relevância, atualidade e aplicabilidade ao tema proposto. Foram utilizadas como palavras-chave nos mecanismos de busca as expressões: *energia solar*, *sistema de aquecimento* e *viabilidade econômica*, isoladas ou combinadas entre si, em bases como o Portal de periódicos da Capes, Google Acadêmico, Scielo, Biblioteca Digital da ABNT, revistas técnicas como *Potência* e documentos institucionais de entidades como o INMET, IEA SHC e CRESESB.

Além do levantamento bibliográfico, foram analisadas diretrizes normativas e critérios técnicos que orientam a instalação dos sistemas de aquecimento solar, com ênfase no modelo mais comum para residências: o sistema de circulação natural, também conhecido como termossifão. Este modelo foi escolhido como foco do estudo por apresentar simplicidade operacional, confiabilidade e baixa demanda de manutenção, além de não depender de bombas ou energia elétrica para o funcionamento. O princípio baseia-se na diferença de densidade entre a água fria e a quente, que gera um movimento natural de convecção, promovendo a circulação da água entre os coletores e o reservatório térmico (BASSO et al., 2024).

O recorte temporal utilizados foram materiais publicados entre 2006 e 2025, dessa forma foram analisados 18 artigos e separou-se 15 para compor este trabalho.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Energia Térmico Solar: Conforto Sustentável e Economia na Prática

Quando se fala em energia solar, é comum que as pessoas pensem nas placas fotovoltaicas. No entanto, existe uma forma tão interessante quanto, que muitas vezes é inclusive mais acessível, que é a energia solar térmica, ou termossolar ou fototérmica. Esse Sistema não transforma a radiação solar em eletricidade, mas utiliza o calor do sol diretamente para aquecer água.

Essa tecnologia se baseia em coletores solares (placas) ou tubos a vácuo, que captam a radiação solar e transferem o calor para a água. Segundo Basso et al. (2024), essa é uma das formas mais eficientes de aproveitar a energia solar, porque atua diretamente na redução do consumo elétrico e leva conforto térmico para locais onde, muitas vezes, esse conforto é inacessível por outras vias.

A importância desse tipo de sistema vai além da economia no fim do mês. Ele tem um impacto direto na distribuição da demanda energética, principalmente durante os horários de pico, entre 19h e 21h — momento em que muitas famílias ligam o chuveiro elétrico simultaneamente, pressionando o sistema de fornecimento de energia.

Como destaca Brasil (2006), o aquecimento solar contribui significativamente nesse cenário, ao desafogar a rede elétrica justamente nos horários mais críticos, evitando sobrecargas e contribuindo com a estabilidade do sistema como um todo. Em países tropicais como o Brasil, em que há muito sol durante boa parte do ano, sistema de aquecimento solar ganha relevância, pois favorece o uso contínuo da tecnologia.

Ao substituir o chuveiro elétrico, os sistemas térmicos ajudam a tornar as casas mais eficientes, econômicas e ambientalmente responsáveis, com uma instalação relativamente simples e manutenção baixa. A energia térmica solar se apresenta, então, como uma alternativa real e promissora para tornar o conforto acessível e o consumo energético mais inteligente.

3.2 Vantagens do sistema de aquecimento solar para residências

O conforto térmico é uma das principais razões para a adoção de sistemas de aquecimento solar térmico em residências. Além disso, essa tecnologia oferece vantagens importantes em termos de segurança quando comparada aos sistemas convencionais de aquecimento elétrico ou a gás. O aquecimento solar elimina riscos associados ao uso de eletricidade, como curtos-circuitos e choques elétricos, além de evitar os perigos relacionados a vazamentos de gás, que podem resultar em incêndios ou explosões (ASHRAE, 2017; IEA, 2019).

De acordo com Farias et al. (2017), além da economia de energia, o aquecimento solar proporciona maior segurança operacional, sendo uma alternativa viável e segura para residências. Da mesma forma, Ghisi (2023) aponta que os sistemas solares térmicos demonstram desempenho eficiente e seguro, especialmente em habitações de interesse social, reduzindo a dependência de fontes energéticas convencionais com maior potencial de risco.

A vantagem econômica é outro diferencial bastante considerado na hora de optar pela instalação do sistema de aquecimento solar nas residências tendo em vista que pesquisas apontam que a economia resultante de sua instalação é de 50% no valor da conta de energia elétrica, quando o chuveiro responde por 50% do consumo na conta (Basso et al, 2024).

3.3 Instalação e Critérios Técnicos do Sistema de Aquecimento Solar

A instalação do sistema de aquecimento solar residencial é, em geral, menos complexa e mais acessível que a dos sistemas fotovoltaicos, desde que obedeça a critérios técnicos e normativos. O equipamento deve ser posicionado de forma a maximizar a captação da radiação solar, com os coletores instalados em locais com exposição solar plena, preferencialmente voltados para o norte (no hemisfério sul), com inclinação ajustada conforme a latitude, geralmente entre 17° e 30°, visando atingir uma incidência próxima a 90° (Oliveira; Guarangli, 2024).

O sistema de aquecimento solar é composto principalmente por coletores solares e um reservatório térmico (também conhecido como boiler). Os coletores (Figura 3) absorvem a radiação solar e a transformam em calor, que é transferido para a água por meio de tubos de cobre ou serpentinas. A água aquecida circula

naturalmente até o reservatório (Figura 2), que pode ser feito de cobre, inox ou polipropileno, com isolamento térmico em poliuretano expandido sem CFC, garantindo a conservação da temperatura para consumo (Oliveira; Guarangli, 2024; Vazzoler, 2021).

Figura 2 – Reservatório térmico



Fonte: Soletrol.com.br (2024).

Figura 3 – Placa coletora de energia solar para aquecimento doméstico.



Fonte: Oliveira; Guarangli (2024).

O reservatório é alimentado por uma caixa de água fria, que o mantém sempre cheio, e é conectado à tubulação interna da residência, garantindo o fornecimento contínuo de água quente. Para essa tubulação, utilizam-se materiais como PPR (Polipropileno Copolímero Random) ou CPVC (Policloreto de Vinila Clorado), ambos resistentes a altas temperaturas. O PPR utiliza a técnica de termofusão, que garante vedação perfeita sem necessidade de adesivos ou roscas, ideal para sistemas pressurizados. Já o CPVC emprega cimentos específicos para colagem das juntas,

garantindo vedação segura e suportando temperaturas de até 82 °C em instalações comerciais e até 93 °C em condições normativas (PROFESSIONAL PLASTICS, s.d.; CORZAN, 2025).

Para que o sistema de aquecimento solar funcione bem, é fundamental ter um bom planejamento da rede hidráulica. Isso inclui evitar curvas desnecessárias, prever pontos de dilatação térmica e usar suportes adequados, sempre seguindo normas técnicas como a NBR 7198:2022, que trata dos sistemas prediais de água quente. Além disso, a instalação precisa ser feita por profissionais qualificados, que garantam a vedação correta por meio de testes antes do fechamento de paredes ou forros.

Outro ponto importante é o dimensionamento do sistema, que deve levar em conta quantas pessoas vivem na casa, quanto tempo costumam passar no banho e qual é o consumo médio de água quente. Tudo isso influencia diretamente no desempenho do sistema, já que a circulação natural da água acontece por causa da diferença de densidade entre a água fria e a quente (Oliveira; Guarangli, 2024).

Além disso, a norma NBR 15569:2020 estabelece os requisitos para sistemas de aquecimento solar em circuito direto, como concepção, arranjo hidráulico, dispositivos de segurança e manutenção. Ela determina que o sistema contenha válvulas de alívio para controle de pressão (limite de 6 bar) e temperatura (máximo de 90 °C), além de sifões térmicos na tubulação de água fria e respiros na saída da água quente para prevenir superaquecimento. O respiro deve ser instalado a pelo menos 30 cm acima do nível de transbordamento do reservatório e ter diâmetro igual ou superior ao da tubulação de distribuição, assegurando ventilação adequada e evitando pressão excessiva (ABNT, 2020; IEA SHC, 2019).

A instalação também deve ser planejada para facilitar a manutenção e as inspeções periódicas, que irão garantir a durabilidade do sistema e sua eficiência a longo prazo. A adoção dessas boas práticas, associada ao uso de componentes com vida útil superior a 15 anos e baixa necessidade de manutenção (CRESESB, 2014; GSA, 2015), assegura confiabilidade, economia energética e benefícios ambientais duradouros.

3.3.2 Dimensionamento do aquecedor e do reservatório: o que considerar na prática

Escolher um bom sistema de aquecimento solar vai além de optar por uma marca ou modelo. É preciso refletir sobre o que o sistema precisa atender no dia a dia

da casa: quantas pessoas moram ali, como são os hábitos de banho e qual é a demanda real de água quente. Essas perguntas são essenciais para dimensionar corretamente tanto o aquecedor (coletores) quanto o reservatório térmico (boiler). Um sistema mal dimensionado pode gerar dois problemas comuns: ou ele não dá conta da demanda, e a água quente acaba rápido demais, ou ele fica superdimensionado, elevando o custo da instalação desnecessariamente.

De forma geral, cada pessoa consome entre 40 e 60 litros de água quente por dia em banhos. Para uma casa com quatro moradores, por exemplo, o reservatório ideal precisa ter, no mínimo, capacidade para 200 litros. Mas esse número pode variar se as pessoas costumam tomar banhos mais demorados ou se há outros pontos de consumo, como torneiras e lavanderia. Já a área dos coletores solares (placas) também deve acompanhar essa demanda. A regra prática mais usada é: 1 m² de coletor para cada 100 litros de água no reservatório. Ou seja, um sistema com 200 litros deve ter pelo menos 2 m² de placa coletora solar (Vazzoler, 2021).

Além disso, a região geográfica faz diferença. Locais com alta incidência solar ao longo do ano, como o Nordeste, exigem sistemas menos robustos que regiões mais frias ou com muitos dias nublados. Por isso, além do número de moradores, o clima local e o tipo de uso da água quente devem entrar na conta. Na dúvida, o ideal é sempre buscar a ajuda de um profissional ou fornecedor especializado, que possa fazer o cálculo com base nos padrões da ABNT NBR 15569:2020, mas também considerar o jeito real de viver da família — o que nem sempre cabe num manual técnico.

3.4 Aquecimento Solar – Viabilidade econômica

A viabilidade do aquecimento solar de água em residências não se resume apenas ao aspecto técnico, mas envolve fatores econômicos, ambientais e sociais que tornam essa alternativa cada vez mais relevante no cenário energético brasileiro.

Do ponto de vista técnico, a eficiência térmica dos coletores solares — responsáveis por converter a radiação solar em calor — é um fator essencial para o bom desempenho do sistema. Essa eficiência varia conforme o tipo de tecnologia e as condições de instalação, mas, no geral, é favorecida pela alta irradiação solar registrada no Brasil, que pode alcançar entre 4,25 e 6,5 kWh/m²/dia (INMET, 2019). Outro ponto positivo está na durabilidade dos componentes principais, como coletores

e reservatórios térmicos, que costumam ultrapassar 15 anos de vida útil e demandam pouca manutenção ao longo do tempo (CRESESB, 2014; GSA, 2015), o que contribui para a confiabilidade do sistema.

O aquecimento solar também é altamente adaptável. Pode ser instalado tanto em residências populares quanto em imóveis de padrão elevado ou empreendimentos comerciais e industriais. Essa flexibilidade amplia seu alcance e reforça seu potencial de impacto positivo. No aspecto econômico, embora o investimento inicial seja significativo, ele costuma se pagar em poucos anos, graças à economia gerada na conta de energia elétrica. Estudos mostram que, em determinados contextos, a redução no consumo pode chegar a 35%, especialmente quando o chuveiro elétrico é o principal vilão da fatura mensal (Oliveira; Guarangli, 2024; Ghisi; Lamberts, 2000).

Essa economia se torna ainda mais acessível com o apoio de programas governamentais, como o Procel e o Minha Casa Minha Vida, que oferecem incentivos e linhas de crédito específicas para tecnologias sustentáveis (Castro; Ferreira, 2016). Além disso, o uso do aquecimento solar ajuda a reduzir o uso de fontes fósseis de energia e, conseqüentemente, a emissão de gases de efeito estufa — um ganho ambiental considerável, alinhado aos compromissos de sustentabilidade global.

Exemplos práticos reforçam essa viabilidade: em Florianópolis, pesquisas indicam que sistemas solares reduziram em até 35% o uso de chuveiros elétricos (Ghisi; Lamberts, 2000). Já em comunidades mais isoladas, como Três Unidos, no interior do Amazonas, o uso da energia solar — mesmo em sua vertente fotovoltaica — tem garantido autonomia energética, segurança e conforto para famílias que antes dependiam de geradores a diesel (Lima, 2022). Esses dados mostram que o impacto vai além do financeiro, promovendo também inclusão energética e melhoria da qualidade de vida.

A viabilidade também tem se ampliado com o avanço da tecnologia. Melhorias nos equipamentos e nos processos de instalação têm reduzido custos e elevado a eficiência, resultando em um sistema mais seguro, econômico e ambientalmente responsável (Carvalho Junior, 2020). Contudo, apesar de todos esses benefícios e da existência de profissionais qualificados no mercado, a adesão ainda é baixa: estima-se que apenas 5% das residências brasileiras utilizam aquecedores solares (Revista Potência, 2023).

Esse baixo índice se deve, em grande parte, à falta de informação. Muitas famílias ainda desconhecem os benefícios reais do sistema, como o retorno do investimento entre 1 e 2 anos, a redução significativa na conta de energia e a valorização do imóvel. Além disso, persiste uma cultura de consumo pouco voltada às fontes renováveis, agravada pela ausência de campanhas educativas e incentivos específicos (Filgueira; Lima; Castelo, 2022). Mesmo com tecnologia disponível e viável, a expansão do uso de aquecedores solares no Brasil ainda depende de políticas públicas mais efetivas, ações de divulgação acessível e educação voltada ao consumidor final. A transição energética não será apenas técnica — ela também precisa ser comunicada e compreendida pela sociedade.

3.5 Comparativo entre Energia Solar Térmica e Energia Solar Fotovoltaica

Embora ambos os sistemas utilizem a luz do sol como fonte primária, energia solar térmica e energia solar fotovoltaica são tecnologias distintas, com objetivos, componentes e funcionamentos bastante diferentes — o que, muitas vezes, gera confusão entre os usuários.

A energia solar térmica tem como principal finalidade o aquecimento de água. Funciona de forma relativamente simples: a radiação solar incide sobre os coletores (placas solares), que aquecem a água que circula em tubos de cobre ou serpentinas. Essa água quente é então armazenada em um reservatório térmico (boiler), pronto para o uso em chuveiros, torneiras e outras necessidades residenciais. Trata-se de um sistema eficiente, silencioso, e com retorno financeiro rápido, além de contribuir para a redução do consumo elétrico nos horários de pico — especialmente em substituição ao chuveiro elétrico (BRASIL, 2006; BASSO et al., 2024).

Já a energia solar fotovoltaica transforma a luz do sol diretamente em eletricidade. Por meio de módulos fotovoltaicos compostos por células de silício, a energia solar é convertida em corrente elétrica contínua. Essa corrente passa por um inversor, que transforma a energia em corrente alternada, compatível com a rede elétrica das residências. A eletricidade gerada pode alimentar toda a casa — iluminação, geladeira, televisão, ar-condicionado — e até ser injetada na rede pública, gerando créditos na conta de luz (CRESESB, 2014).

A Tabela 1 resume as principais diferenças entre os dois sistemas:

Sistema	Solar Térmico	Solar Fotovoltáico
Finalidade	Aquecer água	Gerar energia elétrica
Tipo de energia gerada	Térmica (calor)	Elétrica
Componentes principais	Coletores, boiler, tubulação	Módulos fotovoltaicos, inversor, cabos
Uso típico	Chuveiros, torneiras, lavanderia	Toda a instalação elétrica da residência
Instalação	Mais simples	Mais técnica e exige homologação
Retorno financeiro	Rápido (1–3 anos)	Médio prazo (4–6 anos)
Manutenção	Baixa	Moderada
Contribuição ambiental	Redução de consumo em horários de pico	Geração limpa e autônoma de eletricidade

Tabela 1: Elaboração própria com base em CRESESB (2014), BRASIL (2006), BASSO et al. (2024) e conteúdo do TCC.

Fica claro pela nossa análise que, enquanto o sistema térmico aquece a água para uso cotidiano, o sistema fotovoltaico gera eletricidade. Ambos contribuem para a eficiência energética da residência, mas atendem necessidades diferentes. Entender essa diferença é essencial para que cada família escolha a solução mais adequada à sua realidade e expectativa de uso.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo permitiu compreender que a energia é um insumo essencial para o desenvolvimento humano, econômico e social, sendo indispensável para a realização das mais diversas atividades, desde o uso doméstico até a produção industrial. No contexto brasileiro, a matriz energética sempre teve forte predominância da energia hidrelétrica, escolha intensificada a partir da década de 1960 com a criação de políticas públicas voltadas à expansão do setor elétrico. Embora essa escolha tenha contribuído significativamente para o crescimento do país, também trouxe limitações, como a concentração da geração em grandes usinas, os elevados custos de distribuição e os impactos ambientais associados à construção de barragens.

Diante desse cenário, a energia solar surge como uma alternativa estratégica, limpa, renovável e viável, sobretudo considerando a localização geográfica privilegiada do Brasil, com alta incidência solar durante a maior parte do ano. A energia fotovoltaica, embora tecnicamente eficiente, ainda enfrenta barreiras como a necessidade de conexão à rede elétrica e maior custo inicial. Por outro lado, o sistema de aquecimento solar térmico tem se apresentado como uma solução mais acessível, de instalação simples e rápida, com baixo custo de operação e alto retorno em termos de economia e sustentabilidade.

A pesquisa revelou ainda que, mesmo com profissionais capacitados para a elaboração e implantação de projetos solares residenciais, o uso dessa tecnologia ainda é tímido no país, principalmente em função da limitada divulgação de suas vantagens e do desconhecimento generalizado por parte da população. Com base na revisão bibliográfica, foi possível destacar que o sistema de aquecimento solar, quando corretamente dimensionado e instalado em locais com boa incidência de radiação solar, representa uma alternativa eficiente e duradoura para o fornecimento de água quente em domicílios.

Além dos aspectos técnicos e econômicos, a promoção da energia solar está diretamente vinculada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas, especialmente no que tange ao acesso universal à energia limpa e à mitigação dos impactos ambientais. Metas específicas, como garantir o acesso confiável e sustentável à energia (ODS 7), aumentar a participação de fontes renováveis na matriz energética global (ODS 7) e integrar medidas de

combate às mudanças climáticas nas políticas nacionais (ODS 13), orientam políticas e programas que incentivam a expansão da geração solar, reforçando seu papel estratégico na construção de um futuro energético sustentável e na redução das emissões de gases de efeito estufa.

Políticas públicas como a Resolução Normativa nº 482 da ANEEL e programas como o PRONOSOLAR têm sido fundamentais para estimular a adoção dessa fonte, ainda que seja necessário ampliar o alcance dessas iniciativas.

Diante do que foi apresentado, fica claro que a energia solar — especialmente quando usada para aquecer a água em residências — é uma alternativa viável, sustentável e que vale a pena do ponto de vista econômico. Com mais apoio do governo, campanhas que informem a população e formas acessíveis de financiamento, essa tecnologia tem tudo para crescer ainda mais no Brasil. E esse avanço não traz benefícios apenas para o bolso das famílias, mas também para o futuro energético e ambiental do país.

REFERÊNCIAS

ALCOFORADO, F. V. Energia: a base do desenvolvimento sustentável. **Revista de Estudos Avançados**, São Paulo, v. 29, n. 84, p. 7–20, 2015.

AMANHÃ. Hidrelétricas têm potencial de aumentar capacidade no Brasil. **Revista Amanhã**, 2022. Disponível em: <https://amanha.com.br/categoria/infraestrutura/hidreletricas-tem-potencial-de-aumentar-capacidade-no-brasil>. Acesso em: 21 jul. 2025.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Geração Distribuída**. Brasília: ANEEL, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/geracao-distribuida>. Acesso em: 21 jul. 2025.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 1000, de 7 de dezembro de 2021**. Estabelece as condições gerais para o fornecimento de energia elétrica. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br>. Acesso em: 3 jun. 2025.

ASHRAE. **ASHRAE Handbook — HVAC Systems and Equipment**. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2017. Disponível em: <https://www.ashrae.org/technical-resources/ashrae-handbook/ashrae-handbook-online>. Acesso em: 9 jul. 2025.

Associação Brasileira de Normas técnicas – ABNT. **NBR 15569:2020 – Sistemas de aquecimento solar de água – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=419604>. Acesso em: 9 jul. 2025.

BASSO, Luiz H.; SOUZA, Samuel N. M. de; SIQUEIRA, Jair A. C; NOGUEIRA, Carlos E. C.; SANTOS, Reginaldo F. Santos. **Análise de um sistema de aquecimento de água para residências rurais, utilizando energia solar**. Disponível em:

BORGES NETO, Manuel Rangel; CARVALHO, Paulo. **Geração de Energia Elétrica: Fundamentos**. São Paulo: Editora Érica, 2012.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Manual de Sistemas de Aquecimento Solar**. Rio de Janeiro: Procel, 2006.

BRIQUEZI, Júlia. **Análise comparativa de materiais semicondutores aplicados em células fotovoltaicas de diferentes gerações**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Biossistemas) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Campus Avaré, Avaré, 2023. Disponível em: https://avr.ifsp.edu.br/images/pdf/Eng_Biossistemas/banco_tcc/2023/TCC_Julia%20Briquezi_VF.pdf. Acesso em: 3 jun. 2025.

CARVALHO JÚNIOR, Roberto. **Instalações Prediais Hidráulicas Sanitárias: Princípios básicos para elaboração de projetos**. 4ª ed., revista e ampliada. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2020.

CASTRO, A. R.; FERREIRA, C. P. **Energia solar no programa Minha Casa Minha Vida: uma análise das potencialidades**. Revista de Arquitetura IMED, v. 5, n. 1, p. 44–60, 2016.

CASTRO, Rui M. G. **Introdução à energia fotovoltaica**. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico, 2002. (Edição 0). Disponível em: <https://scholar.google.pt/citations?user=olRnXSkAAAAJ&hl=pt-PT>. Acesso em: 22 jul. 2025.

CAVALCANTI, Caio César Torres. **O Direito a energia no contexto Ibero-Brasileiro**. Rio de Janeiro: Editora Synergia, 2017.

CHESF. Companhia Hidro Elétrica do São Francisco. **Relatório de Gestão 2014**. Recife: CHESF, 2014. Disponível em: <https://www.chesf.com.br/acessoinformacao/Documents/RelatorioGest%C3%A3o2014.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2025.

CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CEPEL/Eletrobras, 2014. Disponível em: https://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/pdf/Manual_FV_Cresesb.pdf. Acesso em: 3 jun. 2025.

ELETROBRAS. Centrais Elétricas Brasileiras S.A. **Sobre a Eletrobras**. 2025. Disponível em: <https://eletrobras.com/pt/Paginas/Sobre-a-Eletrobras.aspx>. Acesso em: 21 jul. 2025.

ELETROBRAS. Centrais Elétricas Brasileiras. **Manual de Sistemas de Aquecimento Solar**. Rio de Janeiro: Procel, 2010. Disponível em: <https://www.procelinfo.com.br>. Acesso em: 3 jun. 2025.

FARIAS, J. M.; LEITE, R. C.; BARBOSA, L. C. A. **Aquecimento de água por energia solar: estudo comparativo entre sistemas**. In: Anais do Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/326026390_AQUECIMENTO_DE_AGUA_POR_ENERGIA_SOLAR. Acesso em: 3 jun. 2025.

FILGUEIRA, Á. J. de A.; LIMA, AC; CASTELO, JSF. Intenção de adoção de Sistemas Solares Fotovoltaicos. **Revista de Administração da UFSM**, v. 1, pág. 137–157, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/reaufsm/a/qbswXpXttZZ7t586XMvDy5b/>. Acesso em: 9 jul. 2025.

FRANÇA, Diego de Jesus Sanches. **Geração de energia elétrica utilizando células fotovoltaicas**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Técnico em Eletrotécnica) – Centro Universitário Anhanguera de São Paulo. Disponível em: https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/25327/1/DIEGO_DE_JESUS_SANCHES_FRAN%C3%87A_ATIVIDADE1.pdf. Acesso em: 3 jun. 2025.

FRANCISCO JR., L. A.; SANTOS, T. P.; SILVA, M. A. da. A importância da difusão do conhecimento sobre energia solar para a adoção em residências brasileiras. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 10, n. 2, p. 45–60, 2021.

GHISI, Eliana; LAMBERTS, Roberto. Avaliação do potencial de economia de energia elétrica em edificações residenciais com uso de aquecedores solares. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 27–39, 2000.

GHISI, Enedir. **Benchmarking energético dos sistemas de aquecimento de água em habitações de interesse social**. 2023. Disponível em: https://www.academia.edu/126546217/Benchmarking_energ%C3%A9tico_dos_sistemas_de_aquecimento_de_%C3%A1gua_em_habita%C3%A7%C3%B5es_de_interesse_social. Acesso em: 3 jun. 2025.

GOMES, J. P. P.; VIEIRA, M. M. F. O campo da energia elétrica no Brasil de 1880 a 2002. **Revista de Administração Pública**, v. 43, n. 2, p. 295–321, mar. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0034-76122009000200002>. Acesso em: 09 jul. 2025.

GSA – U.S. General Services Administration. **Honeycomb Solar Thermal Collector**. Green Proving Ground Program – GPG Findings Report 027, 2015. Disponível em: https://www.gsa.gov/system/files/GPG_Findings_027-Honeycomb_Solar_Thermal_Collector.pdf. Acesso em: 21 jul. 2025.

IEA – International Energy Agency. **Renewables 2020: Analysis and forecast to 2025**. Paris: IEA, 2020. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/renewables-2020>. Acesso em: 09 jul. 2025.

IEA – International Energy Agency. **Solar Heating and Cooling Technology Roadmap**. Paris: IEA, 2019. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/solar-heating-and-cooling-technology-roadmap>. Acesso em: 09 jul. 2025.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. Brasília: INMET, 2019. Disponível em: <https://energia.ufrgs.br/atlas.y>. Acesso em: 3 jun. 2025.

INTELBRÁS. **O que é energia solar? Tudo sobre sistema fotovoltaico**. [S.L.]: INTELBRÁS, [S.D.]. Disponível em: <https://blog.intelbras.com.br/o-que-e-energia-solar-tudo-sobre-o-sistema-fotovoltaico/>. Acesso em: 16 nov. 2023.

LIMA, Camila Barros de. **Estudo de caso de instalação de sistema híbrido (fotovoltaico e biodigestor) em residência rural na comunidade Três Unidos, em Manaus–AM**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Energia) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2022. Disponível em: <https://riu.ufam.edu.br/handle/prefix/6327>. Acesso em: 9 jul. 2025.

LIMA, Luana Oliveira; CARVALHO, Andriele de Pra. **Estudo de energia utilizando células fotovoltaicas**. In: VII Workshop de Ciência, Tecnologia e Inovação, 2023, Francisco Beltrão. Anais [...]. Francisco Beltrão: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2023. Disponível em:

https://wcti.fb.utfpr.edu.br/anais/individuais/2023/3_25_anais.pdf. Acesso em: 3 jun. 2025.

LORENTE, L. C. M.; PEREIRA, E. B.; SOUSA, A. D. R. **Energia solar no Brasil: panorama, desafios e perspectivas**. Revista Brasileira de Energia Renovável, v. 10, n. 1, p. 56–74, 2021. Disponível em: <https://revistas.uninter.com/energiasrenovaveis/article/view/4866>. Acesso em: 3 jun. 2025.

MORAIS, Luciano Cardoso de. **Estudo sobre o panorama da energia elétrica no Brasil e tendências futuras**. 2015. 127 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/132645>. Acesso em: 18 abr. 2024.

NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY (NREL). **Best Research-Cell Efficiency Chart**. Golden, CO, 2024. Disponível em: <https://www.nrel.gov/pv/cell-efficiency.html>. Acesso em: 3 jun. 2025.

OLIVEIRA, L. M.; GUARANGLI, R. S. Instalações solares térmicas residenciais: aspectos técnicos e normativos. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 13, n. 1, p. 55–72, 2024.

OLIVEIRA, Nathalia Capellini Carvalho de. A Grande Aceleração e a Construção de Barragens Hidrelétricas no Brasil. **Vária História**. Belo Horizonte, v. 34, n. 65, P. 315-346, 2018. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/3844/384455509003/html/>. Acesso em: 9 jul. 2025.

PINTO, H. F.; NASPOLINE, R. K.; RUTHER, R. **Fundamentos da energia solar fotovoltaica**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

PORTAL SOLAR. **Quanto custa um sistema de energia solar residencial?** 2024. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/quanto-custa-um-sistema-de-energia-solar-residencial.html>. Acesso em: 3 jun. 2025.

PROFESSIONAL PLASTICS, Inc. **CPVC CTS Pipe, Fittings & Valve Design & Installation**. EUA: Professional Plastics, s.d. (Temperatura de serviço até 82 °C). Disponível em: <https://www.professionalplastics.com/CPVCPipeSizesandSpecifications.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2025.

PRONASOLAR - Política Nacional De Energia Solar Fotovoltaica. **É A Melhor Proposta Já Feita Para Expansão Da Energia Solar Distribuída no Brasil**. 2018.

REIS, Lineu Belico. **Geração de Energia Elétrica**. São Paulo: Manole, 2015.

REVISTA POTÊNCIA. **Uma tela em branco**. Revista Potência, ed. 221, 2023. Disponível em: <https://revistapotencia.com.br/portal-potencia/materia-de-cap/uma-tela-em-branco/>. Acesso em: 9 jul. 2025.

SANTOS, João Vitor. **Crise energética: “O problema não está na natureza; está no modelo adotado e na política”**. 2024.

TECHLUX DISTRIBUIDORA. **Panorama da Energia Solar no Brasil em 2023**. [S. L.] TECHLUX DISTRIBUIDORA, S.D. Disponível em: <https://techlux.com.br/blog/panorama-da-energia-solar-no-brasil-em-2023>. Acesso em: 23 dez. 2024.

VAZZOLER, Alex. **Fundamentos de Sistemas Solares Térmicos Um Guia Introdutório**: Rio de Janeiro: Edição do Autor, 2021.

GHISI, E.; LAMBERTS, R. Avaliação de desempenho de sistemas de aquecimento solar de água em Florianópolis. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 1, n. 2, p. 39–52, 2000.