

COLEÇÃO ATAS

O FUTURO É HOJE



19 – 21 junho 2024 Livro de Comunicações



XIX Congresso Ibérico

e

XV Congresso Iberoamericano de Energia Solar

19 – 21 de junho de 2024

Évora | Portugal



ASOCIACIÓN
ESPAÑOLA
DE ENERGÍA
SOLAR



Ficha Técnica

Título

O Futuro é Hoje
(Livro de Comunicações do XIX Congresso Ibérico e XV Congresso Ibero-americano
de Energia Solar)

Autores

© Vários autores

Organização de conteúdos

Afonso Cavaco, Diogo Alexandre e Joana Mouquinho Penderlico

Coordenação editorial

Pedro Horta

Edição

Imprensa da Universidade de Évora

Coleção

Atas

ISBN 978-972-778-491-2

Évora 2025

ESTIMATIVA DO POTENCIAL TÉCNICO DA ENERGIA SOLAR TÉRMICA NO SETOR DOS EDIFÍCIOS E NA INDÚSTRIA EM PORTUGAL

Cardoso J.P.* , Facão J.*

*Laboratório Nacional de Energia e Geologia, Estrada do Paço do Lumiar, 22

1649-038 Lisboa, Portugal, joao.cardoso@lneg.pt, jorge.facao@lneg.pt

RESUMO

A estimativa do potencial técnico da energia solar térmica ativa no setor dos edifícios (residenciais e de serviços) e em processos industriais é calculada para o território Português. O potencial é calculado através da identificação de setores de aplicação de sistemas solares térmicos ativos para preparação de água quente sanitária, aquecimento de piscinas cobertas e água quente de processo até 160°C, com base numa metodologia baseada na procura. Os resultados desta estimativa, são apresentados por zona geográfica (NUTS3) e tipologia de edifício. O potencial técnico de utilização da energia solar térmica em Portugal em termos de potência situa-se nos 9,25 GW (o que corresponderá a um total aproximado de 13,2 milhões de m² de coletores). O potencial em termos de energia térmica anual produzida é estimado em 7,93 TWh.

PALAVRAS CLAVE/PALAVRAS-CHAVE: Solar Térmico Ativo, Água Quente Sanitária, Água Quente de Processo, Potencial Técnico

ABSTRACT

The estimate of the technical potential of active solar thermal energy in the building sector (residential and services) and in industrial processes is calculated for the Portuguese territory. The potential is calculated by identifying application sectors for active solar thermal systems for domestic hot water, indoor swimming pool heating and process hot water up to 160°C, based on a demand-side methodology. The results of this estimation are presented by geographical area (NUTS3) and by building type. The technical potential for the use of solar thermal energy in Portugal in terms of electricity is 9.25 GW (corresponding to a total of approximately 13.2 million m² of collectors). The potential in terms of annual thermal energy production is estimated at 7.93 TWh.

KEYWORDS: Solar Energy, Congress Proceedings, Instructions

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável das sociedades modernas depende da redução e/ou mitigação dos impactos ambientais decorrentes das atividades humanas. Neste contexto, a nível europeu (LEMC, 2021) e nacional (RNC2050, 2019) foi estabelecido o objetivo político de alcançar a neutralidade carbónica das economias europeias, estando esta baseada em grande medida na substituição do consumo de energia proveniente de fontes fósseis e/ou não renováveis por energia proveniente de fontes renováveis, a chamada transição energética. Deste modo, a promoção da utilização de energia proveniente de fontes renováveis é uma prioridade da União Europeia (EU) e de Portugal. A Diretiva (EU) 2018/2001, alterada pela Diretiva (UE) 2023/2413, estabelece um conjunto de metas globais e sectoriais para a utilização de energia de fontes renováveis, salientando-se, no contexto deste trabalho, a meta para o consumo de energia de fonte renovável para aquecimento e arrefecimento. Para Portugal, a meta proposta para aquele sector na versão provisória da revisão do Plano Nacional Energia e Clima (PNEC2030, 2023) é de alcançar em 2030 uma fração de energia proveniente de fontes renováveis de 47%, estabelecendo o Roteiro Nacional para a Neutralidade Carbónica (RNC2050, 2019) uma meta correspondente a uma fração de 94% a 96%.

A energia proveniente do Sol pode ser capturada e convertida em vetores energéticos para utilização final em todos os sectores. Em particular, a energia solar térmica pode fornecer calor para aplicações no sector dos edifícios e da indústria. No sector dos edifícios as tecnologias de conversão térmica da energia solar podem ser aplicadas no fornecimento de energia térmica para produção de águas quentes sanitárias (AQS) e climatização. No sector industrial, as tecnologias de conversão térmica da energia solar podem ser aplicadas à satisfação das necessidades de energia para processos térmicos a baixa, média e alta temperatura.

A transição energética requer um conjunto muito alargado e complexo de decisões por parte decisão dos agentes públicos e privados, para o que é necessária informação que suporte os seus processos de tomada de decisão. A literatura apresenta um conjunto muito limitado de estudos de potencial da energia solar térmica para Portugal, destacando-se a estimativa apresentada em 2002 no contexto do Fórum “Energias Renováveis em Portugal” (Gonçalves, 2002) e o estudo publicado um ano antes no âmbito do projeto POSHIP que abordava o potencial da utilização de energia solar térmica na indústria (Schweiger, 2001). Neste contexto, o presente trabalho apresenta uma estimativa atualizada do potencial técnico da utilização de energia solar térmica no sector dos edifícios e indústria, reproduzindo para uma audiência mais vasta o resultado de um trabalho realizado pelo Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I.P. (Simões, 2023).

Neste artigo é resumida a metodologia adotada para estimar o potencial técnico da energia solar térmica no sector dos edifícios e indústria em Portugal e são apresentados os resultados desta estimativa em termos nacionais e de NUTS III.

METODOLOGIA

Este trabalho seguiu metodologias distintas para cada sector em análise. No entanto, em ambos os casos (edifícios e indústria) a estimativa do potencial técnico teve por base as necessidades de energia térmica que podem ser supridas por sistemas solares térmicos, adaptando as metodologias utilizadas em (Schweiger, 2001 e Gonçalves, 2002), como apresentado em (Simões, 2023) e resumido nas secções seguintes.

Estimativa do potencial no sector dos edifícios

Os coletores solares térmicos podem ser aplicados no fornecimento de energia térmica para produção de águas sanitárias e climatização de edifícios residenciais e de serviços. A estimativa do potencial técnico associado aos edifícios residenciais tem por base as necessidades respeitantes a agregados domésticos privados. Para os edifícios de serviços, consideraram-se os agregados institucionais (ex.: lares de idosos, quartéis, etc.), alojamentos turísticos, hospitais, piscinas cobertas e outras instalações desportivas, a tipologia de edifício de serviço tipicamente com maiores consumos de energia térmica, nomeadamente AQS. Por falta de informação não foi possível incluir o sector da restauração, cujas necessidades de calor não serão despendidas.

Para determinação da procura de energia dos edifícios que pode ser suprida por energia solar térmica foram consideradas apenas as necessidades de calor para produção de AQS e aquecimento de piscinas cobertas, desprezando-se as necessidades de energia térmica para climatização. Optou-se por não se considerar as necessidades associadas à climatização dos edifícios pois: i) os sistemas solares térmicos dimensionados para produção de calor para aquecimento ambiente em edifícios individuais tendem a apresentar viabilidade técnico-financeira reduzida; ii) o potencial muito limitado para o desenvolvimento de redes urbanas de calor e frio em Portugal (DGEG, 2021) que poderiam integrar energia solar térmica.

As necessidades de calor foram estimadas a partir de um conjunto alargado de informação, incluindo o número de utilizadores do edifício, o consumo de AQS por utilizador e as condições e perfil de consumo. Esta foi utilizada no dimensionamento e simulação de sistemas solares térmicos tipo de modo a determinar a área de coletores, convertível em potência térmica usando o fator de conversão padrão proposto pelo programa *Solar Heating and Cooling* da Agência Internacional de Energia ($1 \text{ m}^2 = 0,7 \text{ kW}_t$), e a produtividade específica daqueles sistemas. Por fim, o potencial técnico é estimado considerando a área de coletores e a produtividade específica dos sistemas tipo e o número de edifícios existentes por cada tipologia ou utilização.

Sistemas tipo

O dimensionamento e a estimativa da produtividade específica dos sistemas tipo têm por base:

- Residenciais: informação proveniente dos Censos 2021 (INE, 2022) sobre o número e dimensão média dos agregados privados domésticos e as necessidades, condições

e perfil de consumo de AQS por habitante estabelecidas no contexto do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (Manual SCE, 2021). O sistema tipo considerado corresponde a uma área de coletores de 2,5 m² e um depósito de acumulação de 200 litros.

- **Institucionais:** informação proveniente dos Censos 2021 (INE, 2022) sobre o número e dimensão média dos agregados institucionais e dados presentes no manual da ASHRAE (ASHRAE, 2009) e no Manual do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (Manual SCE, 2021) para determinação das necessidades, condições e perfil de consumo de AQS por residente. Ao contrário do que acontece com os edifícios residenciais, não foi possível determinar um único sistema tipo, tendo sido efetuado um dimensionamento específico para cada região através de um processo iterativo de otimização da fração solar e minimização do desperdício de energia.
- **Hospitais:** informação proveniente dos resultados do Inquérito aos Hospitais 2021 (INE, 2022) sobre o número de hospitais e média de camas por hospital e as necessidades, condições e perfil de consumo de AQS por ocupante adaptados do manual da ASHRAE (ASHRAE, 2009) e do trabalho de Fuentes e co-autores (Fuentes, 2018). Tal como no caso dos agregados institucionais também aqui foi efetuado um dimensionamento específico para cada região através de um processo iterativo de otimização da fração solar e minimização do desperdício de energia.
- **Alojamentos turísticos:** informação proveniente do Inquérito à permanência de hóspedes na hotelaria e outros alojamentos 2021 (INE, 2023) sobre o número de alojamentos e capacidade (n.º de camas) média e dados referentes a necessidades, condições e perfil de consumo de AQS por ocupante retirados do manual da ASHRAE e dos trabalhos de Fuentes e co-autores (Fuentes, 2018) e Walnum e co-autores (Walnum, 2021). Foi efetuado um dimensionamento específico para cada região através de um processo iterativo de otimização da fração solar e minimização do desperdício de energia. Note-se que a abordagem difere para os parques de campismo, pousadas da juventude e colónias de férias devido a falta de dados, conhecendo-se apenas o seu número total e capacidade. Nesses casos considerou-se um consumo de 40 litros por utilizador e o dimensionamento foi efetuado iterativamente, incrementando-se a área de captação até se obter pelo menos um mês com fração solar de 100%.
- **Piscinas cobertas:** informação proveniente da Carta Desportiva (SNID, 2023) relativa a número de piscinas e área total de pano de água, temperatura média de 26,7 e profundidade média de 1,7 m. O dimensionamento foi efetuado iterativamente, incrementando-se a área de captação até se obter pelo menos um mês com fração solar de 100%. Note-se que por ausência de informação sobre o número de utilizadores, não foi possível calcular a necessidade de energia para produção de AQS em piscinas.
- **Instalações desportivas:** informação acerca da quantidade e tipologia de instalações desportivas e estimativa do número médio de utilizadores por tipo de

instalação desportiva (Simões, 2023), assumindo-se um consumo específico de água quente de 40 litros por pessoa.

A produtividade dos sistemas tipo referentes ao edifícios residenciais e institucionais, hospitais e alojamentos turísticos, com exceção de parques de campismo, pousadas da juventude e colónias de férias foi estimada em cada região NUTS III para um ano meteorológico de referência através de simulações efetuadas com o programa computacional SolTerm v5.3 (SolTerm, 2017) que foi também utilizado como ferramenta de dimensionamento. Nos restantes casos foi utilizado o programa F-Chart (F-Chart, 2001).

Estimativa do potencial no sector da indústria

A estimativa do potencial da energia solar térmica no sector da indústria apenas considera as necessidades de calor até temperaturas de 160°C, ou seja, aquelas que podem ser supridas por coletores não concentradores ou de baixa concentração. Uma vez que não se encontrou disponível informação detalhada sobre as necessidades de calor na indústria nacional, fez-se uma estimativa simplificada do potencial técnico, considerando e atualizando os resultados do projeto POSHIP (Platzer, 2015 e Schweiger, 2001), que aponta para a possibilidade de suprir até 4,4% do consumo total de calor na indústria nacional com energia solar térmica. O consumo de calor no sector industrial foi estimado considerando o consumo de energia na indústria em Portugal no ano de 2021 (DGEG, 2022) e uma fração de calor no consumo de energia na indústria em Portugal de aproximadamente 45%.

Considerando esses valores, o potencial técnico pode ser estimado em termos de potência instalada pela razão entre o potencial estimado para a produção anual de calor solar (obtido a partir da informação e pressupostos apresentados no parágrafo anterior) e a produtividade anual média típica destes sistemas (assumiu-se um valor de aproximadamente 0,754 kWh/(m² ano), idêntico ao identificado em trabalho anterior (Gonçalves, 2022) e o fator de conversão de área para potência (0,7 kWt/m²) convencionado pelo programa *Solar Heating and Cooling* da Agência Internacional de Energia.

DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Em termos nacionais, estimou-se um potencial técnico significativo para a energia solar térmica, aproximadamente de 13,2 milhões de metros quadrados de coletores solares, a que corresponderão 9,5 GW de potência térmica instalada. A Fig. 1 apresenta o potencial estimado por sector em termos de área de coletores, potência térmica instalada e geração anual de energia. Verifica-se uma elevada preponderância do sector residencial neste potencial (78,5%) em relação ao sector dos serviços (10,0%) e indústria (11,5%). Mesmo considerando que o potencial técnico estimado para o sector dos serviços e indústria possa estar subestimado, não se espera que a situação de preponderância dos edifícios residenciais no potencial do solar térmico venha a ser modificada de forma muito significativa. Em termos de potencial de geração de energia anual, estima-se um potencial total da ordem dos 7,93 TWh/ano, do qual 5,84 TWh/ano (73,6%) estão associados aos

edifícios residenciais, 0,95 TWh/ano (11,9%) aos edifícios de serviços e 1,14 TWh/ano (14,4%) à indústria.

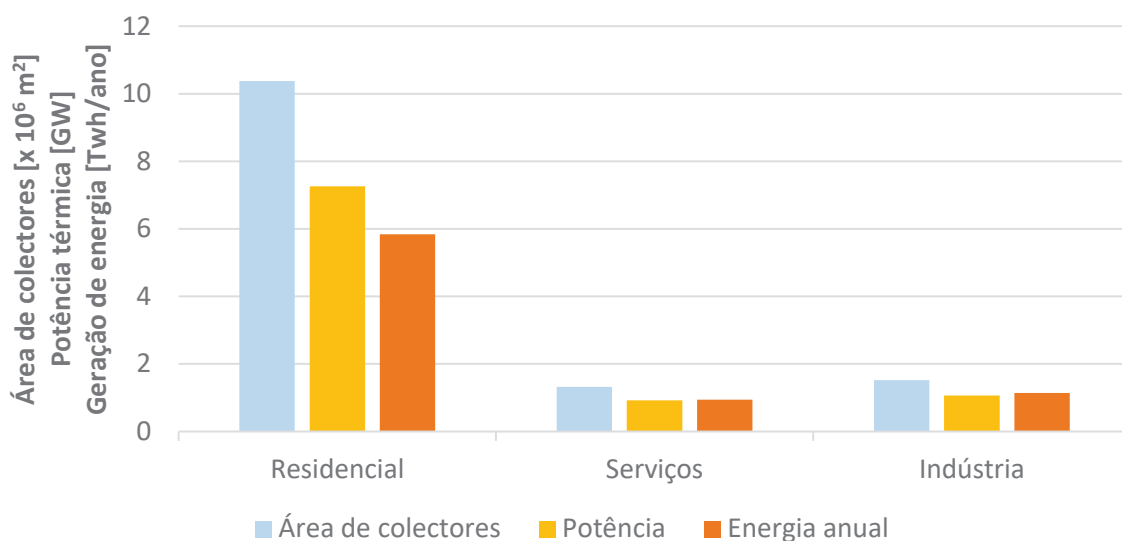


Fig. 1. Estimativa do potencial técnico por sector

A Fig. 2 apresenta o potencial técnico de geração anual de energia solar térmica, para o sector dos edifícios, por regiões NUTS III (excetua-se deste valor aquelas utilizações para as quais não se encontrou informação base por NUTS III, como parques de campismo, colónias de férias e pousadas da juventude e, no caso específico das Regiões Autónomas, piscinas cobertas e outras instalações desportivas). Verifica-se que, como esperado, o potencial tende a ser mais significativo nas regiões mais populosas. Não obstante a variação inter-regional do recurso solar disponível, dado que se utilizou uma metodologia baseada na procura, maior população implica maior número de alojamentos e tendencialmente, mas não garantidamente, de edifícios de serviços e como tal, maior procura de calor.

Comparando as Fig. 2 e 3, verifica-se que quando se observa apenas os edifícios de serviços, o peso relativo de cada região no potencial nacional é alterado, significando que ao contrário da componente residencial, o potencial técnico associado aos edifícios de serviços encontra-se menos correlacionado com a dimensão da população da região. Por exemplo, a região do Algarve que era a 3ª região com mais potencial quando se consideram para análise edifícios residenciais e de serviços passa para o 2º lugar. Da mesma forma a região autónoma da Madeira sobe consideravelmente de relevância quando se considera apenas o potencial associado a edifícios de serviços.

Na Fig. 4 apresenta-se a desagregação do potencial técnico nacional em termos de geração anual de energia solar térmica por tipologia de edifício de serviços. Verifica-se a importância do sector do alojamento turístico que representa 47% do potencial associado a edifícios de serviços, seguindo-se as instalações desportivas (23%) e os edifícios institucionais (21%). Estima-se que às piscinas cobertas e hospitais correspondam cerca de 5% e 4% deste potencial, respetivamente.

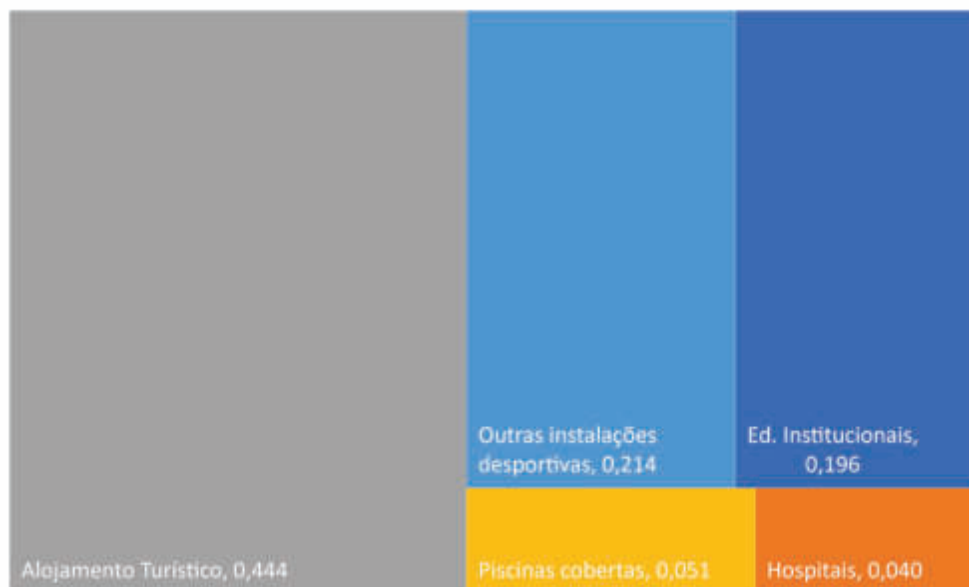


Fig. 4. Potencial técnico de geração anual de energia solar térmica (valores correspondem a TWh/ano) para o sector dos edifícios de serviços na totalidade do país

Destaca-se também a importância relativa do potencial associado ao alojamento turístico na região do Algarve, Alentejo Litoral e Regiões Autónomas da Madeira e dos Açores (Fig. 5).

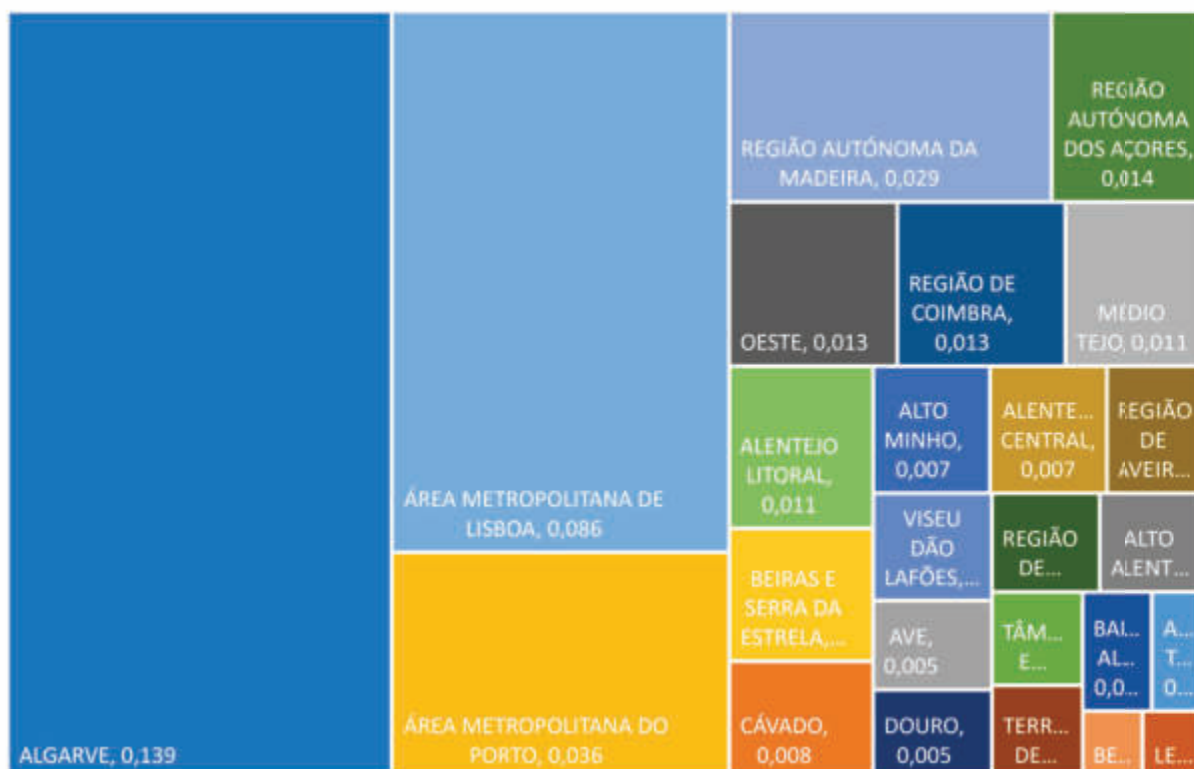


Fig. 5. Potencial técnico de geração anual de energia solar térmica (valores correspondem a TWh/ano) por regiões NUTS III para o sector do alojamento turístico (excluindo parques de campismo, colónias de férias e pousadas da juventude)

COMENTÁRIOS FINAIS

O solar térmico ativo, em particular o aquecimento de água com coletores solares, é uma forma de aproveitamento de energia de fonte renovável para o qual Portugal dispõe de um recurso energético de grande abundância e que carece de ser mais explorado. O presente trabalho atualiza estimativas anteriores com mais de 20 anos, mostrando-se claramente que existe um vasto potencial de aplicação, tendo sido possível identificar um potencial técnico correspondente a um limite superior da área exequível de instalação de coletores solares de cerca de 13,2 milhões de metros quadrados de coletores (correspondentes a cerca de 9,25 GW de potência térmica), com uma potencial de produção energética estimado em cerca 7,93 TWh.

Ressalva-se que os valores apresentados são estimativas do potencial técnico existente e sujeitas a um conjunto de limitações decorrentes da metodologia aplicada e da informação existente de entre as quais salienta-se:

- Esta estimativa de potencial é baseada na procura existente (ano de referência de 2021), não considerando a sua evolução futura;
- Não foram consideradas possíveis limitações de área de cobertura, um fator que poderá ser relevante sobretudo em edifícios multifamiliares;

- Alguns setores ou aplicações não foram analisados devido a limitações da informação disponível (por exemplo, a restauração) o que naturalmente reduz o potencial identificado;
- Por limitações da informação disponível, o potencial estimado para o setor industrial não considera aplicações a temperatura superior a 160°C;
- A estimativa do potencial no setor industrial utiliza resultados com mais de 20 anos e valores típicos, apresentando com tal maior incerteza.

De acordo com dados publicados pelo programa *Solar Heating and Cooling* da Agência Internacional de Energia, em 2021 Portugal tinha um total de 1316 764 m² de coletores instalados (Weiss, 2023). Ou seja, em 2021 estava a ser explorado em Portugal cerca de 10% do potencial técnico estimado para a energia solar térmica. Não obstante o potencial de mercado não ter sido estimado e ser, por definição, inferior ao potencial técnico, estes números indiciam que ainda existe uma margem de progressão significativa para a utilização de energia solar térmica no território nacional.

Futuros trabalhos deverão procurar ultrapassar as limitações mencionadas anteriormente de forma a reduzir a incerteza associada a estas estimativas. Adicionalmente, os autores planeiam desenvolver um trabalho subsequente que permita determinar a exequibilidade económica associada à utilização da energia solar térmica em Portugal, estimando desta forma o seu potencial económico.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado por fundos nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito do projeto PVT4EU (CETP/0004/2022) (<https://doi.org/10.54499/CETP/0004/2022>).

REFERENCIAS/REFERÊNCIAS

ASHRAE. ASHRAE Handbook - HVAC Applications (SI), Service Water Heating, Chapter 49 (2009). American

Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc., Atlanta, GA

DGEG. Assessment of District Heating and Cooling Potential in Portugal. DEIR Studies on the Portuguese Energy System 003. Directorate-General for Energy and Geology, Division of Research and Renewables, Lisbon, Portugal, January 2021.

DGEG - Direção Geral de Energia e Geologia (2022). Balanço Energético Nacional 2021 (versão provisória).

F-Chart, Klein A., Beckman W., F-Chart Software (2001).

Fuentes, E., Arce, L., Salom, J. (2018) A review of domestic hot water consumption profiles for application in systems and buildings energy performance analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, pp. 1530-1547.

Gonçalves H., Joyce, A., Silva, L., Fórum "Energias Renováveis em Portugal"- Uma contribuição para os objetivos de política energética e ambiental, ADENE/INETI, Dezembro 2002.

INE - Instituto Nacional de Estatística (2022) Inquérito aos Hospitais 2021.

INE - Instituto Nacional de Estatística (2022) Recenseamento da população e habitação - Censos 2021.

INE - Instituto Nacional de Estatística (2023) Inquérito à permanência de hóspedes na hotelaria e outros alojamentos 2021.

Lei Europeia em Matéria do Clima (LEMC), Regulamento (UE) 2021/1119 do Parlamento Europeu e do Conselho de 30 de Junho de 2021.

Manual do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, Despacho n.º 6476-H/2021, de 1 de julho.

Platzer, W (2015). Potential studies on solar process heat worldwide. International Energy Agency Solar Heating and Cooling Programme Task 49 Deliverable C5, IEA-SHC Task 49 and SolarPACES Annex IV.

PNEC 2030 - Plano Nacional Energia e Clima 2021-2030, versão provisória, Junho de 2023.

RNC2050 - Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (2019). Resolução do Conselho de Ministros n.º 107/2019, de 1 de Julho.

Schweiger, H., Mendes, J., Schwenk, C., Hennecke, K., Barquero, C., Sarvisé, A., et al. (2001). POSHIP - The Potential of Solar Heat for Industrial Processes, Barcelona, Lisbon, München, Köln, Madrid, Spain, 2001.

Simões, S.G., Simões, T., Barbosa, J., Rodrigues, C., Azevedo, P., Cardoso, J.P., Facão, J., Costa, P.S., Justino, P.A., Gírio, F., Reis, A., Passarinho, P., Duarte, L.C., Moura, P., Abreu, M., Estanqueiro, A., Couto, A., Oliveira, P., Quental, L., Patinha, P., Catarino, J., Picado, A. (2023) Estimativa de potenciais técnicos de energia renovável em Portugal: eólico, solar fotovoltaico, solar concentrado, biomassa e oceanos, 112 pp. LNEG: Relatório Técnico, Amadora, Portugal. Julho de 2023.

Sistema Nacional de Informação Desportiva (2023). Carta Desportiva (<https://www.snid.pt/carta-desportiva>).

SolTerm, Aguiar R., Carvalho M. J., SolTerm versão 5.3, LNEG (2017).

Walnum, H.T., Straby, K., Sorensen, A.L. (2021) Measurement of domestic hot water consumption in hotel rooms with different basin and shower mixing taps. E3S Web of Conferences 246, 04002.

Weiss, W., Spörk-Dür, M. (2023) Solar Heat Worldwide, Global Market Development and Trends 2022, Detailed Market Figures 2021, 2023 Edition, IEA Solar Heating & Cooling Programme.