

# OS MATERIAIS E A ENERGIA SOLAR DE CONCENTRAÇÃO

LUÍS GIL

Direção-Geral de Energia e Geologia, Divisão de Estudos, Investigação e Renováveis • luis.gil@dgeg.pt

## RESUMO

Este artigo refere aspetos relacionados com os materiais e a energia solar de concentração, quer os materiais necessários às infraestruturas e equipamentos usados na operação da energia solar de concentração, quer os materiais que podem ser estudados ou produzidos com recurso a este tipo de tecnologia. Baseia-se, sobretudo, nas comunicações apresentadas no último evento nacional neste domínio no nosso País, o 3.º Simpósio IPES – A concentração solar e o futuro, que ocorreu em 1-2 de fevereiro de 2016 em Évora.

## ABSTRACT

### Materials and concentrated solar power

This paper describes aspects related to materials and concentrated solar power, either the materials needed for the infrastructures and equipment used for concentrated solar power or the materials which may be studied or produced using this type of technology. The text is mainly based on the oral presentations in the last national event in this field, the 3<sup>rd</sup> IPES Symposium – Solar concentration and the future, held in 1<sup>st</sup>-2<sup>nd</sup> February 2016 in Évora.

## 1. INTRODUÇÃO

A tecnologia de energia solar de concentração pretende produzir energia renovável isenta de CO<sub>2</sub> sob a forma de eletricidade despachável usando armazenamento de energia térmica [1], podendo ser uma das energias renováveis mais “amigã” da rede. Esta tecnologia produz eletricidade concentrando os raios solares para aquecer, geralmente, um líquido ou um sólido que é então usado num processo a jusante para produzir eletricidade.

Numa análise à produção de energia elétrica renovável verifica-se facilmente a complementaridade da fração solar em relação à hídrica e à eólica [2], expressa no gráfico seguinte, o que é importante a nível do mix necessário ao País.

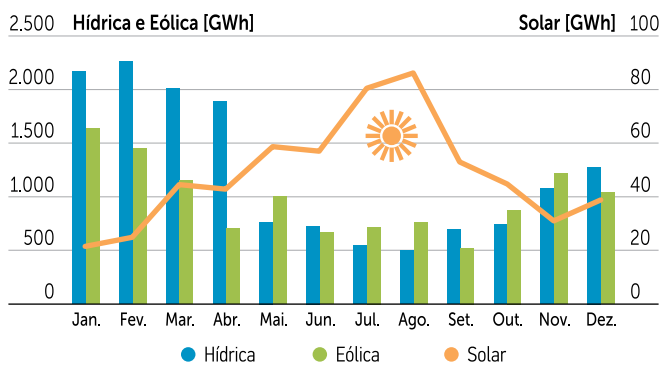


Figura 1 Complementaridade da geração de eletricidade renovável através das vias hídrica, eólica e solar (Fonte:[2])

Relativamente às tecnologias relacionadas existem vários tipos [3]. No caso dos refletores parabólicos lineares (atualmente a tecnologia dominante [4]), um espelho ou folha de alumínio parabólicos focam luz solar direta num tubo coletor colocado no ponto focal, podendo fazer-se o seguimento do movimento solar. No caso dos refletores lineares de Fresnel vários conjuntos de refletores quase planos focam-se num tubo recetor superior, podendo atingir-se temperaturas até 400°C. Nestes dois casos, água ou um óleo térmico são usados como fluido que passa nos tubos e faz a transferência de calor. Nas centrais com recetor em torre, uma série de refletores [heliostato], geralmente com sistema de seguimento, focam-se no mesmo, sendo que esta tecnologia tem mais potencial em termos de eficiência e de redução de custos [4]. Neste último caso podem haver várias configurações (heliostato circular, multi-torre, reflexão secundária etc.) e as instalações servirem, por exemplo, para aquecimento de sais fundidos e produção de vapor de água [4].

## 2. PRODUÇÃO E TESTE DE MATERIAIS USANDO ENERGIA SOLAR DE CONCENTRAÇÃO

A obtenção de altas temperaturas a partir da energia solar de concentração permite efetuar estudos em ciência dos materiais e produzir e testar novos materiais.

A indústria do cimento é um processo de energia intensiva que recorre normalmente a grandes quantidades de energia fóssil para a decomposição do carbonato de cálcio e a clinquerização a altas

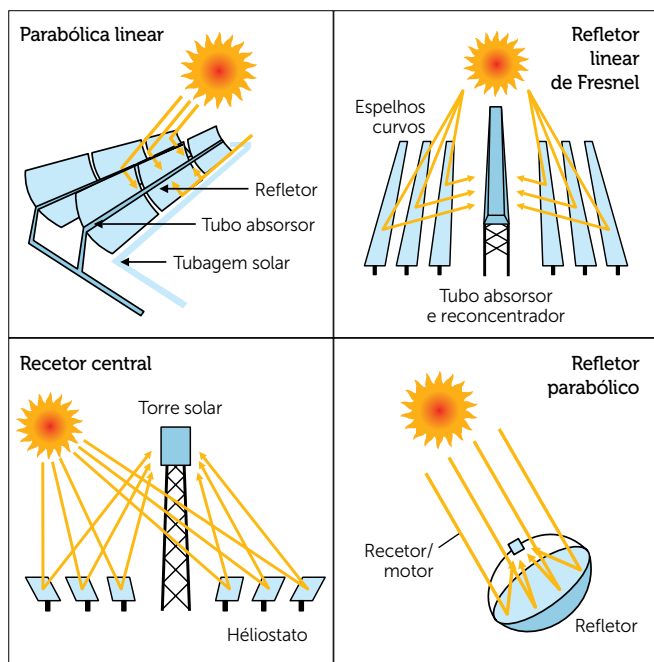


Figura 2 Diferentes tipos de tecnologias de energia solar de concentração (traduzido e adaptado de JRC Scientific and Technical Reports (2011), Technology Map of the European Strategic Energy Technology Plan (SET-Plan), p. 23-24)

temperaturas (900-1450°C) [5]. A calcinação direta e num único passo com energia solar evita a formação de contaminantes gasosos e diminui a quantidade de CO<sub>2</sub> emitido [5].

Numa revisão sobre o processamento de materiais usando energia solar de concentração [6] é referenciada a síntese de fulerenos e de nanotubos de carbono, o endurecimento superficial de aço, a sinterização de cobre e de alumina e a produção de espumas de alumínio. São apontadas várias vantagens na utilização desta tecnologia: podem ser tratadas superfícies maiores do que com tecnologia laser ou de plasma, consegue-se um maior aquecimento e acresce ainda o facto de ser adequada para materiais que absorvam radiação na gama do visível. Como desvantagem refere-se que a intensidade da fonte de energia pode variar ao longo do tempo, conduzindo a não homogeneidade no aquecimento o que prejudica a utilização no fabrico de materiais cerâmicos [7].

Foi estudada [6] a síntese em estado sólido de carbonetos, carbonitreto e nitreto de alguns metais de transição do grupo d da Tabela Periódica usando aquecimento solar (Plataforma Solar de Almeria e CNRS). Os fornos solares permitem que os materiais sejam processados com velocidades de aquecimento e/ou de arrefecimento muito mais elevadas quando em comparação com os fornos elétricos correntes [8]. Foi estudada a sinterização-consolidação de cerâmicas óxidas e não óxidas. No estudo foram usados feixes de energia solar concentrada como fonte alternativa de aquecimento (com temperaturas de 1400-1600°C). Estes materiais muito duros, com elevado ponto de fusão e elevada condutividade elétrica e térmica, são geralmente usados em revestimentos de ferramentas de corte e como protetores contra a corrosão.

Foi também estudada a sinterização solar de cerâmicas mais complexas de cordierite [6] [8], com temperaturas mais baixas (950°C) a partir de misturas em pó através de aquecimento indireto. Concluiu-se que ainda havia alguns problemas técnicos a ultrapassar relacionados com os gradientes térmicos (controlo do aquecimento)



Figura 3 Câmara de reação para a síntese de carbonetos, carbonitreto e nitreto de metais de transição do grupo d no PROMES-CNRS [Foto gentilmente cedida pelo Doutor Fernando Oliveira]

e a precisão da medição das temperaturas. No entanto, podem ser apontadas algumas vantagens, como tempos de processamento bastante reduzidos associados ao respetivo aumento de produtividade e a diminuição da emissão de CO<sub>2</sub>.

Um domínio em que a tecnologia de concentração solar pode ainda ser usada é no teste de materiais, por exemplo, dos materiais a serem usados em engenharia espacial, simulando a reentrada de uma nave espacial na atmosfera [7].



Figura 4 Síntese de TaC sob aquecimento solar direto a 1600°C em atmosfera de argon [Foto gentilmente cedida pelo Doutor Fernando Oliveira]

### 3. UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS NA PRODUÇÃO DE ENERGIA VIA CONCENTRAÇÃO SOLAR

A tecnologia atual, a nível de materiais-chave, no que se refere aos refletores, assenta em vidro com um revestimento de prata. A corrosão da prata é evitada através do uso de cobre e, para polimento, é usado cério. Os refletores podem ser também feitos de alumínio. Os absorvedores são feitos de ligas metálicas para alta temperatura [por exemplo, ligas de cobalto]. Sais de potássio e de sódio podem ser usados como líquidos de transferência de calor ou de armazenamento térmico [9].

Um trabalho desenvolvido sobre potenciais restrições de materiais para a utilização em larga escala de produção de energia solar de concentração mostrou que esses receios eram infundados até porque a maior parte dos materiais necessários são correntes [10]. Ao abordar a tecnologia de concentração solar (cilindro-parabólica) em tubo de vácuo, um investigador do DLR (Instituto de Pesquisa Solar, Colónia, Alemanha) [11] aponta como alternativa de futuro a utilização de estruturas em betão sendo que a utilização de novos materiais será essencial para a melhoria da competitividade desta tecnologia.

Revestimentos de carbonetos, nitretos e carbonitretos, com elevado ponto de fusão, podem ser usados em várias aplicações solares [6]. As espumas de grafite (excelente condutividade térmica e baixo coeficiente de expansão térmica) impregnadas com materiais de mudança de fase poderão vir a ser os materiais-chave para capturar, armazenar e descarregar energia térmica nas centrais solares de concentração [12].

A energia solar de concentração tem no armazenamento de energia um dos seus grandes auxiliares para aumento da sua eficiência e despachabilidade e mesmo sustentabilidade económica. Um dos meios para proceder a esse armazenamento é através de materiais de mudança de fase [12] [13], armazenando calor latente, por exemplo sais inorgânicos com transições sólido-líquido ou mesmo ligas metálicas. Um dos meios a ser estudado para melhorar o seu desempenho é o da introdução de nanomateriais (por exemplo, nanopartículas de sílica ou alumina) ao meio de armazenamento [14] ou ainda o uso de misturas de carbonatos e nitratos de lítio e de cério [15] e o uso de sais à base de lítio e espumas de cobre [16]. Os sais inorgânicos podem trazer grandes problemas de corrosividade aos elementos que contactam.

Existe ainda a possibilidade de o armazenamento se efetuar em betão, rocha, cerâmicos ou mesmo areia, sendo este domínio, o de novos materiais para armazenamento, um dos grandes desafios que se colocam e em que se desenvolve investigação [15]. Neste momento é desenvolvida investigação para se obterem misturas de betão com maior capacidade de retenção de calor e de melhor desempenho aos ciclos térmicos e no que se refere à interação entre o material sólido e os sais fundidos [15].

Foi desenvolvido um novo material à base de nanopartículas [17] que absorve e converte em calor mais de 90% da luz do sol que captura. Este material pode suportar temperaturas até 700°C e tem grande durabilidade. Este nanomaterial é revestido com boreto de silício e apresenta uma superfície multi-escala com partículas variando de 10 nanómetros até 10 micrómetros.

Um campo muito importante no domínio do binómio energia solar/materiais é o da durabilidade dos materiais quando expostos aos elementos atmosféricos. A durabilidade de um material é a capacidade de resistir à degradação e subsequente perda de funcionalidade devido a ações exteriores. A degradação pode ser efetuada por via química, mecânica, térmica, radiação ou por combinação destas. A corrosividade ambiental tem como fatores principais a temperatura, pluviosidade e humidade, dióxido de enxofre, cloro e radiação UV, o que tem grande impacto na durabilidade dos materiais [18].

Um dos campos futuros de trabalho a nível dos materiais para a energia solar de concentração é o desenvolvimento de novas espumas cerâmicas porosas reticuladas para as câmaras de reação dos novos reatores químicos solares, por exemplo ecocerâmicas

biomiméticas com base na estrutura da cortiça [18]. Outro campo é o do aumento da refletividade dos refletores e mesmo da obtenção de refletores com capacidade de autolimpeza. É também feita referência ao desenvolvimento de novos tubos cerâmicos para os recetores das torres solares [4]. Está ainda prevista a incorporação de negro de fumo na estrutura das espumas de grafite dos recetores, para aumentar a absorção da luz solar [12].

## 4. CONCLUSÃO

A produção de eletricidade através da tecnologia de energia solar de concentração está em crescimento mas, embora esta seja uma tecnologia madura, continua a ter desenvolvimentos tecnológicos, área em que os materiais desempenham um papel de relevo.

## Referências

- [1] Hennecke, K., Wittmann, M. (2016). Évora molten salts platform. 3.º Seminário IPES – A concentração solar e o futuro. Évora.
- [2] Costa, A. (2016). A evolução do setor da eletricidade renovável em Portugal. 3.º Seminário IPES – A concentração solar e o futuro. Évora.
- [3] Azevedo, P. (2016). Industrial Applications. 3.º Seminário IPES – A concentração solar e o futuro. Évora.
- [4] Sanchez, M. (2016). Solar towers: state of the art and R&D trends. 3.º Seminário IPES – A concentração solar e o futuro. Évora.
- [5] Olalde, G., Flamant, G. (2016) Solar high-temperature processes for industry [solar calcination]. 3.º Seminário IPES – A concentração solar e o futuro. Évora.
- [6] Oliveira, F. (2016). Solar processing of refractory materials. 3.º Seminário IPES – A concentração solar e o futuro. Évora.
- [7] Lemos, J. (2016). Control of concentration solar plants. 3.º Seminário IPES – A concentração solar e o futuro. Évora.
- [8] Oliveira, F. et al. (2015). Solar sintering cordierite-based ceramics at low temperatures. *Solar Energy*, 78, 351-361.
- [9] <https://setis.ec.europa.eu/mis/technology/concentrated-solar-power> [acedido em 21-03-2016]
- [10] Pihl, E. et al. (2012). Materials constraints for concentrating solar thermal power. *Energy*, 44 (1), 944-954.
- [11] Hennecke, K. (2016). Parabolic Trough Technology State of the Art and New Developments. 3.º Seminário IPES – A concentração solar e o futuro. Évora.
- [12] Badenhorst, H., Fox, N., Mutalib, A. (2016). The use of graphite foams for simultaneous collection and storage of concentrated solar energy. *Carbon*, 99, 17 – 25. DOI: 10.1016/j.carbon.2015.11.071.
- [13] Rojas, E. (2016). Thermal and Thermochemical Storage. 3.º Seminário IPES – A concentração solar e o futuro. Évora.
- [14] Miliozzi, A. et al. (2015). Experimental Analysis of Heat Transfer in Passive Latent Heat Thermal Energy Storage Systems for CSP Plants. *Energy Procedia*, 82, 730–736.
- [15] Guerreiro, L. (2016). Thermal energy storage: new concepts. 3.º Seminário IPES – A concentração solar e o futuro. Évora.
- [16] Cáceres, G. et al. (2016). Review of Thermal Materials for CSP Plants and LCOE Evaluation for Performance Improvement using Chilean Strategic Minerals: Lithium Salts and Copper Foams. *Sustainability*, 8, 106. DOI:10.3390/su8020106.
- [17] <http://phys.org/news/2014-10-solar-power-material-percent-captured.html> [acedido em 21-03-2016]
- [18] Diamantino, T. (2016). CSP materials durability: LNEG's experience. 3.º Seminário IPES – A concentração solar e o futuro. Évora.