

INIESC: INFRAESTRUTURA NACIONAL DE INVESTIGAÇÃO EM ENERGIA SOLAR DE CONCENTRAÇÃO**Horta P.*, Canavarro D.*, Azevedo P.****

* Universidade de Évora/Cátedra Energias Renováveis, Casa Cordovil,
Rua D. Augusto Eduardo Nunes, n.7 7000-651 Évora, Portugal, phorta@uevora.pt, diogocvr@uevora.pt
** Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I.P., Estrada do Paço do Lumiar, 22
1649-038 Lisboa, Portugal, pedro.azevedo@lneg.pt

<https://doi.org/10.34637/cies2020.1.2026>

RESUMO

A INIESC, Infraestrutura Nacional de Investigação em Energia Solar de Concentração, parte integrante do Roteiro Nacional de Infraestruturas de Investigação, apresenta-se como a infraestrutura experimental de referência, em Portugal, no domínio das tecnologias e aplicações da energia solar a média e alta temperatura. Liderada pela Universidade de Évora e desenvolvida em parceria com o Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I.P., a infraestrutura conta com dois pólos: Évora e Lisboa. Visando investigação que promove uma potenciação do contributo da energia solar na descarbonização de diferentes sectores da economia – geração eléctrica, transportes, gestão do sistema energético, comunidades energeticamente independentes, processos industriais – as actividades da INIESC abarcam tópicos que incluem, e.g., o desenvolvimento de tecnologias de colectores, o armazenamento de energia, a produção de combustíveis por via solar e a durabilidade de materiais. Neste artigo apresenta-se o estado actual de desenvolvimento da infraestrutura, assim como um resumo das actividades de I&D nela desenvolvidas até ao presente.

PALAVRAS-CHAVE: Energia Solar de Concentração, Infraestruturas de Investigação

ABSTRACT

INIESC, the National Research Infrastructure on Concentrated Solar Energy, part of the National Roadmap of Research Infrastructures, stands as the Portuguese reference experimental Research Infrastructure on the field of solar concentrating technologies at medium and high temperature solar energy applications. Led by the University of Évora and developed in partnership with the National Laboratory of Energy and Geology, I.P., the infrastructure has two nodes: Évora and Lisbon. Aiming at the development of research promoting a wider contribution of solar energy in the decarbonization of different economic sectors – e.g. power generation, transportation, energy system management, energy autonomous communities, industrial processes – INIESC activities spread to topics which include the development of collector technologies, energy storage or production of solar fuels and durability of materials. The present paper describes the current status of development of the infrastructure, as well as a summary of the R&D activities therein developed so far.

KEYWORDS: Solar Energy Concentration, Research Infrastructures

INTRODUÇÃO

A INIESC, Infra-estrutura Nacional de Investigação em Energia Solar de Concentração (Projecto ROTEIRO/0298/2013, AAC nº 01/SAICT/2016 - Candidatura nº 022113) é um projecto integrado no Roteiro Nacional de Infraestruturas de Investigação (FCT, 2014), fruto da colaboração entre a Universidade de Évora – Cátedra Energias Renováveis (UEVORA) (Universidade de Évora, 2010) e o Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I.P. (LNEG) (LNEG, 2014).

Tendo como objectivo o aumento da contribuição da energia solar para as estratégias de descarbonização da economia nacional através de actividades de I&D e de colaboração com a indústria, a INIESC tem como cerne da sua actividade a energia solar de concentração, enquadrando ainda tópicos relacionados com energia solar fotovoltaica, armazenamento de energia, sistemas híbridos, combustíveis solares, durabilidade de materiais e formação qualificada.

Com início em Março de 2017, o projecto visa não apenas o desenvolvimento e construção de infraestrutura experimentais, mas também o desenvolvimento de actividades organizadas em nove tópicos:

- Actividade A0: *Bringing to completion the testing platforms*
- Actividade A1: *Solar concentrators for thermal conversion of solar radiation*
- Actividade A2: *Standardized methods and experimental testing of solar concentrators*
- Actividade A3: *Solar energy storage*
- Actividade A4: *Solar fuels*
- Actividade A5: *Application and system demonstration*
- Actividade A6: *Solar materials and components*
- Actividade A7: *Promotion and dissemination*
- Actividade A8: *Training and capacity building*

A construção e comissionamento das diferentes infraestruturas experimentais formam a base para a realização das actividades experimentais previstas para a INIESC, que incluem o ensaio à escala industrial de concentradores solares para a produção de electricidade, calor para indústria, o estudo e ensaio de sistemas de armazenamento de energia a alta temperatura ou a selecção de materiais para os componentes associados à utilização de diferentes fluidos de transferência térmica, com realce para a utilização de sais fundidos. Neste artigo apresenta-se o estado actual de desenvolvimento da infraestrutura, assim como um resumo das actividades de I&D nela desenvolvidas até ao presente.

A INFRAESTRUTURA EXPERIMENTAL

A infraestrutura experimental da INIESC, apresenta como recursos infraestruturais mais relevantes as plataformas experimentais Évora Molten Salt Platform (EMSP), a Plataforma de Ensaio de Concentradores Solares (PECS) e a Solar Tower Testing Facility 100 (STTF100), a que se somam infraestruturas votadas à caracterização de materiais, aos processos de alta temperatura e à computação com ênfase na simulação de equipamentos e sistemas. Está dividida em dois pólos:

- Évora: sob a responsabilidade da UEVORA e com um maior enfoque no desenvolvimento e ensaio de tecnologias de concentração e na demonstração de aplicações a média e alta temperatura;
- Lisboa: sob a responsabilidade do LNEG e com um maior enfoque na selecção de materiais e aplicações a alta temperatura, em ensaios de durabilidade de materiais e no desenvolvimento de simulações de componentes e/ou sistemas, mas também desenvolvendo capacidades de trabalho experimental em altas temperaturas.

INIESC – Pólo de Évora

A infraestrutura experimental disponível no Pólo de Évora da INIESC inclui quatro instalações dedicadas à geração termoelectrica solar com base em sais fundidos, ao ensaio de concentradores solares, ao desenvolvimento e integração de sistemas fotovoltaicos com armazenamento eléctrico e ao estudo e mapeamento de recurso solar, respectivamente.

EMSP – Évora Molten Salt Platform

Votada ao estudo e demonstração de campos solares, sistemas de armazenamento térmico, *Balance of Plant* e sistemas de controlo de centrais CSP (geração termoelectrica via Solar Térmico de Concentração) utilizando sais fundidos como fluido de transferência e armazenamento de energia, esta infraestrutura consiste, no presente, numa central CSP experimental baseada no conceito de colectores Cilindro-Parabólicos de grande abertura com circulação de sais fundidos e armazenamento térmico a dois tanques (Figura 2a).

Com uma potência de $3,6 \text{ MW}_{\text{th}}$ e capacidade para geração de vapor em circuito fechado a uma temperatura máxima de 560°C , esta componente da INIESC está em desenvolvimento em parceria com o Consórcio alemão do Projecto HPS-2 (DLR, 2016), liderado pelo DLR – Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (German Aerospace Center) e contando com a participação de parceiros industriais de relevo no domínio do CSP: TSK Flagsol, eltherm, YARA, Steinmüller, Rioglass e Innogy. Com inauguração prevista para o último trimestre de 2020, o projecto assenta nos seguintes desenvolvimentos principais:

- desenvolvimento de colectores Cilindro-Parabólicos de grande abertura com circulação directa de sais fundidos;
- desenvolvimento de armazenamento térmico de sais fundidos a dois tanques;
- elevação da temperatura de operação dos usuais 450°C para 560°C .

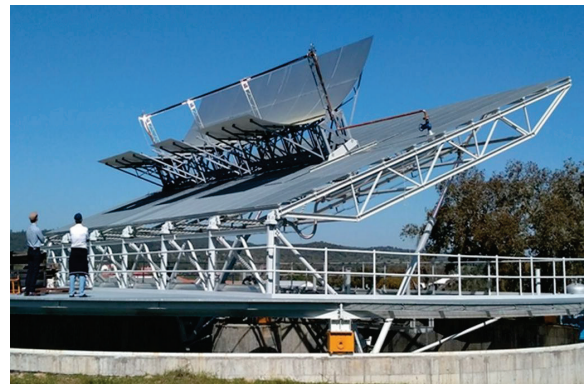
A central permitirá a demonstração técnica da operação com sais fundidos a alta temperatura, visando a obtenção de experiência relevante para o estabelecimento deste conceito tecnológico em centrais CSP de cariz comercial.

PECS – Plataforma de Ensaio de Colectores Solares

Plataforma de ensaio de concentradores solares com seguimento a 2 eixos e área de instalação de protótipos de 234 m^2 , permitindo a caracterização óptica e térmica de concentradores de acordo com a norma ISO 9806:2017 em circuito de óleo térmico até temperaturas máximas de operação de 380°C (Figura 1 b).



(a)



(b)

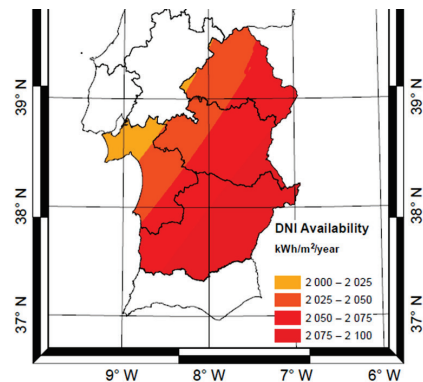
Figura 1: Plataformas de ensaio na Herdade da Mitra: (a) vista geral do campo solar, composto por duas filas de concentradores do tipo cilindro-parabólicos em ligação com um sistema de armazenamento de energia com sais fundidos (EMSP); (b) ensaio experimental de um módulo do tipo cilindro-parabólico na plataforma PECS.

DNI- Solar Radiation Monitoring Network

Por forma a quantificar os níveis de radiação solar directa, levou à instalação de uma rede de 13 estações essencialmente na zona sul de Portugal (região do Alentejo). Esta rede foi levada a cabo no âmbito do projecto DNI-Alentejo [11], estando esta atividade também enquadrada na INIESC. Na Figura 2 mostra-se um exemplo de uma estação e os valores de DNI esperados na região do Alentejo.



(a)



(b)

Figura 2: Medição de DNI: (a) estação instalada na Herdade da Mitra da Universidade de Évora; (b) Disponibilidade média anual de DNI na região do Alentejo.

PV – infraestrutura de sistemas fotovoltaicos e armazenamento eléctrico

No domínio do controlo e armazenamento em sistemas fotovoltaicos, foram efectuados estudos e ensaios de armazenamento de energia eléctrica em baterias de diferentes tipos, com acoplamento a sistemas fotovoltaicos. A Figura 4 mostra algumas das soluções implementadas e ensaiadas até ao momento. Estes trabalhos foram efetuados também ao abrigo dos projetos PVCROPS (PVCROPS, 2012) e MASLOWATEN (MASLOWATEN, 2015).



Figura 3: Sistemas de armazenamento de energia eléctrica: (a) sistema de 3,3 kW de PV (silício-amorfo); (b) bateria de fluxo Vanádio Redox com 60 kWh de capacidade.

INIESC – Pólo de Lisboa

A infraestrutura experimental disponível no Pólo de Lisboa da INIESC inclui uma instalação de testes em torre solar, um laboratório de materiais e revestimentos, bem como bancadas de ensaios dedicadas a estudo de materiais para produção de combustíveis solares por electrólise e à conversão termoquímica de biomassa. A infraestrutura disponível no Pólo de Lisboa inclui ainda um cluster computacional para simulação de componentes e/ou sistemas.

STTF100 – Solar Tower Testing Facility 100

Esta infraestrutura consiste num concentrador solar do tipo sistema de receptor central, composto por um campo de helióstatos que concentra a radiação solar num receptor/reactor localizado no topo de uma torre. A potência térmica nominal é da ordem dos 100 kW_{th} e a temperatura de operação encontra-se entre os 500 e 1000 °C. Esta infraestrutura permite desenvolver actividades de I&D e serviços nas áreas de: sistemas concentradores de foco pontual; sistemas solares térmicos para aplicações termoquímicas (incluindo combustíveis sintéticos e produção de hidrogénio); e sistemas solares térmicos para síntese e estudo de materiais. O campo solar é composto por 36 helióstatos rectangulares com 6,2 m² de área bruta, dispostos num padrão do tipo *staggered field*. A torre tem uma altura de 14,5 m com 3 pisos e uma plataforma de trabalho com 9 m² de área útil.

Laboratório de Materiais e Revestimentos

O Laboratório de Materiais e Revestimentos (LMR), acreditado segundo a NP EN ISO/IEC-17025, é um centro especializado em corrosão, proteção anticorrosiva de materiais e revestimentos e na sua durabilidade, que desenvolve actividades de I&D e presta serviços avançados para a Indústria em termos de projetos, peritagens, consultoria, estudos e ensaios. As actividades do LMR estão particularmente direccionadas para a durabilidade de materiais para sistemas de energia. O financiamento da INIESC permitiu melhorar a resposta do laboratório através da aquisição de um difractómetro de Raios-X (XRD), que se verifica um instrumento crucial para executar análises qualitativas e quantitativas de materiais policristalinos através da identificação das fases químicas ou de compostos químicos e para obter conhecimento sobre os mecanismos de degradação e durabilidade de diferentes materiais.

Bancada electrólise

Bancada de teste com equipamento e componentes com o objectivo de implementar aumento progressivo de escalonamento nas células e módulos do electrolisador com abordagem a problemas de materiais e configurações num programa muito abrangente. Entre os equipamentos e componentes encontram-se células electrolíticas, circuito de oxigénio, circuito de vapor, sistema de arrefecimento, pré-aquecedor do ar, compressor, separadores e reguladores de mistura.



Figura 4: Bancada laboratorial para investigação de materiais para a produção de combustíveis solares por eletrólise de alta temperatura e ciclos termoquímicos.

Cluster de computação (HPC)

O LNEG encontra-se dotado de um cluster de computação de elevado desempenho (HPC). Entre outros componentes, este cluster é constituído por 96 cores de computação em 6 processadores Intel Xeon Processor E5-2683 v4, 768 Gbytes em 24 módulos de memória e 32Tbytes de armazenamento em 8 discos configurados por hardware em vector RAID-5. A comunicação interna ao cluster adopta o padrão InfiniBand FDR14, com um máximo de 56 Gbits/s.

Entre outros, os principais serviços disponibilizados encontram-se:

- Simulação de Dinâmica de Flúidos Computacional (CFD);
- Simulação de sistemas transientes (incluindo estudo de centrais CSP e de componentes);
- Simulação óptica de sistemas concentradores solares através de *ray-tracing*; e
- Tempo de computação para teste de aplicações computacionais.

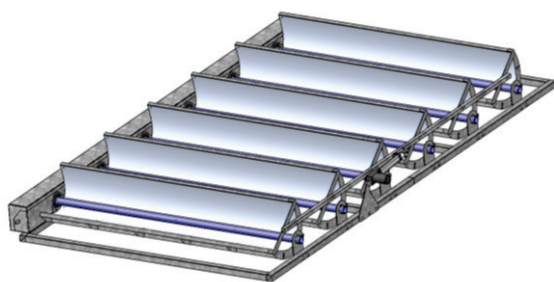
ACTIVIDADES DE INVESTIGAÇÃO

Tendo-se iniciado actividades de investigação em todos os tópicos previstos no projecto, podem realçar-se até ao presente as actividades no domínio do desenvolvimento de concentradores solares e no domínio do armazenamento térmico com sais fundidos.

Desenvolvimento de concentradores solares

Com enquadramento na Actividade A1, foram desenvolvidas diferentes soluções para calor de processo industrial e produção de electricidade por via termosolar.

No âmbito do projeto SHIP (SHIP, 2019), foi desenvolvido um novo protótipo otimizado para uma instalação específica em Évora, do tipo QS-CPC (Concentrador Parabólico Composto Quase-Estacionário). Foi instalado na plataforma de ensaio PECS um módulo deste concentrador e ensaiado de acordo com a norma de ensaio (ISO 9806) para a sua caracterização óptica e térmica (Osório et al., 2019). A Figura 5 mostra alguns detalhes do coletor. Neste projeto, um campo solar constituído por 40 módulos foi instalado para o fornecimento de calor a processos industriais da empresa Kemet Electronics Portugal em Évora (Kemet Electronics, 2020). A configuração instalada em Évora tem uma área de abertura de 4,61 m² para uma concentração efectiva de 2,64X (correspondendo a um semi-ângulo de aceitação de 10°).



(a)



(b)

Figura 5: Coletor QS-CPC: (a) esquema conceptual; (b) construção pela empresa portuguesa MCG e em testes de durabilidade na estação de ensaios atmosférica de Sines (LNEG).

No âmbito do projecto ALFR-Alentejo (ALFR-ALENTEJO, 2020), foi desenvolvida uma solução inovadora Advanced Linear Fresnel Reflector (ALFR), como se mostra na Figura 6. Este concentrador foi desenvolvido para uma concentração de 45X, pretendendo-se operar até temperaturas de 560°C usando sais fundidos como fluido de transferência de calor e meio de armazenamento. Serão instalados dois protótipos: (1) protótipo de 440 m² instalado na plataforma EMSP para ensaio até 560°C e (2) protótipo de 44 m² na plataforma PECS para ensaios até 400°C.

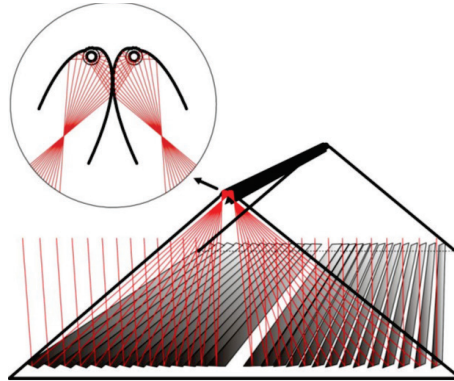
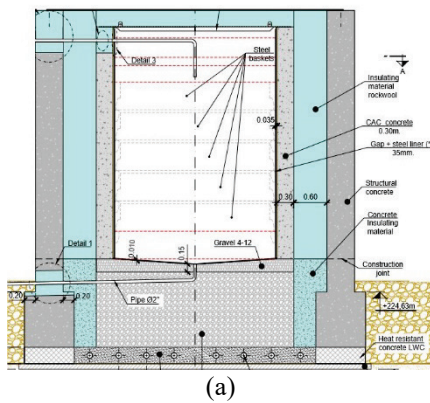


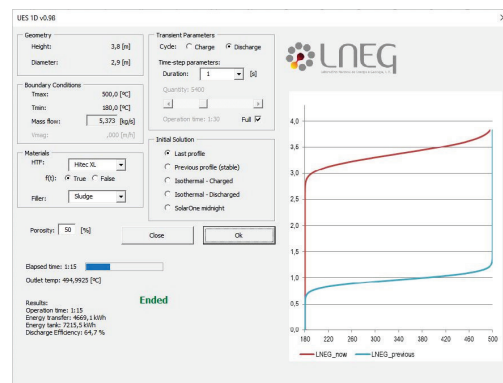
Figura 6: Concentrador Advanced Linear Fresnel Reflector.

Armazenamento térmico com sais fundidos

No âmbito do projecto H2020 NewSOL (NEWSOL, 2017) encontra-se a ser construído um sistema de armazenamento em tanque único Figura 7a) na plataforma EMSP. A modelação deste tanque foi realizada com recurso ao modelo UES_1D do LNEG de forma a estudar o comportamento do tanque para permitir a operacionalização do mesmo (Figura 7b), bem como conhecer o decaimento temporal da estratificação tanque e, adicionalmente, através do desenvolvimento de um modelo 2D, também no LNEG, com vista ao estudo da distribuição de temperatura na distância radial do tanque (Figura 8) e à quantificação das perdas térmicas pelas envolventes do tanque, com ênfase na envolvente vertical e na horizontal de topo.



(a)



(b)

Figura 7: Tanque único de armazenamento de energia térmica em calor sensível: (a) Corte vertical pela corda máxima; (b) Modelo UES_1D.

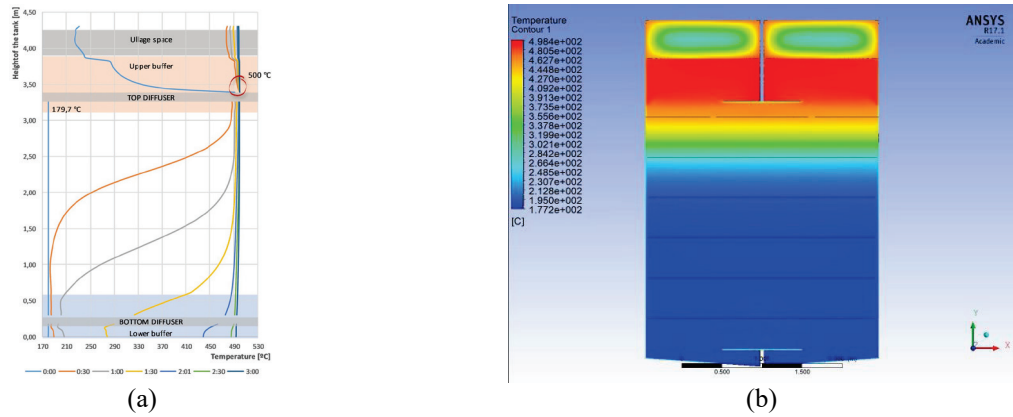


Figura 8: Tanque único de armazenamento de energia térmica em calor sensível: (a) Corte axial pela corda máxima; (b) Modelo UES_1D.

A construção do protótipo piloto, com uma capacidade térmica total de 3,1 MW_{th} conclui-se com o comissionamento e ensaio previstos para o início de 2021.

Combustíveis solares

No âmbito do projecto Ambition (H2020) (Ambition, 2016) foram realizados ensaios de gasificação de diferentes tipos de biomassa para estudar o efeito das condições experimentais, nomeadamente: temperatura de gasificação, tipo de agente de gasificação e respectivos caudais, presença e tipo de catalisador, para além das características da biomassa a gasificar.

Desenvolvimento de uma base de dados de publicações dedicadas à conversão termoquímica solar (ver Figura 9). Esta base de dados inclui reatores solares com utilização de radiação direta e de utilização de calor por via da conversão da radiação solar, potência térmica absorvida pelos reatores e inclui os processos de termoquímicos de gasificação, pirólise e reações de oxirredução. Entre os parâmetros analisados encontram-se a temperatura, pressão, tempos de reação ou de residência, composição química da matéria prima, composição da atmosfera reaccional, produção de combustíveis solares, nomeadamente hidrogénio, hidrocarbonetos e monóxido de carbono, eficiência de conversão, etc. Este trabalho tem vindo a ser desenvolvido no âmbito do projeto SFERA-III (H2020) (SFERA-III, 2019) e será também utilizado na concepção de reatores de gasificação para síntese de combustíveis solares.

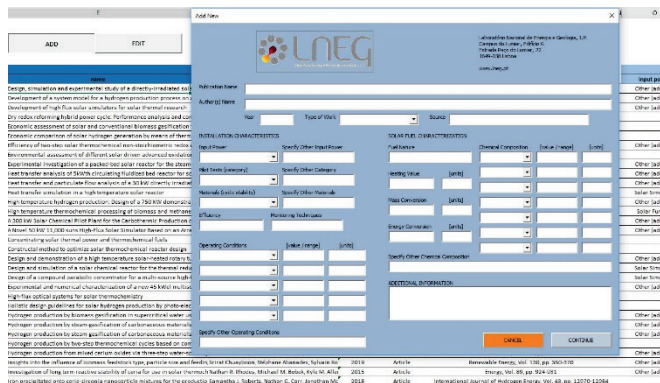


Figura 9: Interface gráfica da base de dados relativa à revisão bibliográfica.

Encontra-se, ainda, em curso um projecto nacional que visa a produção de hidrogénio pela via termoquímica solar, utilizando eco cerâmicas de céria com a estrutura de cortiça. O material redox à base de céria com grau de pureza 99,9%, desenvolvido para o efeito pela Universidade de Aveiro, foi ensaiado, com êxito, na produção de CO a partir de CO₂, num forno solar do laboratório PROMES do CNRS, em Odeillo (França) utilizando a energia solar concentrada como fonte de aquecimento renovável, em 2017 (Figura 10).



Figura 10: Ensaios de produção de CO pela via termoquímica solar usando energia solar concentrada como fonte de aquecimento (a) forno MSSF do PROMES-CNRS, (b) grânulos de céria com estrutura celular da cortiça após ensaio.

Materiais

Foram também estudadas, durante este período e ainda no âmbito do projeto H2020 NewSOL [11], misturas de sais alternativas. Foram realizados diversos estudos a nível laboratorial para caracterizar três misturas de sais distintas: 1 sal binário (Na-K NO₃) e 2 sais ternários (Na-K-Ca NO₃ e Na-K-Li NO₃). A caracterização incidiu nos seguintes aspectos: determinação do ponto de fusão, perda de massa, variação de propriedades com a temperatura (viscosidade, densidade, condutividade térmica), estabilidade da mistura a fim de definir a temperatura máxima de operação. Na Figura 11 apresenta-se um gráfico que indica a temperatura de fusão para diferentes misturas com base nos resultados obtidos.

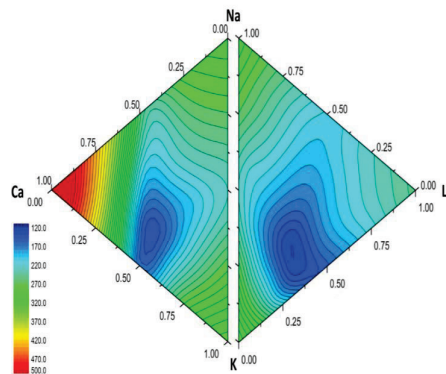


Figura 11: Representação gráfica dos pontos de fusão para diferentes misturas ternárias de sais fundidos.

Além da caracterização das misturas foi estudada a estabilidade térmica das misturas ternárias até 4000 h, tendo-se verificado que a temperatura máxima de operação se deverá situar nos 500 °C, para a mistura de cálcio, e nos 470 °C para a mistura de lítio. A essas temperaturas, as misturas são consideradas termicamente estáveis com baixa decomposição de nitratos e de óxidos, e baixa formação de carbonatos (Figura 12). Deste modo a gama de temperaturas adequadas para a utilização destes sais são de 170 °C (30 °C acima do ponto de fusão) a 500 para o Ca-K-Na NO₃ e de 150 (30 °C acima do ponto de fusão) a 470 °C para o Li-K-Na NO₃.

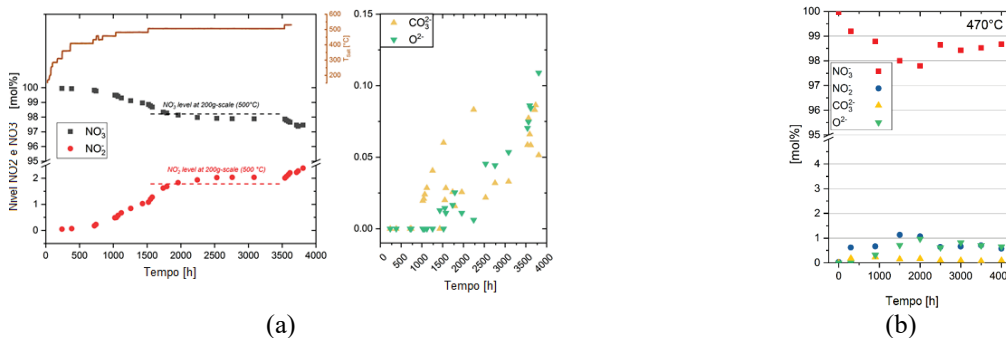


Figura 12: Estabilidade térmica da misturas ternária para tempos de ensaio até 4000 h: (a) K-Na-Ca NO₃; (b) K-Na-Li NO₃.

No âmbito de novos materiais, que sejam adequados, duráveis e fiáveis, para conceber e fabricar uma nova geração de componentes para tecnologias de concentração de energia solar (CSP) com custo acessível, foram seleccionados três materiais, designadamente espumas de mulite revestidas com óxido de ferro, de alumina castanha e de céria. Estes materiais foram submetidos a ciclos térmicos, em condições bem controladas, num forno solar, no âmbito do projecto europeu SFERA 2 (SFERA-II, 2014) (Figura 13). Em particular, avaliou-se o efeito da diferença de temperatura à superfície (ΔT), do gradiente ao longo da respectiva espessura e do número de ciclos térmicos, na integridade estrutural dos referidos materiais, através da determinação da sua resistência térmica remanescente (σ_{cs}). As espumas de mulite apresentaram a melhor resistência ao choque térmico em contraste com o pior desempenho das de céria. É de realçar que o investimento efectuado, através do financiamento da INIESC, na actualização do SEM (Scanning Electron Microscope) (incluindo o novo sistema de EDS - Energy Dispersive Spectroscopy) se revelou crucial para o êxito desta investigação.

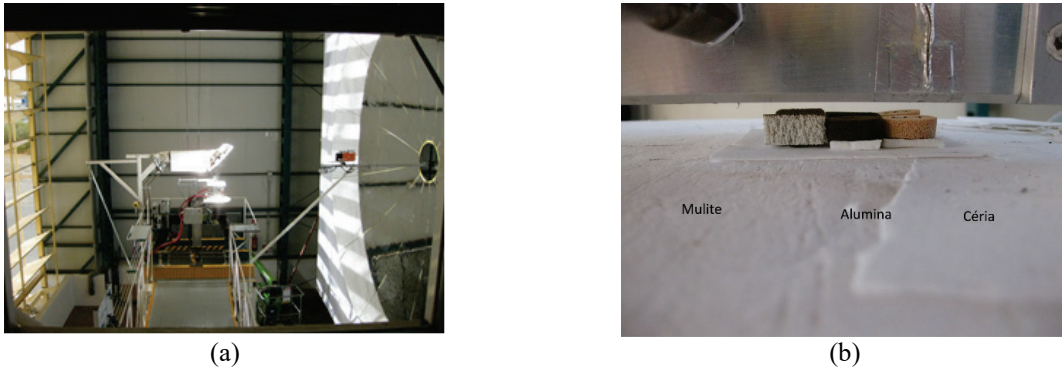


Figura 13: Ensaios de resistência ao choque térmico de espumas cerâmicas por exposição direta a radiação solar concentrada (a) forno SF40 da PSA-CIEMAT, Tabernas, Espanha e (b) materiais ensaiados.

Foram, também, realizados estudos de durabilidade de reflectores de alumínio e de vidro, quer através de ensaios de envelhecimento acelerados com diferentes contaminantes, quer da sua exposição natural em estações de ensaio atmosféricas em ambientes com diferentes corrosividades (Lumiár – Lisboa e Sines) (Figura 14). Nesta actividade, foram realizados trabalhos pré-normativos relativos ao desenvolvimento de metodologias de ensaio de envelhecimento acelerado de materiais reflectores para concentradores solares.

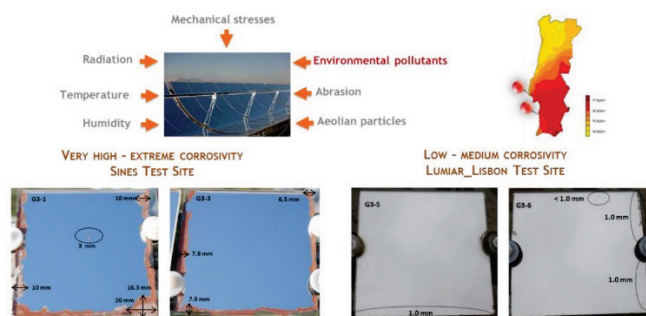


Figura 14: Estudos de durabilidade de reflectores em exposição natural nas estações de ensaio atmosféricas em ambientes com diferentes corrosividades (Lumiár – Lisboa e Sines)

ACTIVIDADES DE CAPACITAÇÃO E DISSEMINAÇÃO

Formação

A componente de formação focou-se em três tópicos fundamentais: (1) Constituição de um curso de formação sobre tecnologias CSP e outras aplicações (School, 2019); (2) supervisão de teses de mestrado/doutoramento e estágios e (3) actividade docente. A Tabela 1 apresenta uma sùmula dos vários indicadores de performance.

Tabela 1: Indicadores de performance.

Descrição	2017	2018	2019	Total
Publicações científicas	4	3	4	11
Livros	1		1	2
Artigos em revistas internacionais	3	3	3	9
Relatórios	3	4	3	10
Formação avançada	5	2	3	10
Teses de doutoramento	3		1	4
Teses de mestrado	2	2	2	6
Aplicações computacionais			1	1
Instalações piloto	1	1	1	3
Investigadores a trabalhar em infra-estruturas de investigação melhoradas	28	32	32	77

Em colaboração com o Instituto Português de Energia Solar (IPES) (IPES, 2010), foram realizados vários simpósios nos quais a INIESC (e os temas por ela abordados) esteve representada (IPES, 2016). Nestes simpósios o tema central foi a concentração solar, com várias apresentações sobre os mais recentes desenvolvimentos tecnológicos e discussão sobre o futuro do sector.

COMENTÁRIOS FINAIS

A exploração do verdadeiro potencial de utilização do recurso solar na descarbonização da economia implica o desenvolvimento de tecnologias assentes na conversão de fluxos radiativos de maior densidade energética que a apresentada directamente pela radiação solar incidente na superfície terrestre. A integração destas soluções em aplicações e no sistema energético implica o desenvolvimento de sistemas de controlo e gestão de despachabilidade. A INIESC foca os seus objectivos no desenvolvimento de sistemas de concentração solar, de armazenamento energético e de aplicações que constituem soluções para a descarbonização do sistema electroprodutor, da Indústria e dos Transportes, estendendo o potencial contributo do recurso solar na descarbonização da economia muito para além do sector Residencial.

AGRADECIMENTOS

A infraestrutura INIESC foi desenvolvida e encontra-se em operação no âmbito do Projecto “INIESC – Infraestrutura Nacional de Investigação em Energia Solar de Concentração” (ALT20-03-0145-FEDER-022113) com um orçamento global de 3.096.701,90 € co-financiado por fundos nacionais por via da FCT-MCTES (PIDDAC, 867.505,44 €) e dos Programas Operacionais Regionais do Alentejo (PORA, 1.870.974,10 €) e de Lisboa e Vale do Tejo (PORLVT, 358.222,36) das respectivas Comissões de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Alentejo (CCDR-A) e de Lisboa e Vale do Tejo (CCDR-LVT) .

REFERÊNCIAS

- ALFR-ALENTEJO, 2020. ALFR-ALENTEJO [WWW Document]. URL www.alfr-alentejo.uevora.pt
- Ambition, H., 2016. Ambition Project [WWW Document]. URL <https://cordis.europa.eu/project/id/731263>
- DLR, 2016. HPS-2 Project [WWW Document]. URL http://elib.dlr.de/110746/1/160201_HPS2_EMSP_KH.pdf
- FCT, 2014. Roteiro Infraestruturas [WWW Document]. URL <https://www.fct.pt/apoios/equipamento/roteiro/index.phtml.pt>
- IPES, 2016. Simpósio IPES [WWW Document].

- IPES, 2010. IPES [WWW Document]. URL <http://www.ipes.pt/ipes/>
- Kemet Electronics, 2020. Kemet webpage [WWW Document]. URL <https://www.kemet.com/en/us.html>
- LNEG, 2014. LNEG, I.P. [WWW Document]. URL <https://dre.pt/pesquisa/-/search/56384881/details/maximized>
- MASLOWATEN, 2015. MASLOWATEN PROJECT [WWW Document]. URL www.maslowaten.eu
- NEWSOL, 2017. NEWSOL Project [WWW Document]. URL www.newsol.uevora.pt
- Osório, T., Horta, P., Collares-Pereira, M., 2019. Method for customized design of a quasi-stationary CPC-type solar collector to minimize the energy cost. *Renew. Energy* 133, 1086–1098. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.10.110>
- PVCROPS, 2012. PVCROPS Project [WWW Document]. URL <https://cordis.europa.eu/project/id/308468>
- School, S., 2019. Summer School [WWW Document].
- SFERA-II, 2014. SFERA-II project website [WWW Document]. URL <https://sfera2.sollab.eu>
- SFERA-III, 2019. SFERA-III Project [WWW Document]. URL <https://sfera3.sollab.eu/>
- SHIP, 2019. SHIP Project [WWW Document]. URL <https://www.solarheatindustrial.com>
- Universidade de Évora, 2010. Cátedra Energias Renováveis [WWW Document]. URL www.catedraer.uevora.pt