

# *Avanços na termoelectricidade solar (CSP/STE)*

*por*

**Manuel Collares Pereira**  
(Cátedra de Energias Renováveis)



# Energia solar

- Produção de electricidade :

1) **Fotovoltaico**(PV) - descentralizado e centralizado, **sem** armazenamento (~**400 GW** no Mundo); não despachável

2) **Termoelectricidade** (STE-CSP) (~**4GW**- no mundo)

mas **com** armazenamento térmico de baixo custo:

**despachabilidade!!!**



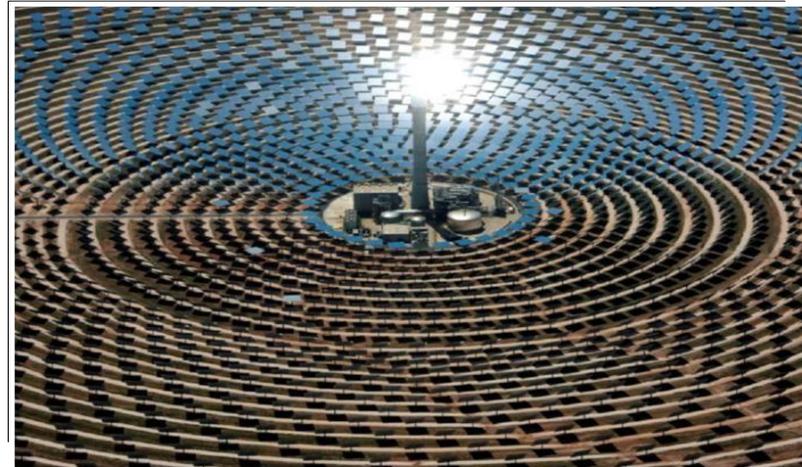
# 3 tecnologias principais, ainda precisa evolução



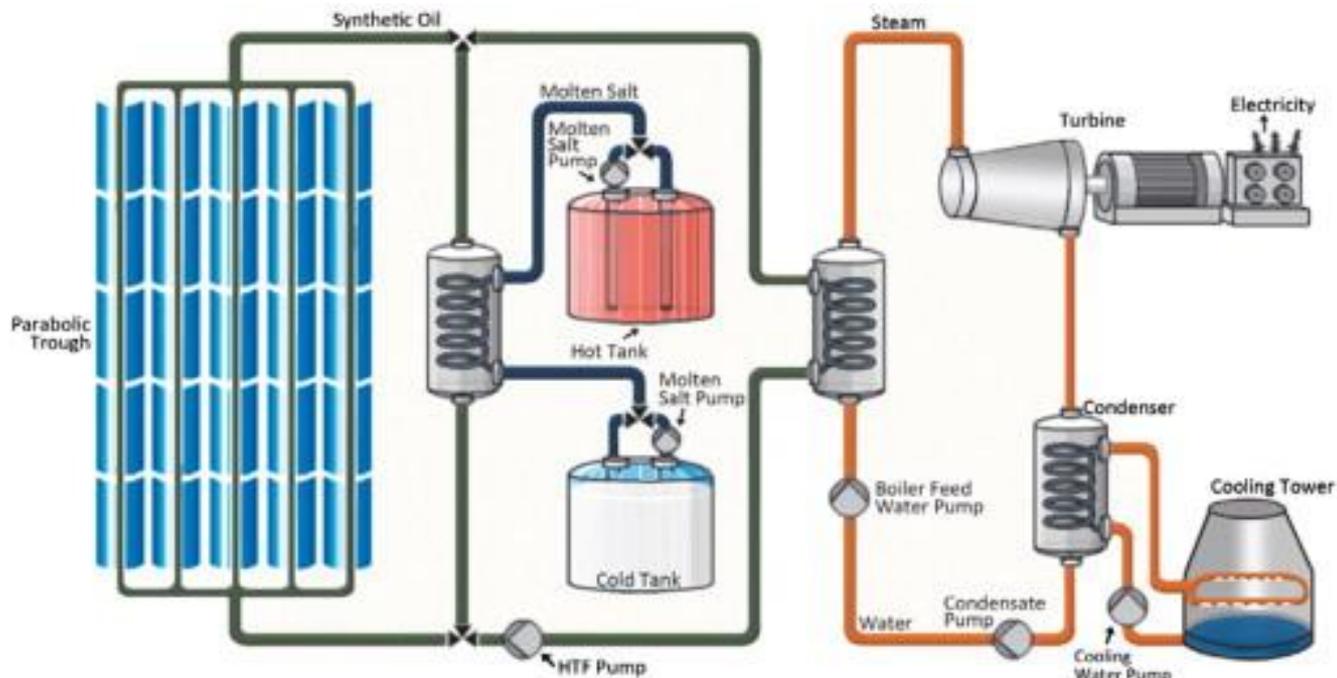
2D

Enorme esforço de desenvolvimento para redução de custo...

3D

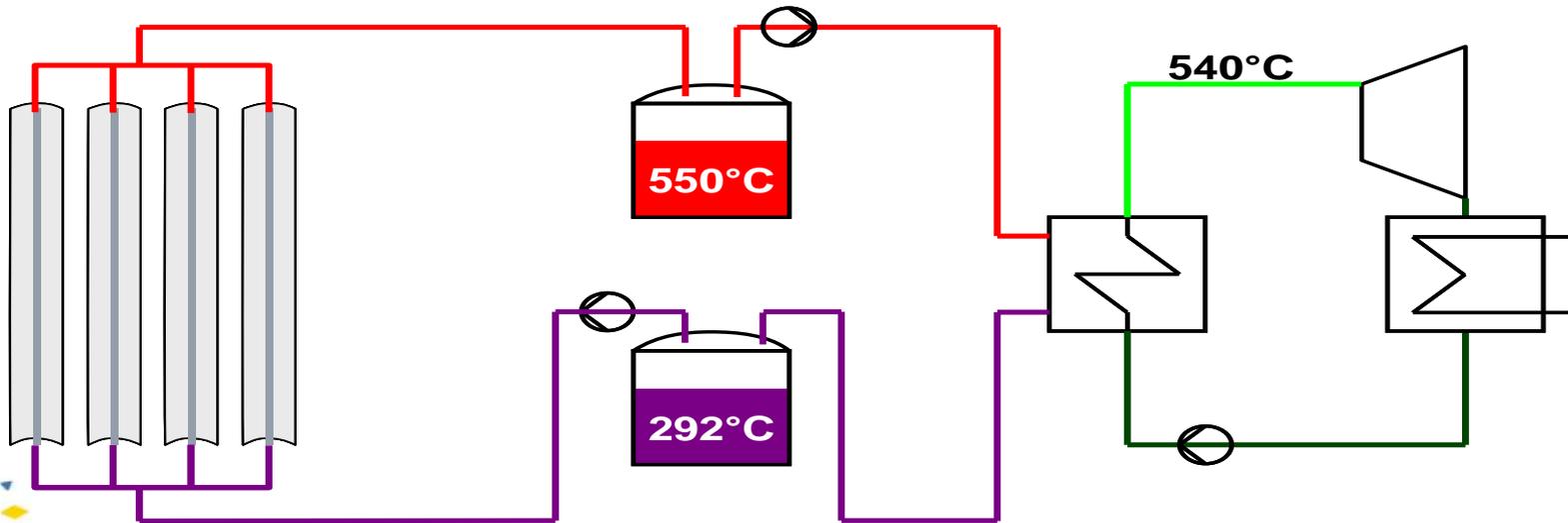


HTF- Dowtherm A (393°C) plus a two tank molten salts storage system



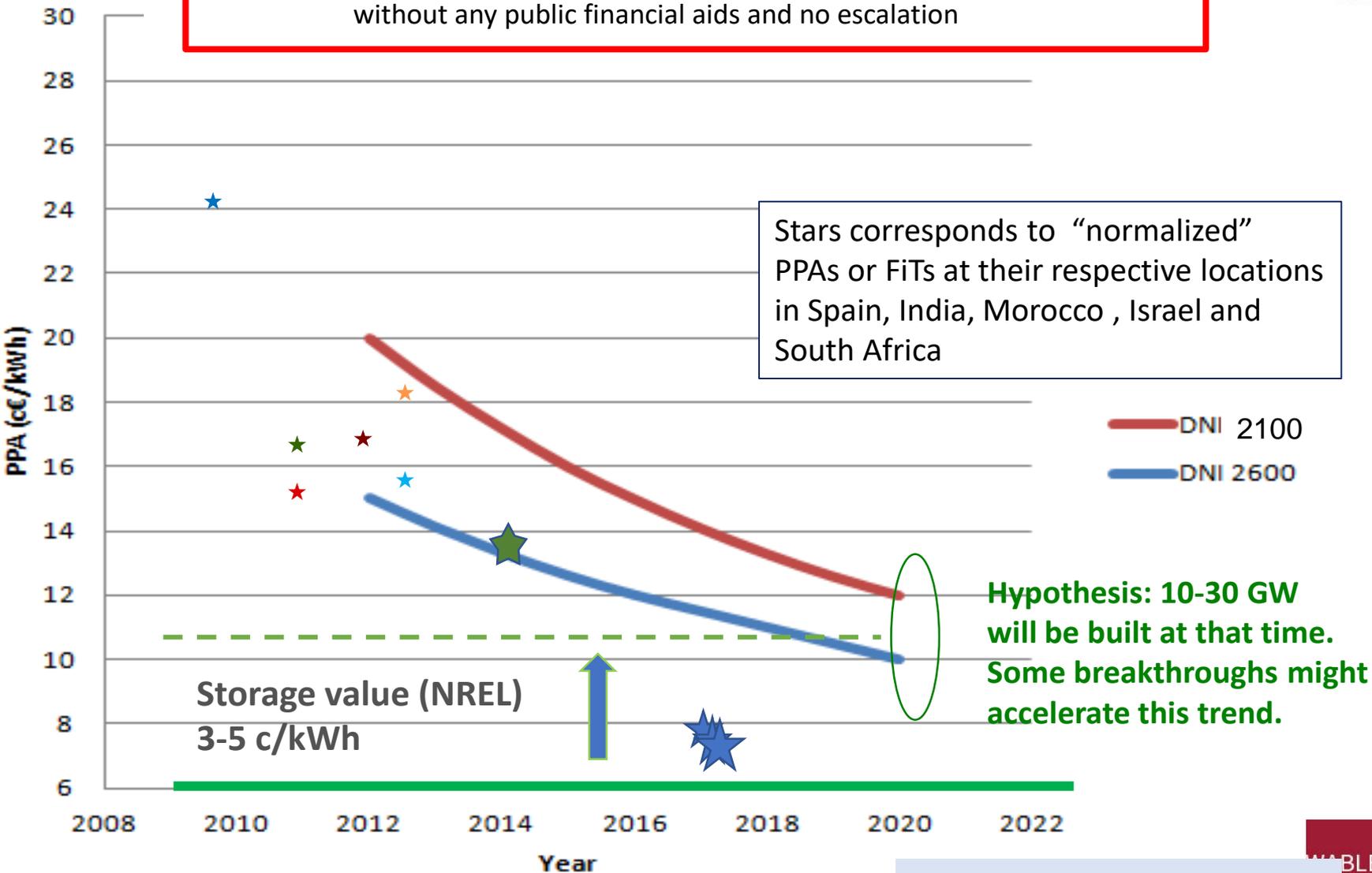
# Esquema de principio de uma central CSP-STE avançada

campo de concentradores, armazenamento com dois tanques de sais fundidos (Ex: **nitrito de sódio e de potássio, novas misturas...**) que também são o fluido de circulação nos concentradores



# Custos do STE ainda não são os mesmos que os do PV: a visão da Indústria (~4,2 GW vs ~300 GW of PV), mas...

Required value of a 25 years PPA for a 150 MW, 4 hours storage, without any public financial aids and no escalation



Source: ESTELA Position Paper

# Consequências: emprego

- Central de 50MW- **600** empregos durante a construção (1-2 anos);
- **+2000** empregos na indústria fornecedora, engenharia e comissionamento
- **60-70** empregos fixos em O&M
- (Central de 100MW- 1000 empregos )
- 70 a 75% do investimento na indústria e capacidades locais
- Em Portugal : >80 %?



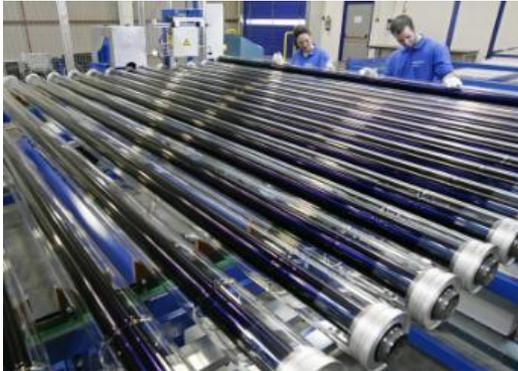
3x130 MW- Ivanpah-Nevada  
(US)

# 2,4GWe em Espanha- consequências

## Industry localization in Spain for solar field components

Macroeconomics

Absorber tubes



Curved mirrors

Prerequisite:  
Stable program of some  
few hundred MW per year



Collector structure



Macroeconomics



## Other direct effects on Industry



### Reorientation of other mature industries:

- Construction, civil works
- Engineering of conventional power plants
- Electricity Transmission Infrastructures
- Galvanizers, ...



### Reinforcement of some industry sectors:

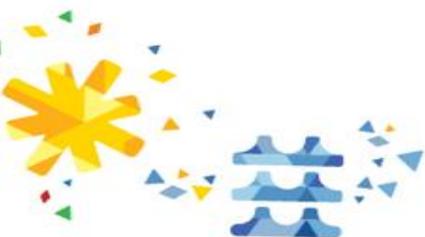
- Piping and tanks
- Heat exchangers
- Boilers
- Cabling
- Telecommunication and control



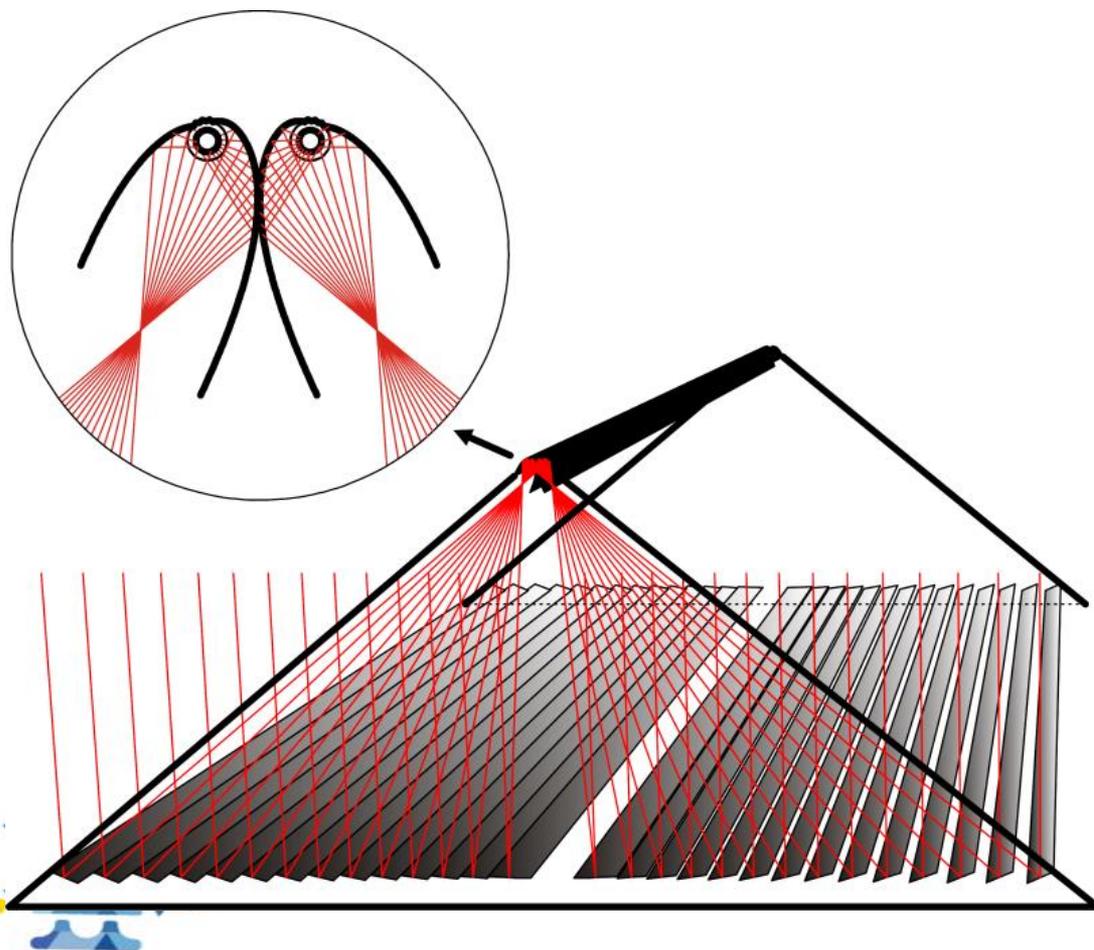
### Huge impact in auxiliary sectors

- Cleaning, environmentalists, labs, ...
- Road transport
- Training, ...

Enlargement of supplier's subsidiaries in the country:  
Promotion, Maintenance, Spare parts, ...



# Molten Salt Advanced LFR



MS at 565°C

Steam at 540°C  
140bar



# Évora Molten Salt Platform - EMSP



$T < 580^{\circ}\text{C}$ ; c/ armazenamento de energia e produção de vapor ( $540^{\circ}\text{C}$ , 100bar)

- 3.2 MWth - TSK- Flagsol
- 1.0MWth - LFR Ematched (MSALFR – financ. CCDRA)

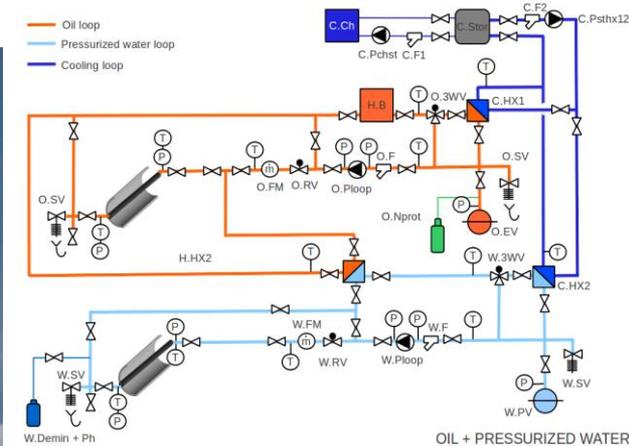




# Plataforma de Ensaio de Concentradores Solares

Seguimento a dois eixos (13x18m<sup>2</sup>); financiamento : QREN-InAlentejo

Ensaio de módulos de grande dimensão : Circuito a óleo ( $T < 400^{\circ}\text{C}$ ) ; circuito a água sobre pressão ( $T < 250^{\circ}\text{C}$ )





Alstom Power Systems Sa (France)

Yara International Asa (Norway)

Stiftelsen Sintef (Norway)

TSK-Flagsol Engineering Gmbh (Alemanha)

Leoni Kerpen Gmbh (Alemanha)

Steinmuller Engineering Gmbh (Alemanha)

Eskom Holding (South Africa)

Ec Systems Spzoo (Poland)

Emerson Process Management Power and Water Solutions Sp Zoo  
(Poland)

Acciona (Spain)

COBA Instalaciones Y Servicios S.A Spain)

SENER Ingenieria Y Sistemas S.A. (Spain)

Omron Europe B.V. (Netherlands)

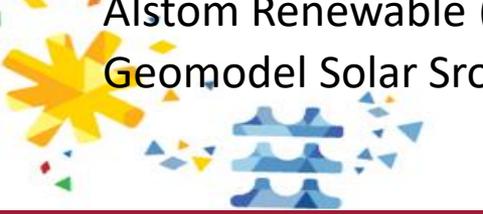
Domus Ingenieria Energetica SI (Spain)

Sistemas Electronics Progres, S.A. (Spain)

Aimcra (Spain)

Alstom Renewable (Schweiz) Ag (Switzerland)

Geomodel Solar Sro (Slovakia)



## Empresas/Industria com ligações à U. Évora- CSP



SECIL -Companhia Geral de Cal e Cimento, SA (Portugal)

MCG Metalúrgica, SA (Portugal)

EDP/EdPi (Portugal)

EFACEC (Portugal)

ISQ (Portugal)

CapWatt- Brainpower (Grupo Sonae) (Portugal)

Enercoutim (Portugal)

Solar Balance (Portugal)

Promanec (Portugal)

SBC Renewables (United Kingdom)

TÜV Rheinland PORTUGAL

CREDITE EGS (Portugal)

RAUL CESAR FERREIRA (Portugal)

ESTELA - European Solar Thermal Electricity Association (Belgium)

Ese Engineering Services for Energy S.R.L. (Italy)

Sestosensor Srl (Italy)

S.T.F. Salvatore Trifone e Figli Spa (Italy)



# Armazenamento de Energia

- *Em baterias*
- Hoje: **200-600** euro/kWhe armazenado
- Em breve (2-3 anos) (?!) – **100 a 200** euro/kWhe
- Duração: 10 anos ?
- *Sob forma Térmica:*
- Hoje : **20 a 40** euro/kWhe
- Em 2-3 anos: **10 a 15** euro/kWhe
  - Duração: 20 anos ?

Factor 10-20 X  
de diferença de  
custo, hoje (e  
no futuro??!)



...e assim...

- PV sem baterias : a electricidade solar mais barata de hoje (**paridade com a rede** em “roof top” - autoconsumo; **custos de produção centralizada para injeção na rede, que se aproximam da competitividade com fontes convencionais**)
  - STE- CSP com armazenamento (7 a 15h à potencia nominal); **uma electricidade despachável**, muito mais barata que a do PV com armazenamento; **caminha para vir a ser igualmente competitiva**
- 



# PV versus STE?

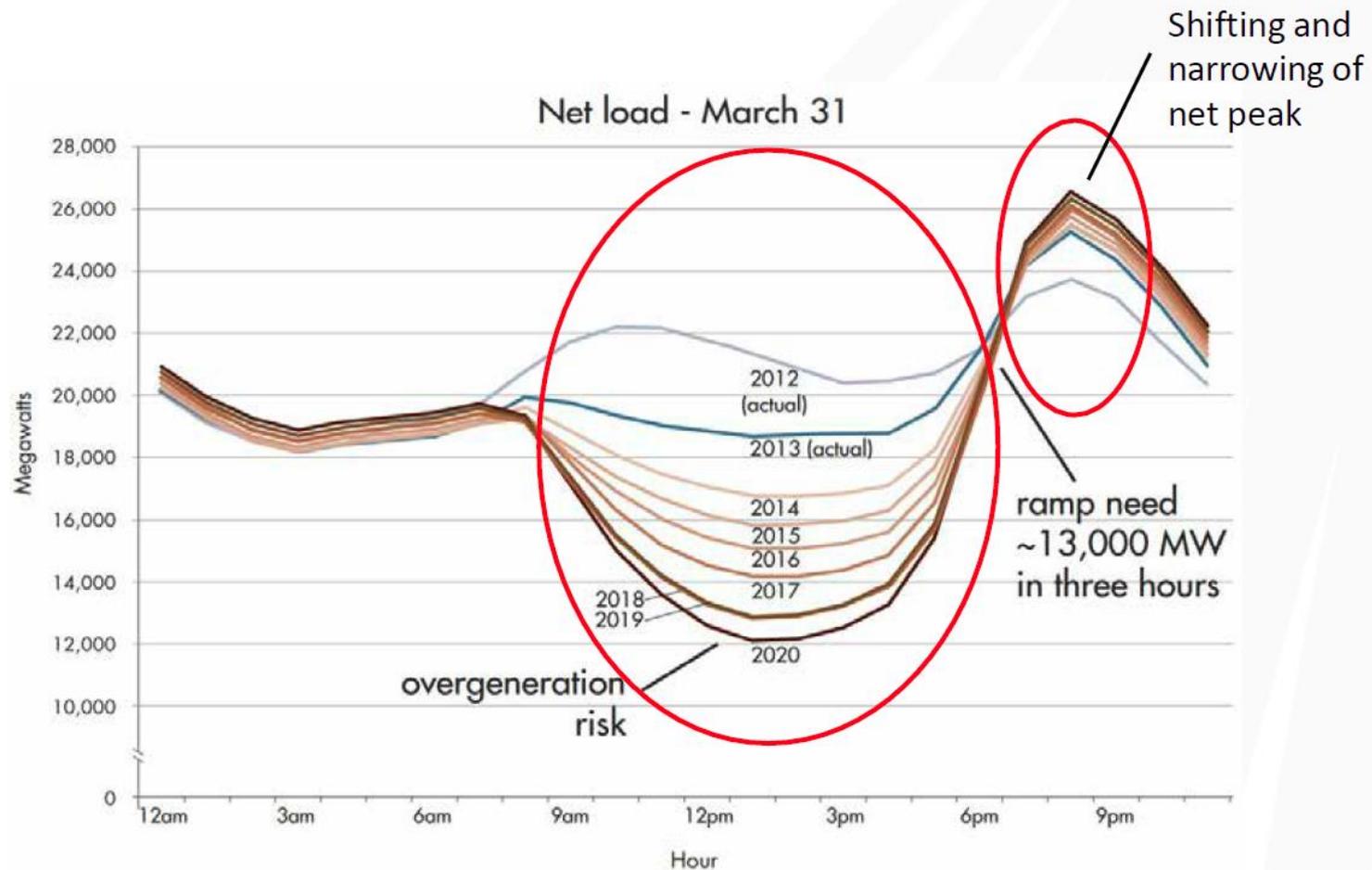
- Não são concorrentes!
- A complementaridade é clara

PV – produção descentralizada (autoconsumo)  
/centralizada

STE- produção centralizada despachável

- mas...
- 

# CAISO Duck Curve – Circa 2013





# Conclusões

- Descarbonização, Energias Renováveis, uma enorme oportunidade para Portugal
- Não podemos desperdiçá-la : **Renováveis** e, finalmente, a **Energia Solar!**

Possuímos:

- os recursos
- a ciência e a tecnologia
- a engenharia
- a industria
- (...)

Temos também questões de

**Obrigado pela vossa atenção!**

Grande vantagem: **politica da União Europeia favorável às ER**; muito positivo para Portugal e para a nossa industria, já que somos um **país rico** nesta matéria

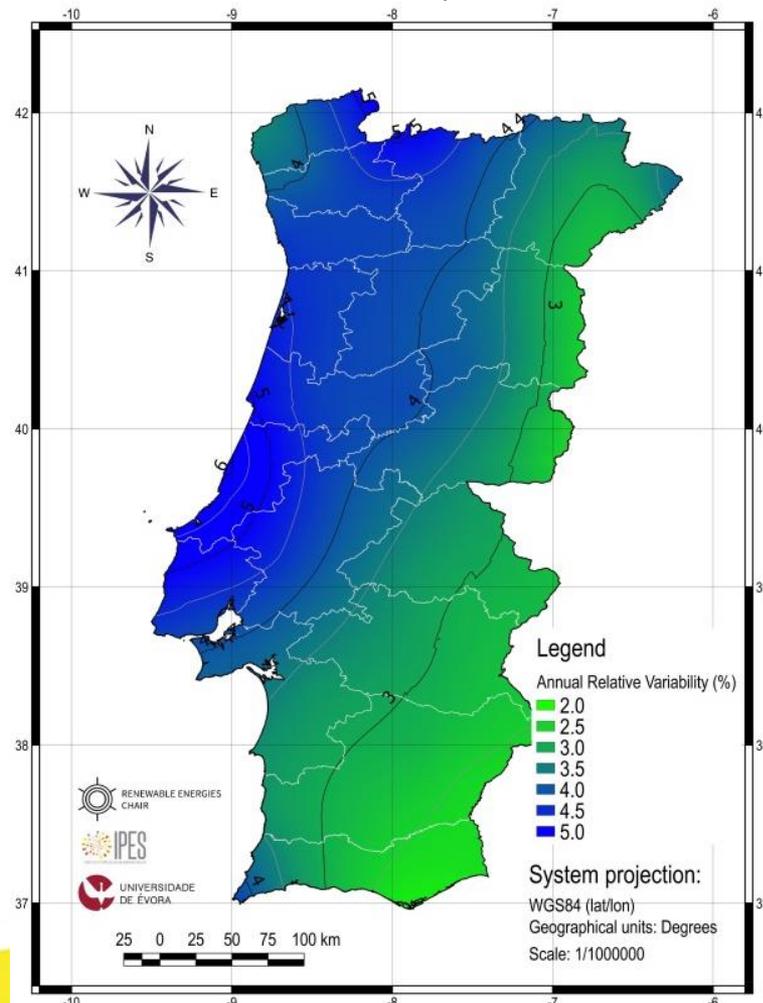
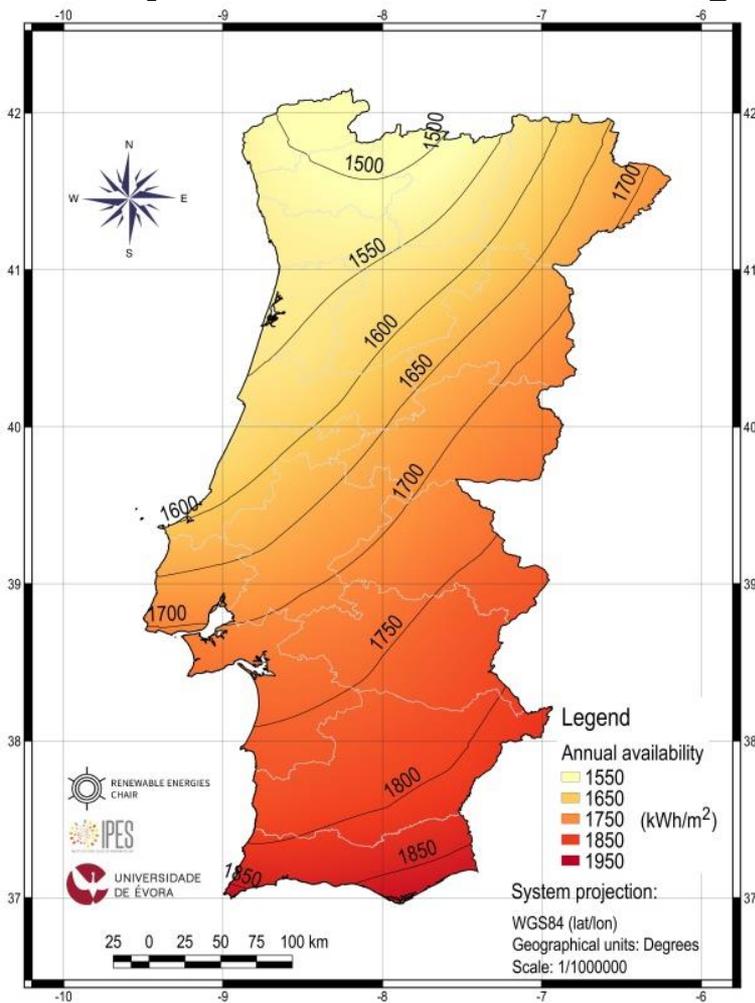




# Cátedra ER + IPES: Actividade desenvolvida em 2016

## Estudo Mapeamento da radiação solar global

Radiação Solar Global em Portugal e a sua variabilidade, mensal e anual



## R & D Institutions

University of Évora

INEGI

ISQ

## Financial Institutions

CRÉDITE - EGS

## Energy Agencies

ADENE

ENERGYIN

AREANATejo

## *Associates*



## Companies

TUV - Portugal

EFACEC

EDP INOVAÇÃO

SUNOK

CapWatt

Solar Balance

Enercoutim

Promanec

Raúl César Ferreira

**IPES, a not for profit association (Instituto Português de Energia Solar).**  
Aims at being a **catalyst for R, D&D+I in Solar Energy in Portugal**, promoting technology transfer to its associates and among them, actively supporting the definition and the promotion of adequate energy policies for the sector.



# Cop21: descarbonizar a Economia

- Reduzir o consumo de combustíveis fósseis
  - Em Portugal: >50% de **Renováveis** na produção de electricidade; **hídrica e eólica**
  - ~30% carvão; 5-6 anos para o fim da vida das duas centrais- Sines e Pêgo !
  - Uma situação excepcionalmente favorável para a descarbonização
  - O que fazer (Politica Energética) em sua substituição?
- 

# COP21 e a descarbonização da economia

~100% Electricidade Renovável em 2030? Só 80%?

	hoje	2030	solar <sub>e</sub>
Hídrica	~25%	<31% c/b inv	
Eólica	~25%	<31% c/b inv	
Solar	<1%	<31%	P. Centralizada 5750 MW- STE 1500 MW- PV  P. Descentralizada 1500 MW -PV
G Natural + Co-geração + Biomassa + Outros	~20%	<7%	
Carvão	~30%	0%	

% calculadas sobre os valores de hoje!

Armazenamento  
- diário e sazonal:  
bombagem reversível

Armazenamento diário  
- 15h em térmica com CSP