

II Seminário de Energia Sustentável  
Loures, 22/02/2013



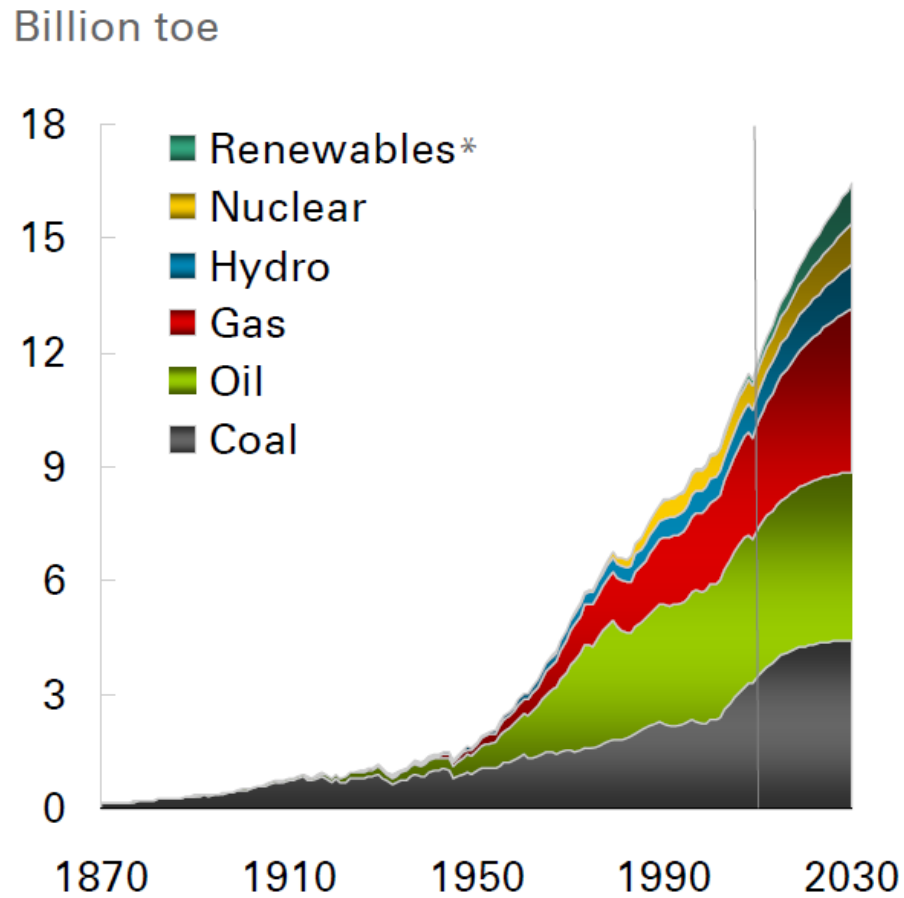
# Aproveitamento da Energia Solar Térmica em Portugal

**João Cardoso**  
**João Farinha Mendes**  
[joao.cardoso@lneg.pt](mailto:joao.cardoso@lneg.pt)  
Unidade de Energia Solar



# Um apetite voraz por energia...

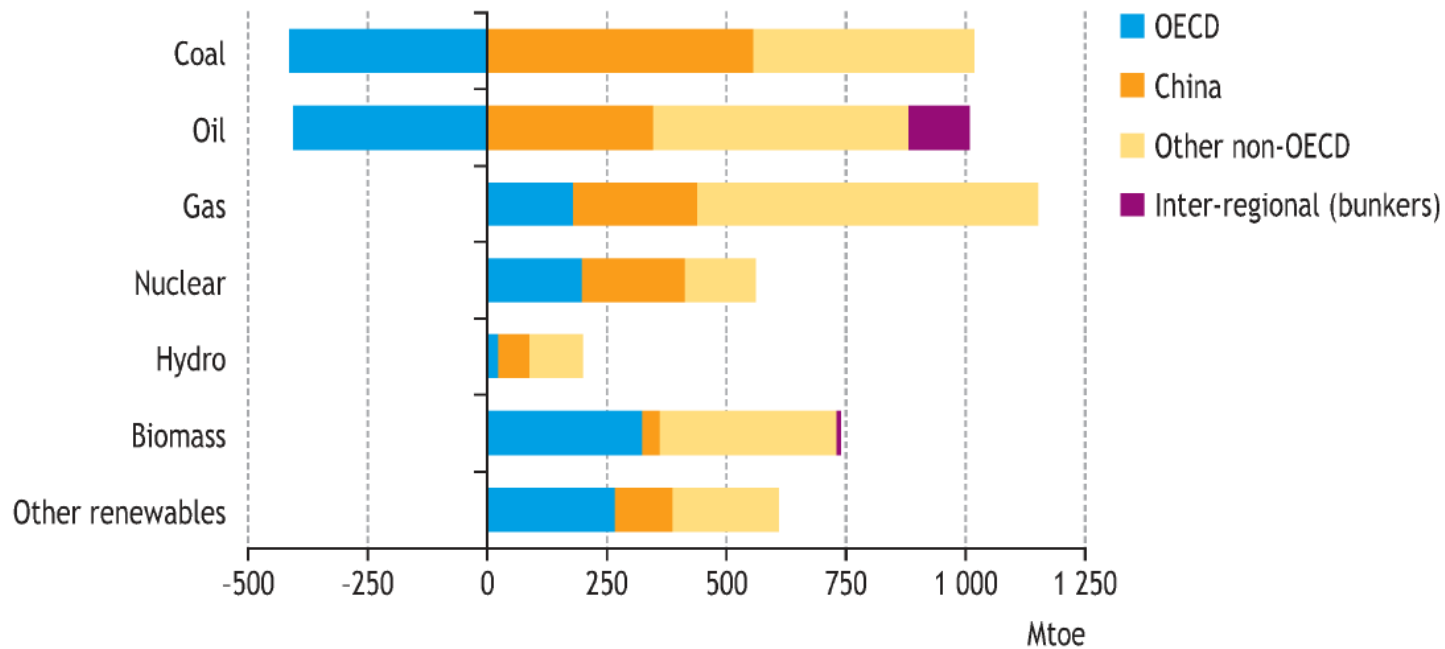
## Consumo mundial de energia



Fonte: BP – Energy Outlook 2030

# Que continuará a crescer...

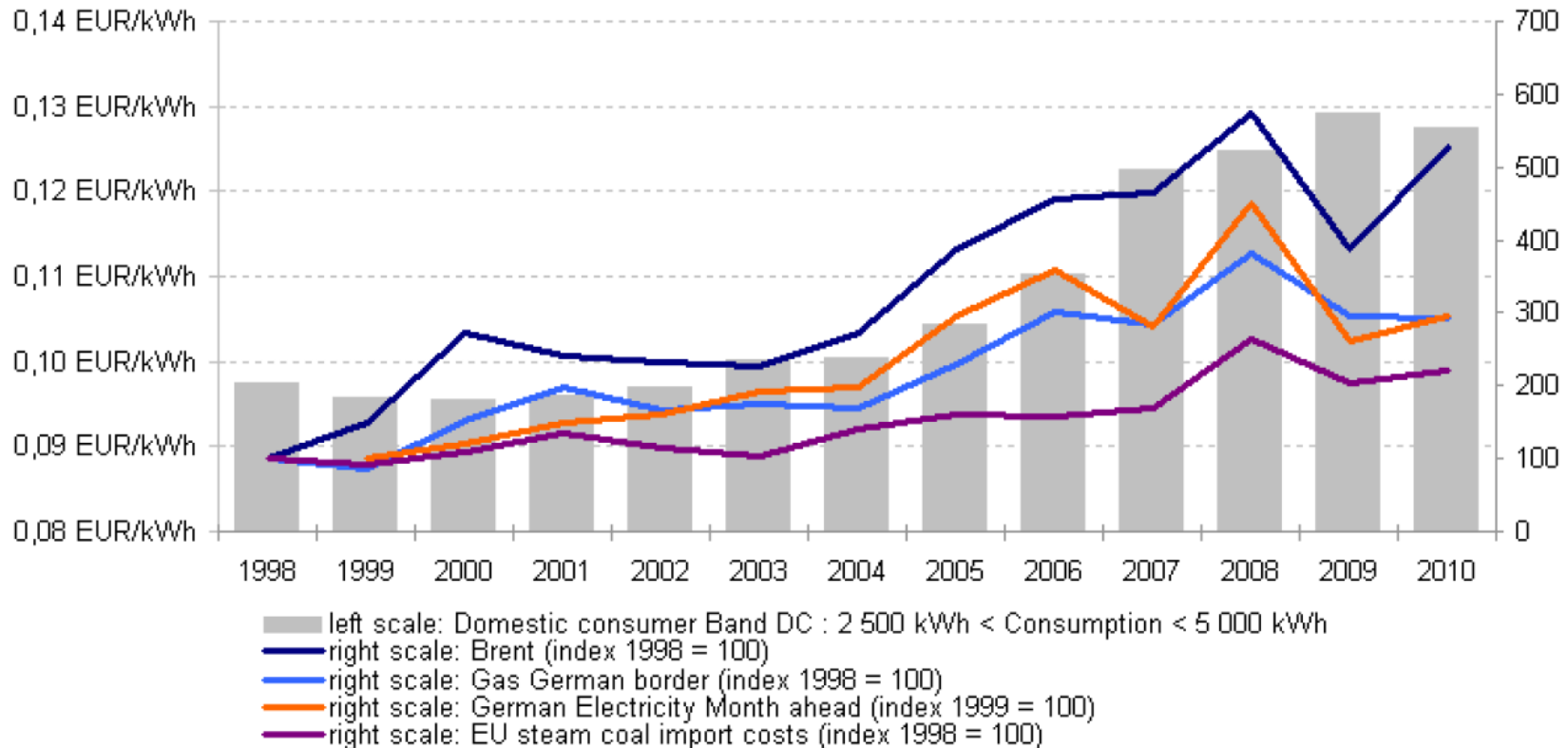
Incremental primary energy demand by fuel & region  
in the New Policies Scenario, 2008-2035



Fonte: IEA – World Energy Outlook 2010

# A preços cada vez maiores

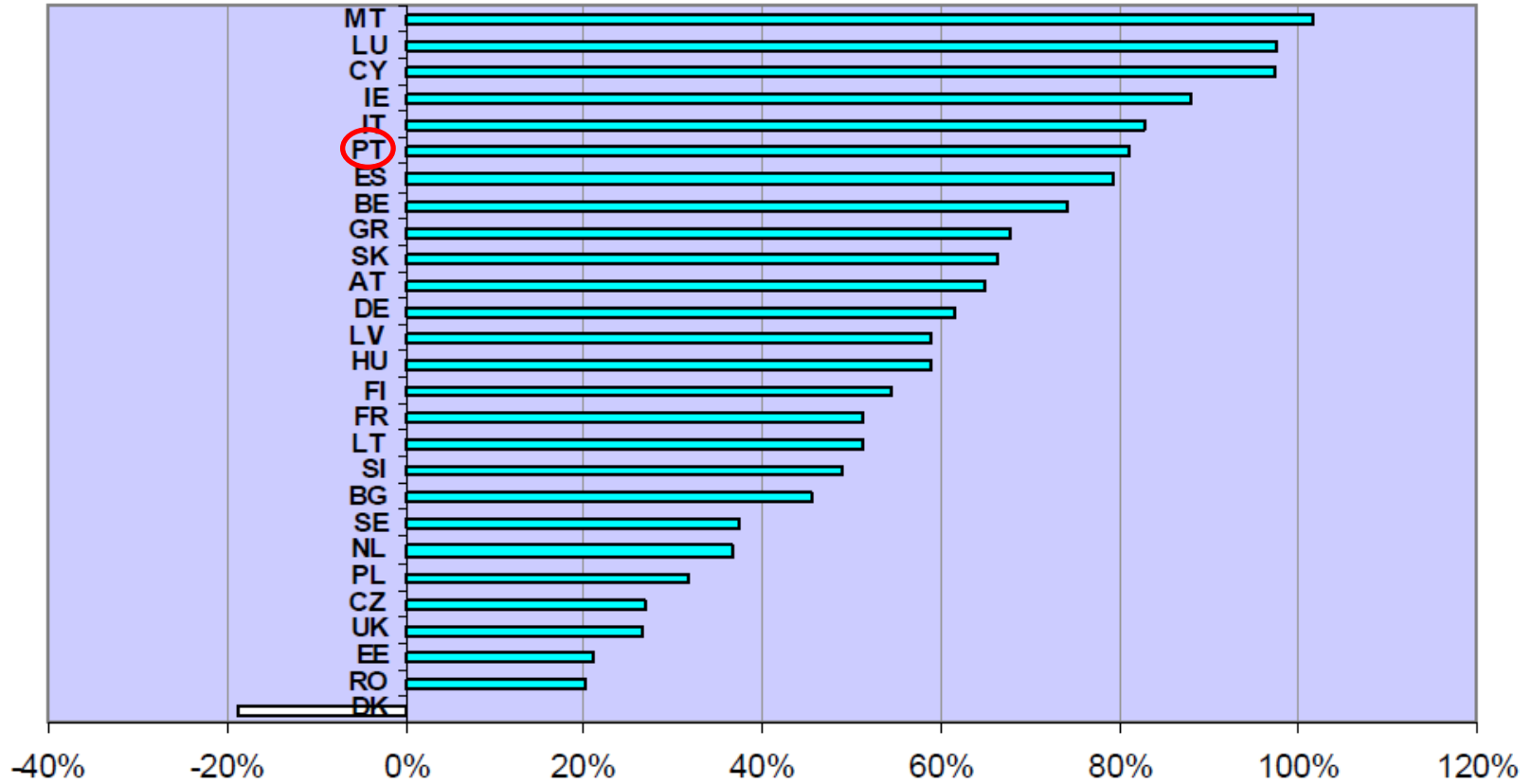
EU 15 retail electricity prices for **domestic** consumers [no taxes, **nominal EUR**]  
vs  
**wholesale** electricity, gas, coal and oil prices [index 1998 = 100, **nominal EUR**]



Fonte: IEA – World Energy Outlook 2010

# E Portugal?

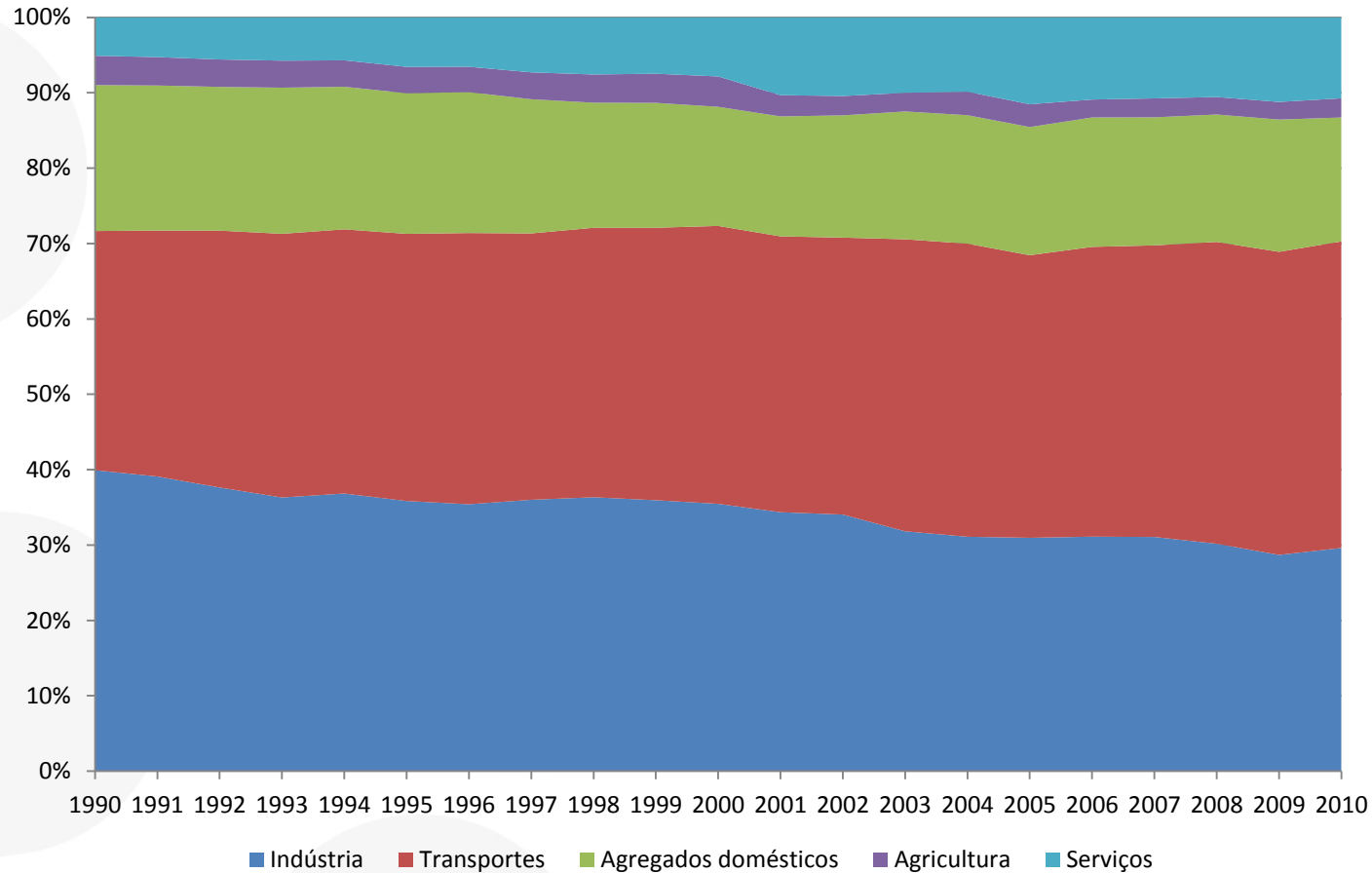
Energia importada em 2009



Fonte: EC – Market Observatory for Energy, dados de 2011

# E Portugal?

## Consumo de energia final por sector consumidor

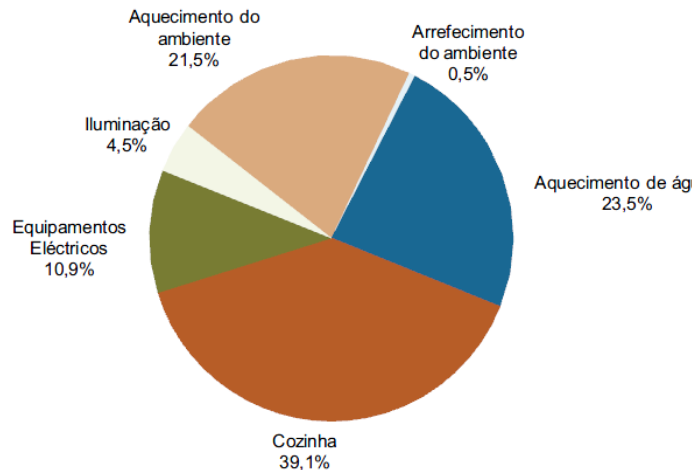


Fonte: PORDATA

# E Portugal?

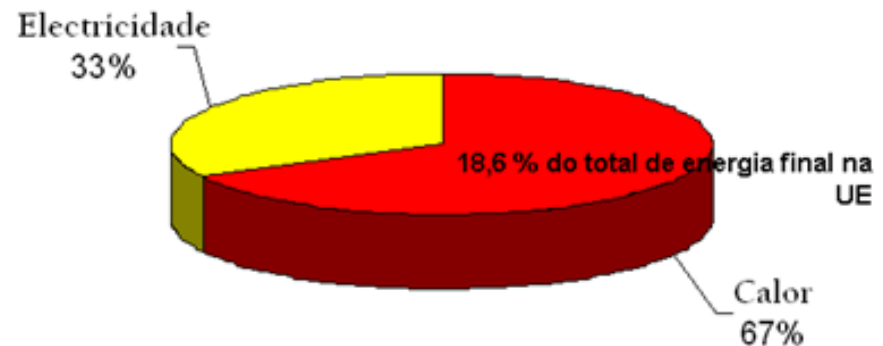
- Os sectores industrial, residencial e dos serviços são responsáveis por cerca de 60% do consumo de energia final nacional
- Uma grande fracção deste consumo energético dá-se sob a forma de calor

Consumo de energia final no sector residencial



Fonte: DGEG, 2010

Consumo de energia final na UE - Indústria  
repartição entre calor e electricidade



Fonte:: GREEN PAPER – TOWARDS A EUROPEAN STRATEGY FOR THE SECURITY OF ENERGY SUPPLY, Brussels, 2001

# Consumo de energia - Calor

➤ As aplicações de calor no sector doméstico e dos serviços são de média e baixa temperatura:

Ex.: Aquecimento de piscinas, águas quentes sanitárias, aquecimento ambiente

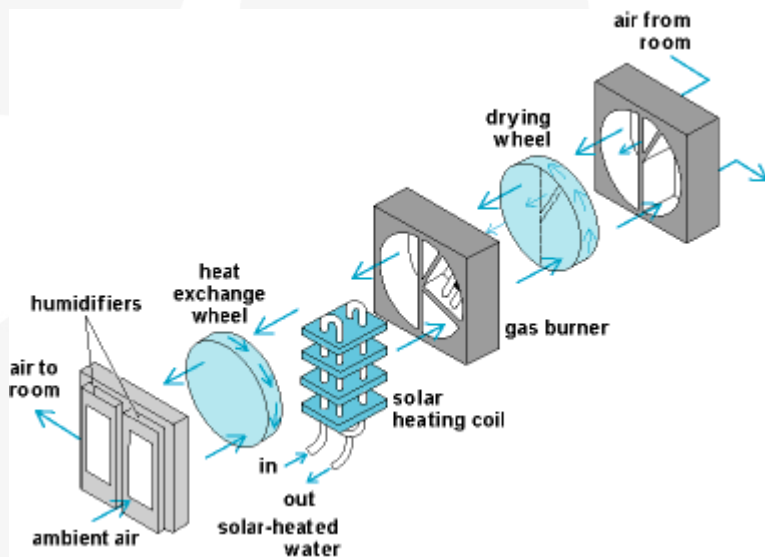


$T < 70^{\circ}\text{C}$

# Consumo de energia - Calor

➤ As aplicações de calor no sector doméstico e dos serviços são de média e baixa temperatura:

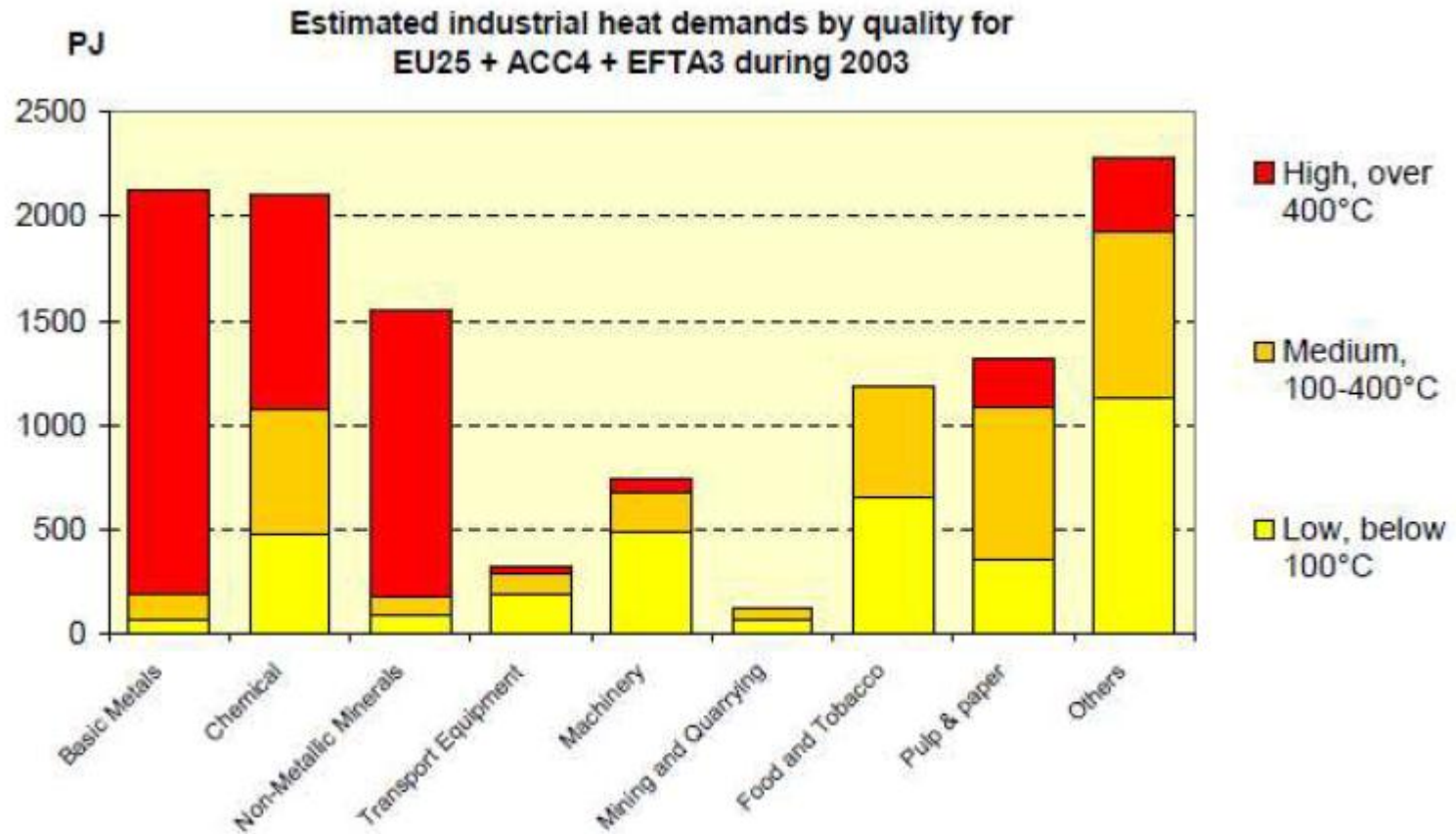
Ex.: Ar condicionado solar



$$50^{\circ}\text{C} < T < 160^{\circ}\text{C}$$

# Consumo de energia - Calor

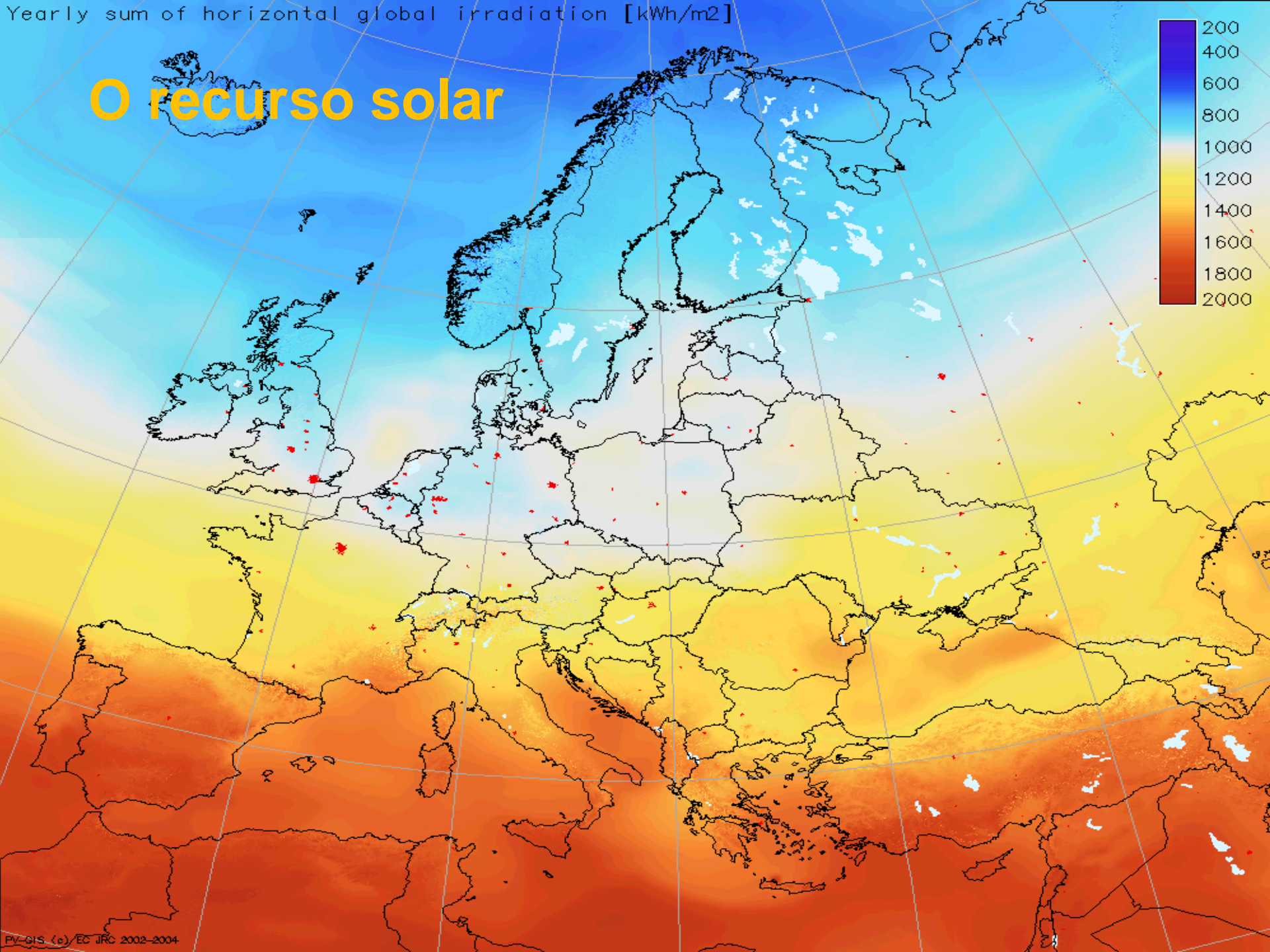
➤ As aplicações de calor no sector industrial possuem diversos níveis de temperatura:



Fonte: IEA-SHC Task 49

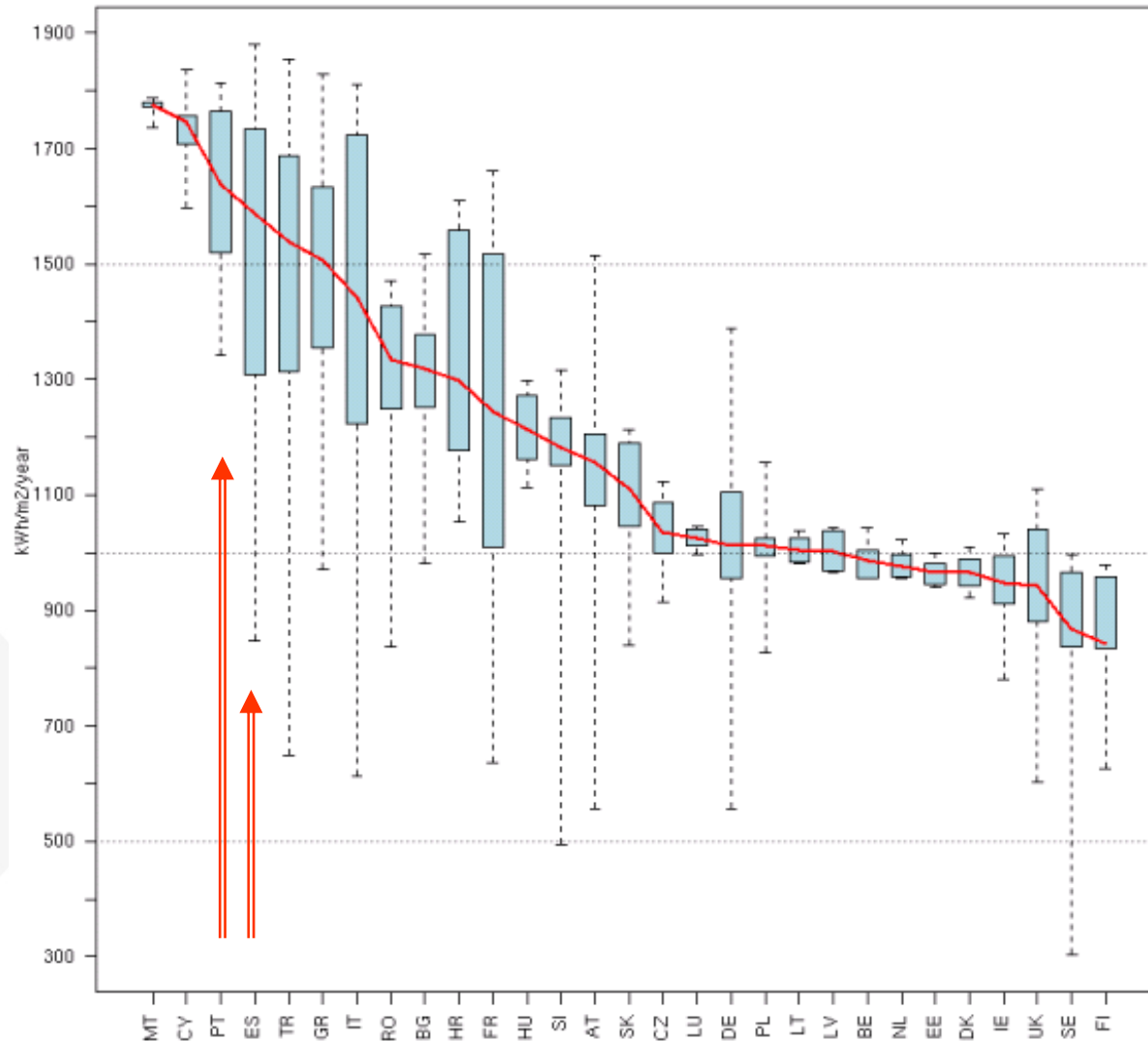
Yearly sum of horizontal global irradiation [kWh/m<sup>2</sup>]

0 recurso solar



# O recurso solar

Soma anual da radiação global na horizontal [kWh/m<sup>2</sup>]

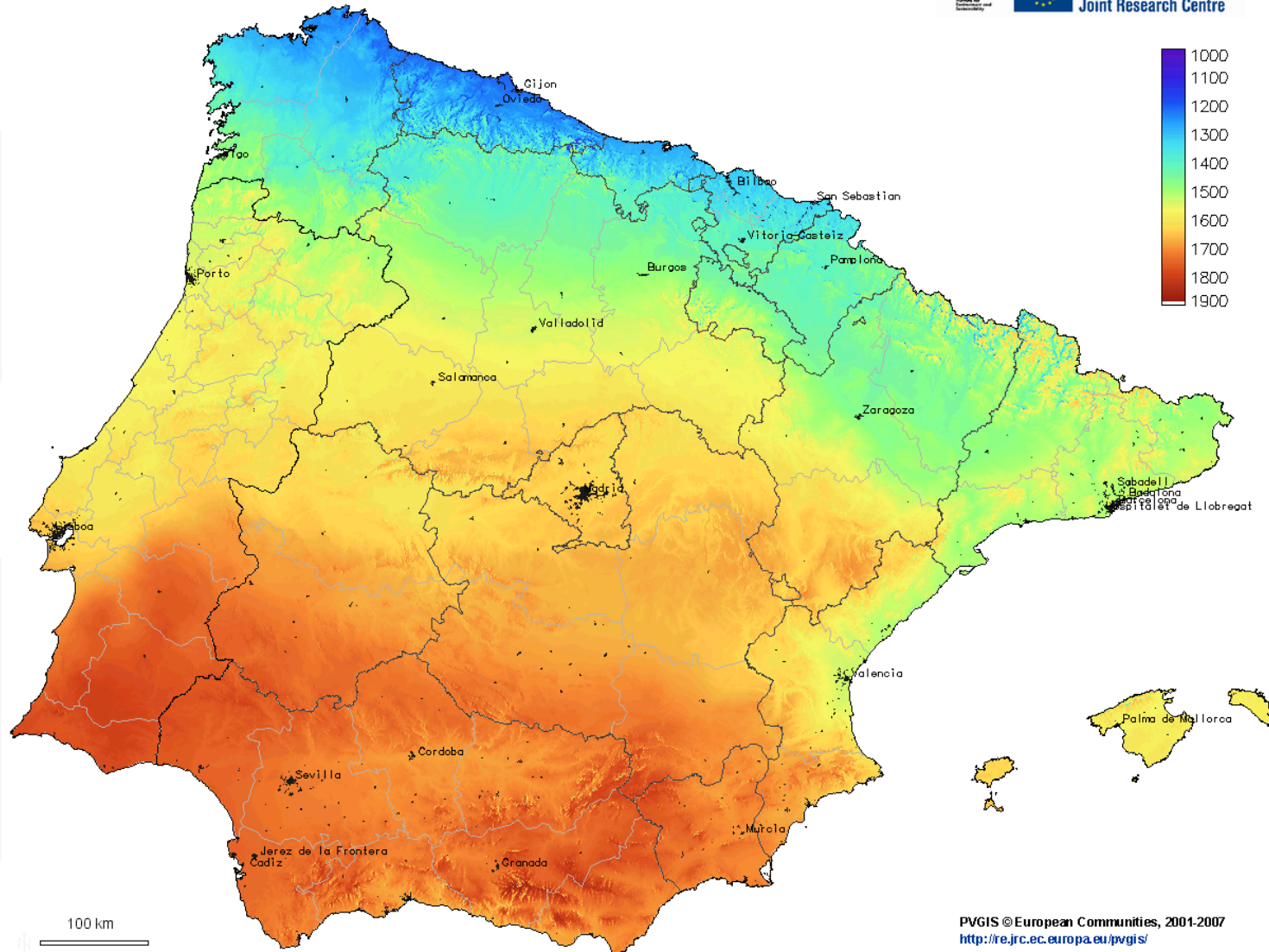


# O recurso solar

Yearly sum of global irradiation on a horizontal surface - Spain and Portugal



EUROPEAN COMMISSION  
DIRECTORATE-GENERAL  
Joint Research Centre

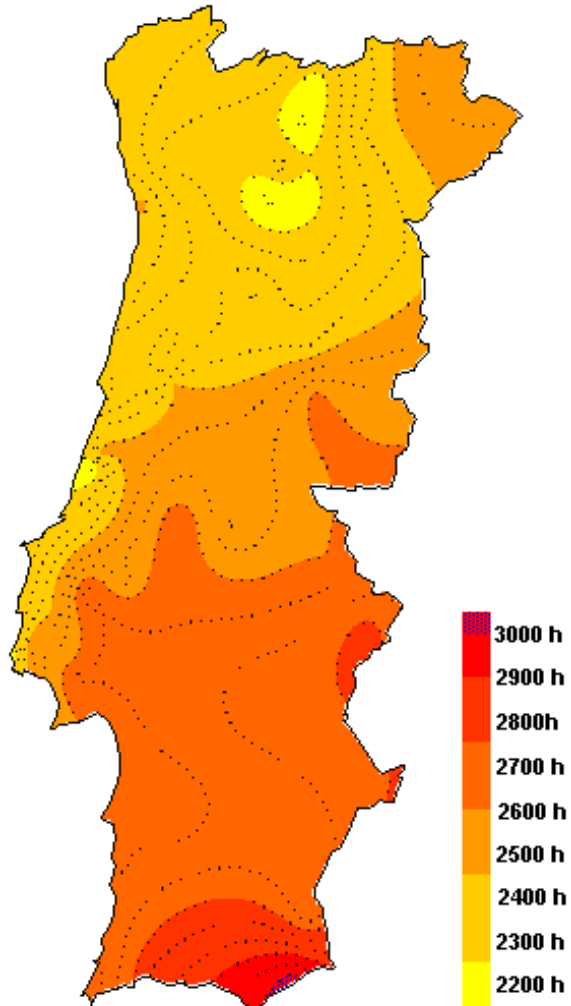


IPV-015 (v) EC, JRC, 2004

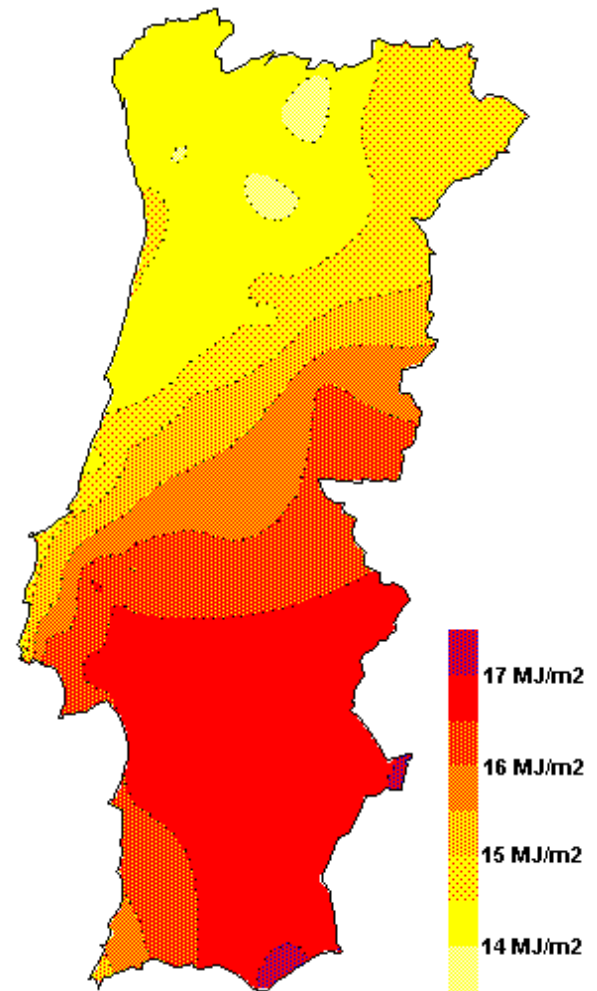
PVGIS © European Communities, 2001-2007  
<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>



# O recurso solar

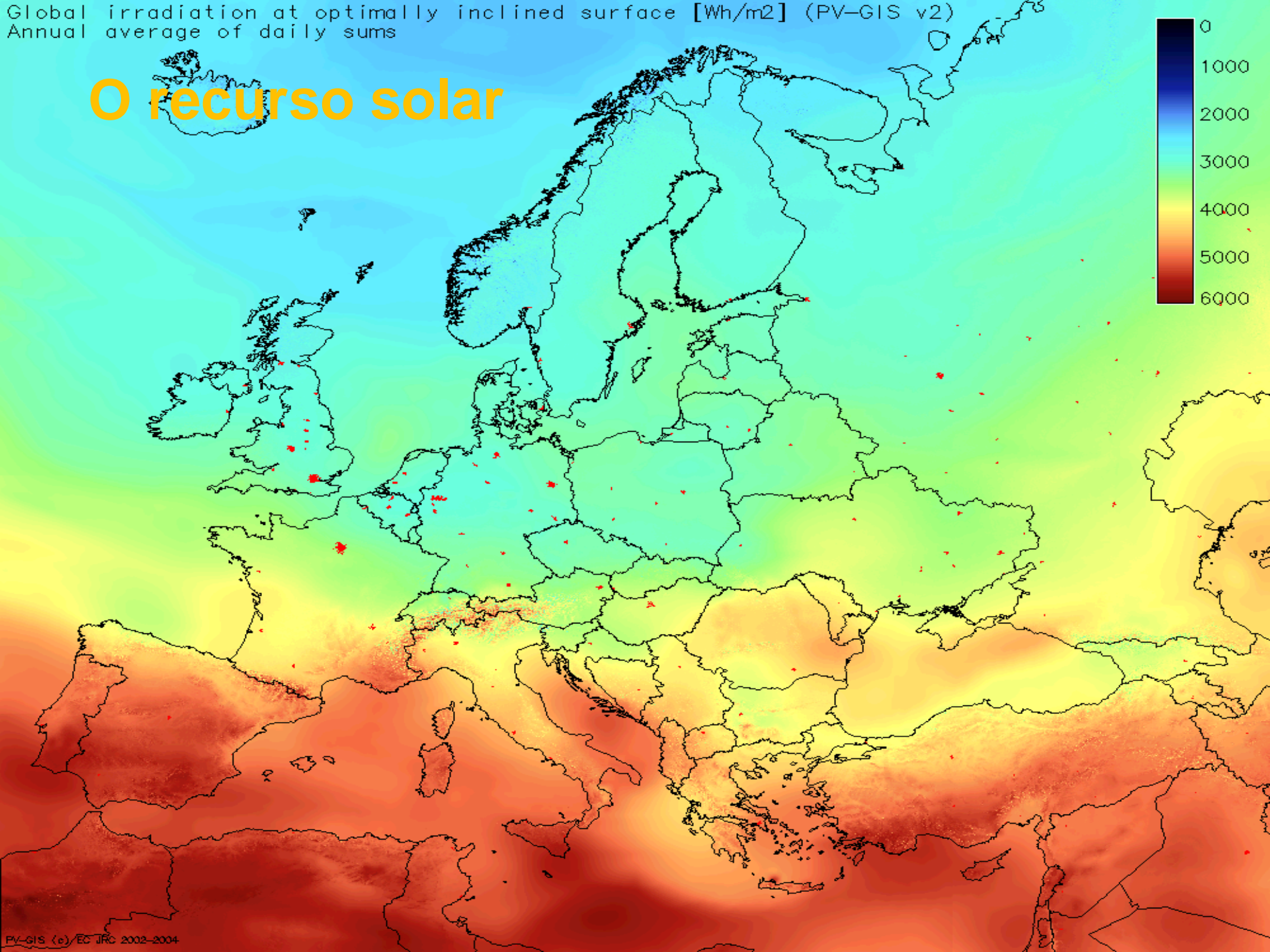


Radiação Solar  
2200-3000 h  
14-17MJ/m<sup>2</sup>/dia



Global irradiation at optimally inclined surface [Wh/m2] (PV-GIS v2)  
Annual average of daily sums

# 0 recurso solar



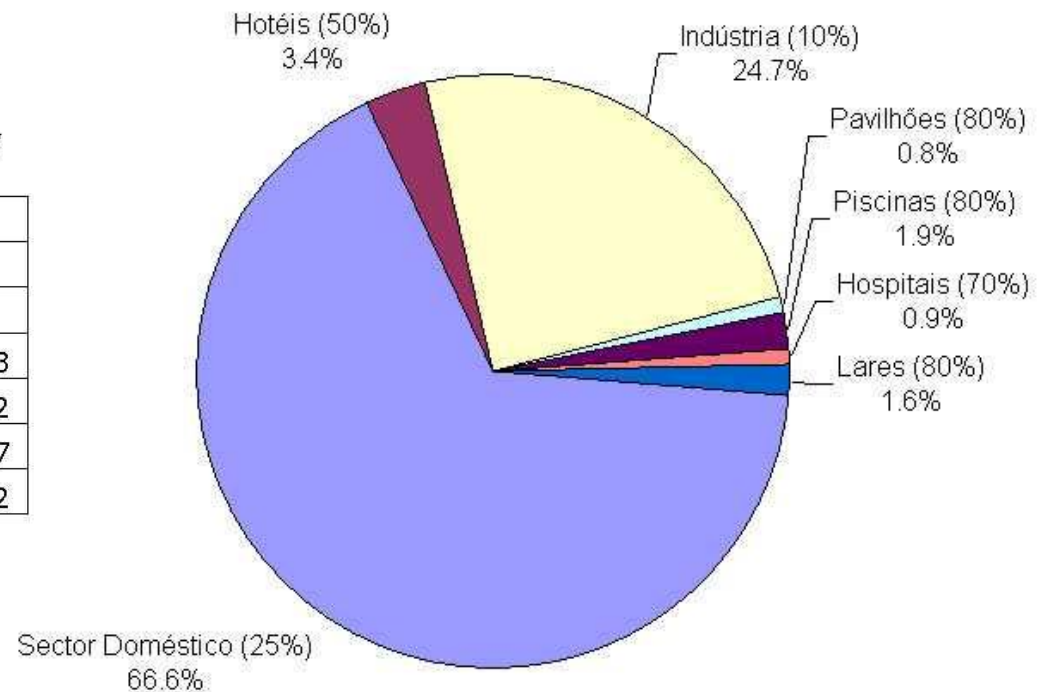
# Solar Térmico - Mercado Potencial

O mercado potencial em Portugal foi estimado em 14 milhões m<sup>2</sup>, dos quais 2,8 milhões m<sup>2</sup> representa o potencial exequível

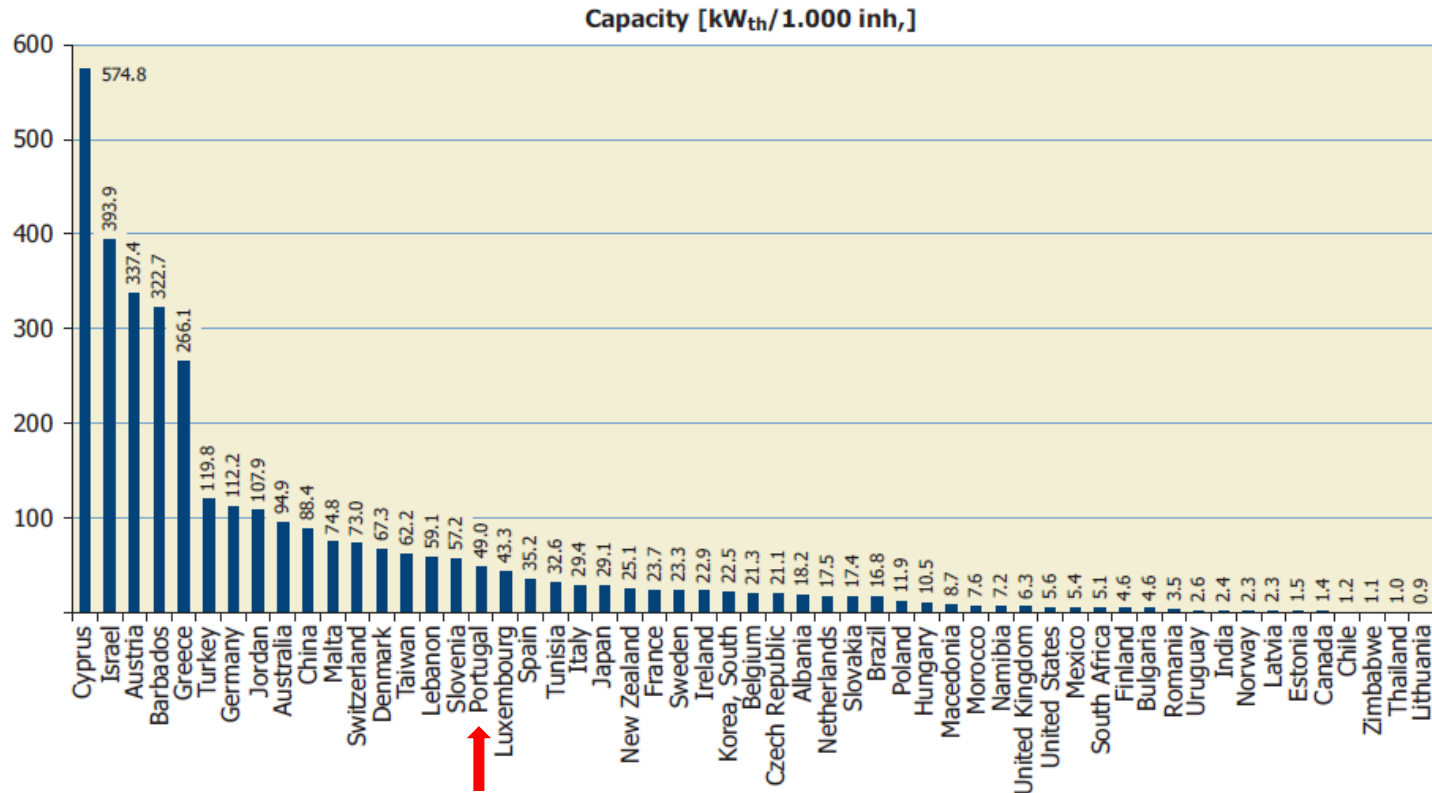
**Quadro 1 – Potencial máximo de aplicação de sistemas solares térmicos para AQS e AQP em Portugal**

( $A_c$  – área de colectores solares;  $E_{\text{útil}}$  – Energia útil  $E_{\text{final}}$  – Energia final).

		$A_c$ (m <sup>2</sup> )	Contribuição energética	
			$E_{\text{útil}}$	$E_{\text{final}}$
		(Mtep/ano)		
Doméstico	AQS	7 468 112	0.424	0.583
Indústria e Serviços	AQS	244669	0.021	0.022
	AQP	6 907 095	0.448	0.527
Total		14 619 876	0.893	1.132



# Solar Térmico – Aproveitamento



**Figure 7:** Total capacity of glazed flat plate and evacuated tube collectors in operation in kW<sub>th</sub> per 1,000 inhabitants by the end of 2010

$A_{col}$  Portugal: 754 000 m<sup>2</sup>  
 $A_{col}$  Grécia: 4 087 000 m<sup>2</sup>  
 $A_{col}$  Áustria: 4 559 000 m<sup>2</sup>

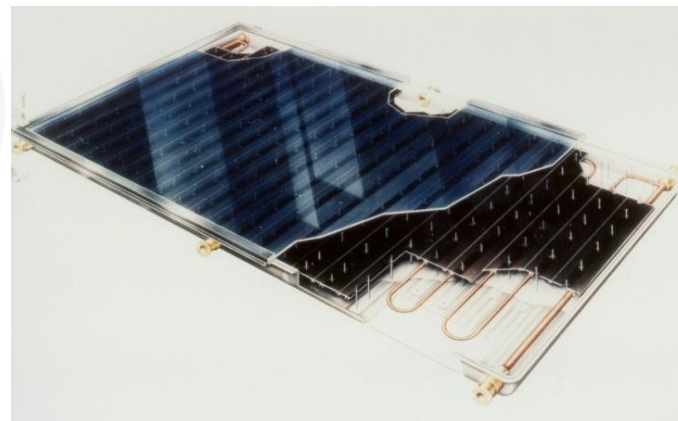
# Como explorar este potencial?

Fonte: Kalogirou, S., Solar thermal collectors and applications. Prog. Energy Comb. Sci., 30 (2004)

Seguimento	Tipo de colector	Concentração	Intervalo de temperaturas indicativo (°C)
Estacionário	Colector plano	1	30-80
	Tubo de vácuo	1	50-200
	Colector parabólico composto	1-5	60-240
Uniaxial	Colector parabólico composto	5-15	60-300
	Fresnel linear	10-40	60-250
	Cilindro-parabólico	10-50	60-300
Biaxial	Disco parabólico	100-1000	100-500
	Campo de heliostátos	100-1500	150-2000



*Colector plano sem cobertura*



*Colector com cobertura*

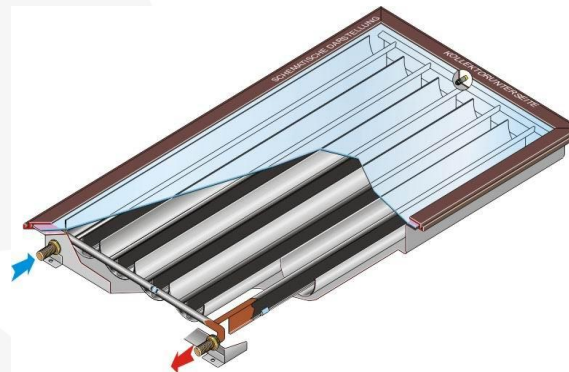
# Como explorar este potencial?

Fonte: Kalogirou, S., Solar thermal collectors and applications. Prog. Energy Comb. Sci., 30 (2004)

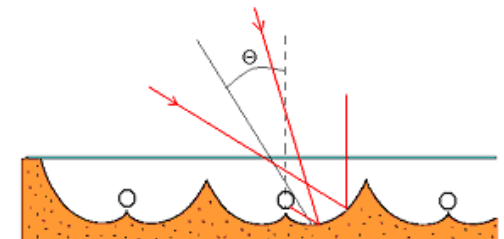
Seguimento	Tipo de colector	Concentração	Intervalo de temperaturas indicativo (°C)
Estacionário	Colector plano	1	30-80
	Tubo de vácuo	1	50-200
	Colector parabólico composto	1-5	60-240
Uniaxial	Colector parabólico composto	5-15	60-300
	Fresnel linear	10-40	60-250
	Cilindro-parabólico	10-50	60-300
Biaxial	Disco parabólico	100-1000	100-500
	Campo de heliostátos	100-1500	150-2000



*Colector de tubos de vácuo*



*Colector estacionário do tipo CPC*



# Como explorar este potencial?

Fonte: Kalogirou, S., Solar thermal collectors and applications. Prog. Energy Comb. Sci., 30 (2004)

Seguimento	Tipo de coletor	Concentração	Intervalo de temperaturas indicativo (°C)
Estacionário	Coletor plano	1	30-80
	Tubo de vácuo	1	50-200
	Coletor parabólico composto	1-5	60-240
Uniaxial	Coletor parabólico composto	5-15	60-300
	Fresnel linear	10-40	60-250
	Cilindro-parabólico	10-50	60-300
Biaxial	Disco parabólico	100-1000	100-500
	Campo de heliostátos	100-1500	150-2000



*Cilindro-parabólico*



*Fresnel linear*

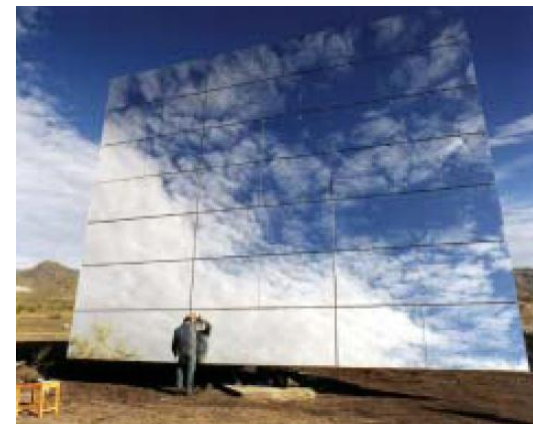


*Disco parabólico*

# Como explorar este potencial?

Fonte: Kalogirou, S., Solar thermal collectors and applications. Prog. Energy Comb. Sci., 30 (2004)

Seguimento	Tipo de coletor	Concentração	Intervalo de temperaturas indicativo (°C)
Estacionário	Coletor plano	1	30-80
	Tubo de vácuo	1	50-200
	Coletor parabólico composto	1-5	60-240
Uniaxial	Coletor parabólico composto	5-15	60-300
	Fresnel linear	10-40	60-250
	Cilindro-parabólico	10-50	60-300
Biaxial	Disco parabólico	100-1000	100-500
	Campo de heliostátos	100-1500	150-2000



*Campo de heliostatos / Central de torre*

# Como explorar este potencial?

100°C

400°C

>1000°C

Secagem solar

Aquecimento solar

solar cooking

solar cooling

Calor industrial

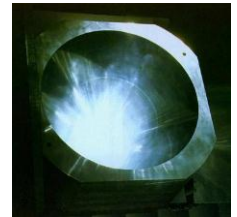
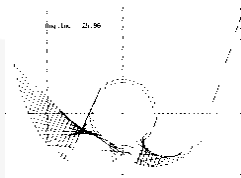
Poligeração

Potencia (Organic Rankine)

Potencia (Steam Rankine)

Fusão e sublimação de materiais

Armazenamento



# Como explorar este potencial?

## Residencial e Serviços

- Equipamentos desportivos
- IPSS (Lares/Centros de dia/etc.)
- Escolas
- Habitação
- Centros comerciais
- Edifícios de serviços
- ...

Climatização



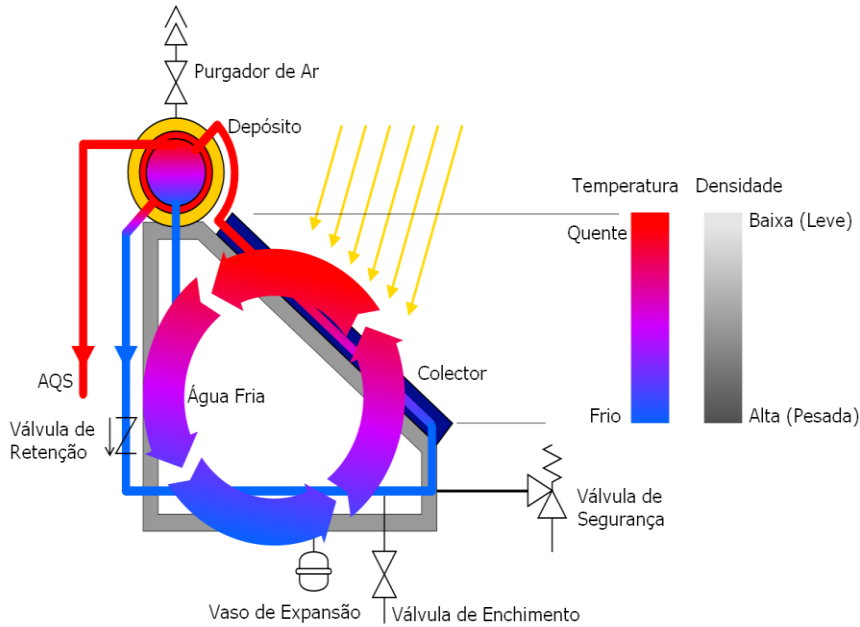
Piscinas

AQS

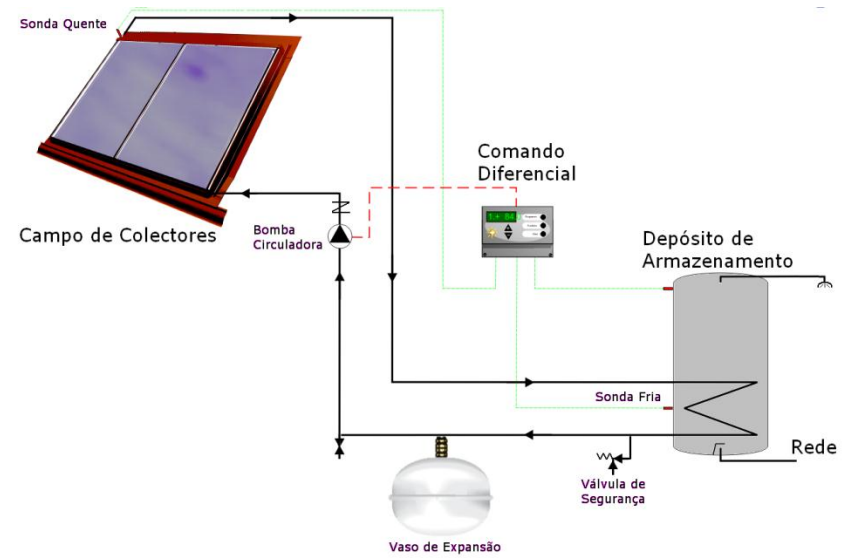
# Como explorar este potencial?

AQS

## Termossifão

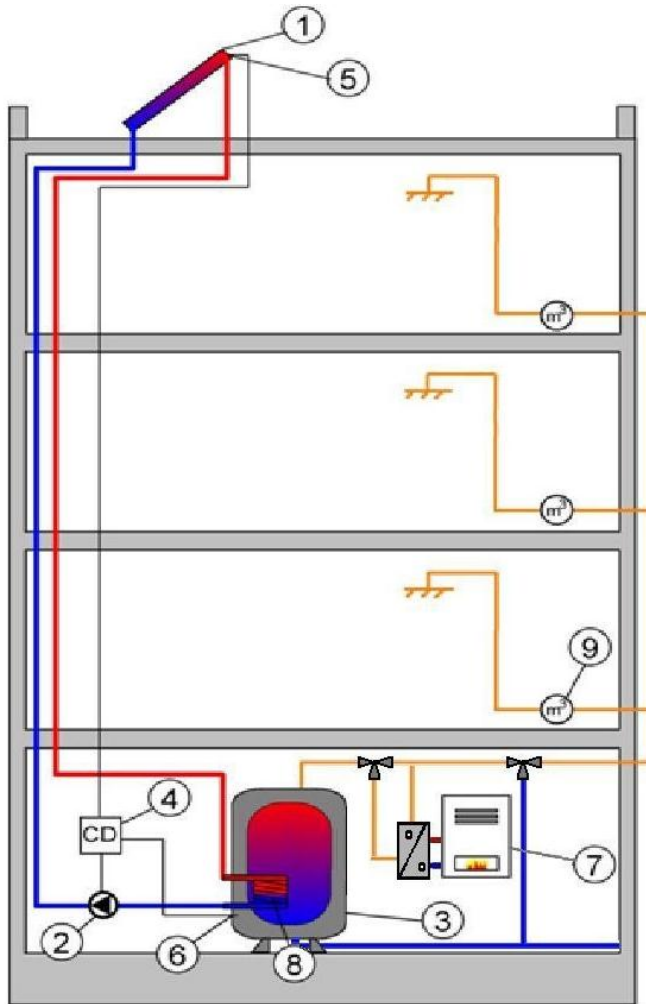


## Circulação forçada



# Como explorar este potencial?

AQS

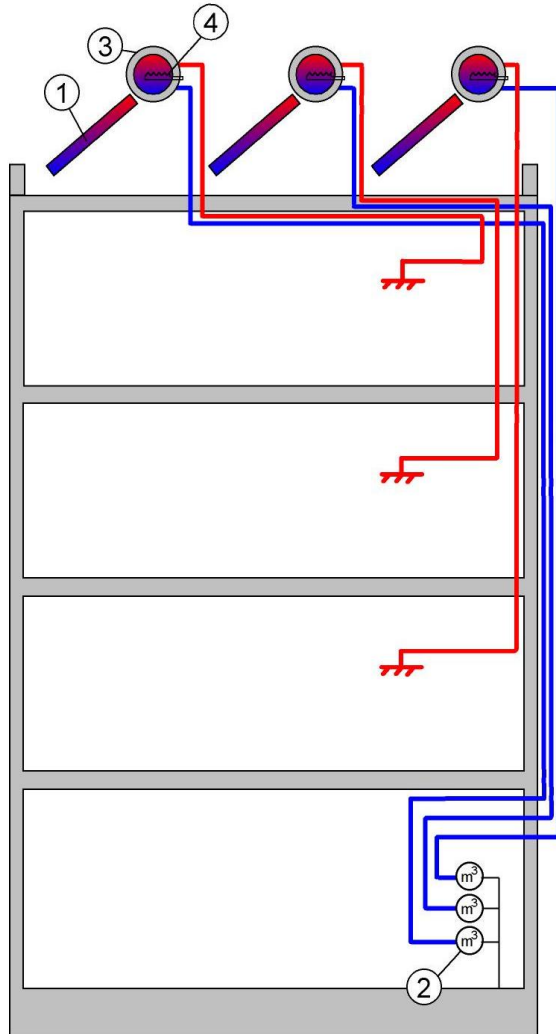


**Sistema colectivo  
integral**

**Sistema solar colectivo  
com depósito comum  
(permutador interno) e  
apoio eléctrico/gás**

# Como explorar este potencial?

AQS

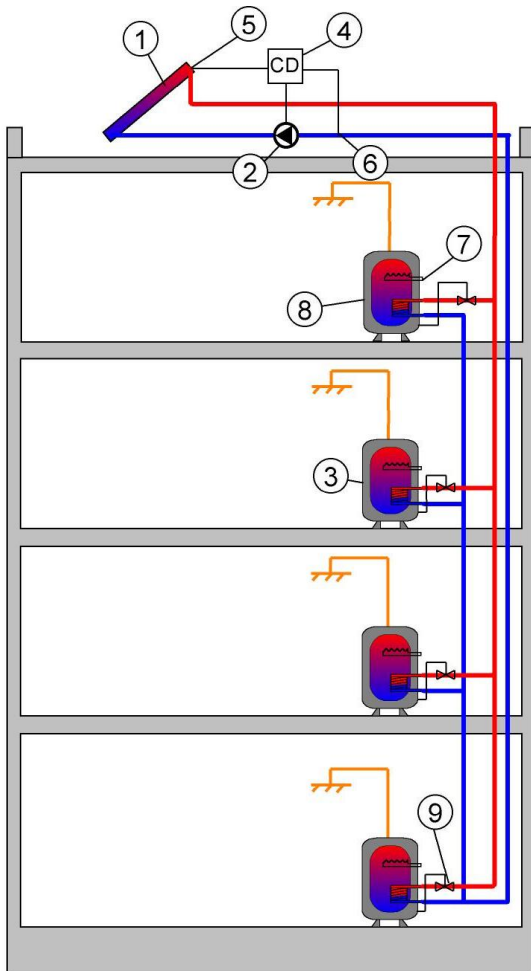


**Sistema individual  
integral**

**Edifício equipado com  
sistemas solares  
individuais em termossifão  
ou em circulação forçada**

# Como explorar este potencial?

AQS

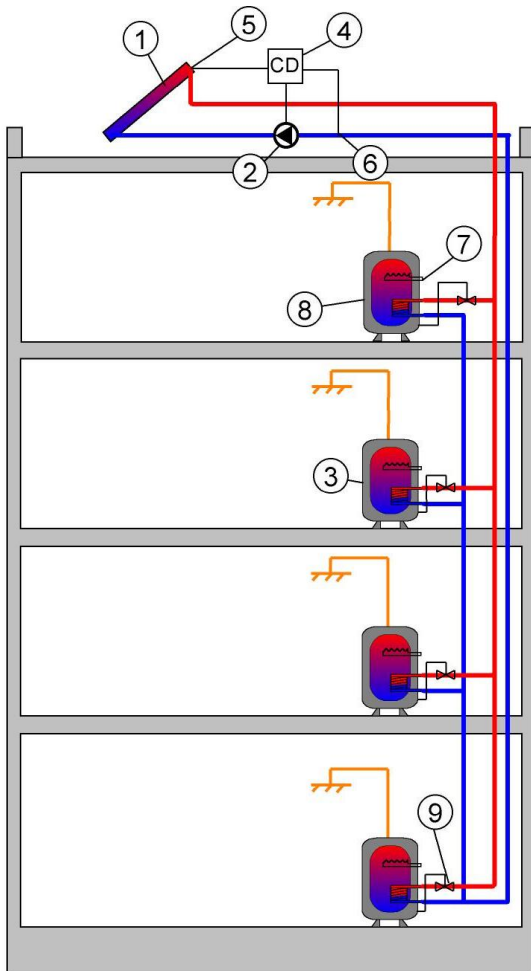


**Sistema colectivo  
na captação solar**

**Sistema solar colectivo mas  
com depósitos individuais  
com permutador, para  
acumulação e consumo  
individualizado**

# Como explorar este potencial?

AQS



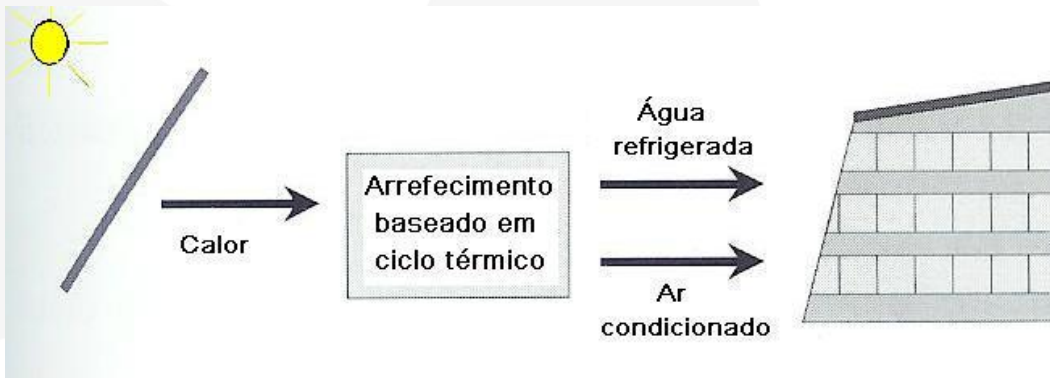
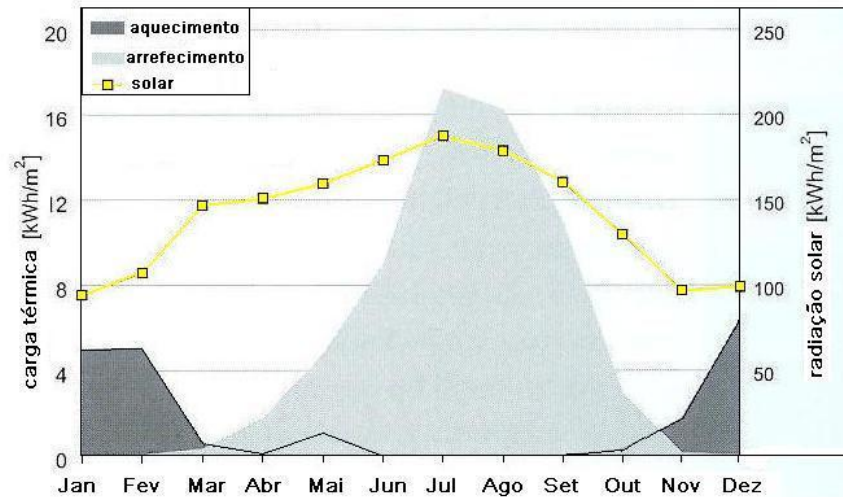
**Sistema colectivo  
na captação solar**

**Sistema solar colectivo mas  
com depósitos individuais  
com permutador, para  
acumulação e consumo  
individualizado**

# Como explorar este potencial?

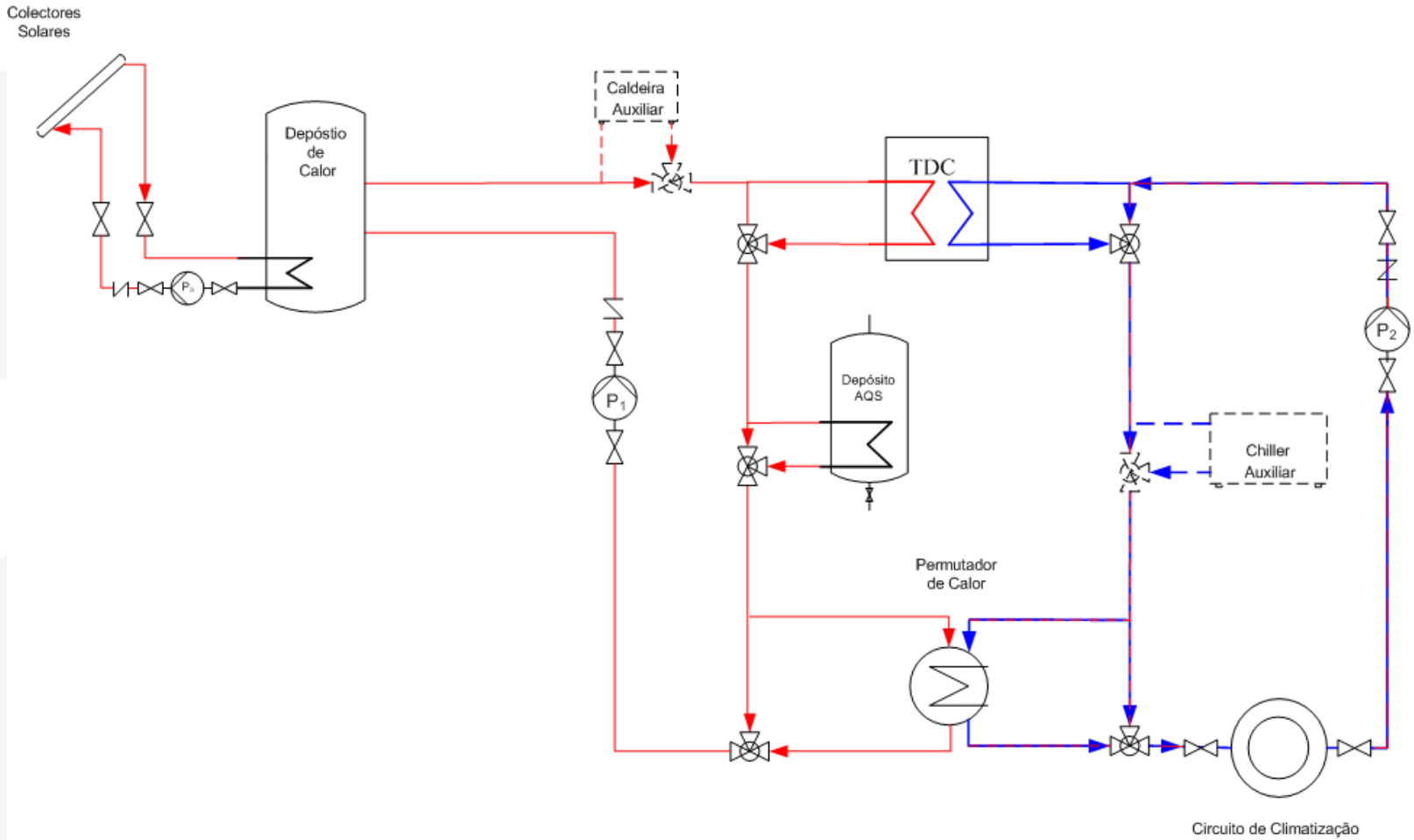
Climatização

Cargas térmicas de aquecimento e arrefecimento e disponibilidade de radiação solar, típicos para o Sul da Europa



# Como explorar este potencial?

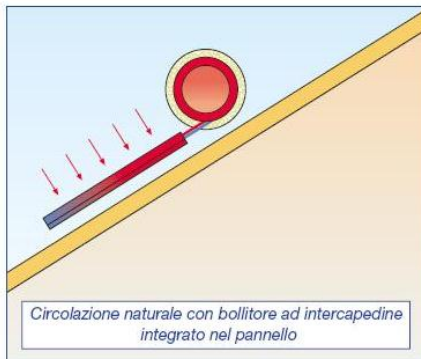
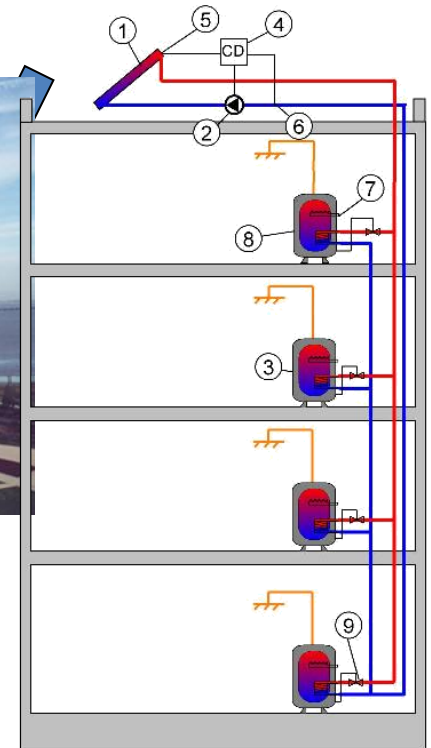
Climatização



# SOLAR OBRIGATÓRIO

Desde que haja cobertura com exposição solar adequada:

COLECTORES OBRIGATÓRIOS!



Nos edifícios unifamiliares,  
multifamiliares e de  
serviços.

# Integração arquitectónica?



# Integração arquitectónica!



# Integração arquitectónica!



# Estimativa de custos?

## Custo das Instalações Solares Térmicas

Pequenos sistemas ~ 600/800 €/m<sup>2</sup>

Grandes sistemas ~ 350/600 €/m<sup>2</sup>



Assumindo produtividades entre  
400 e 800 kWh/(m<sup>2</sup>.ano)  
e  
20 anos de vida útil



kWh<sub>solar</sub> € [0,02 ; 0,1] €

vs

kWh<sub>GN</sub> € [0,05 ; 0,07] €

Fonte: Apisolar

# Estimativa de custos?

## Custo das Instalações Solares Térmicas

Pequenos sistemas ~ 600/800 €/m<sup>2</sup>

Grandes sistemas ~ 350/600 €/m<sup>2</sup>



Assumindo produtividades entre  
400 e 800 kWh/(m<sup>2</sup>.ano)  
e  
20 anos de vida útil



kWh<sub>solar</sub> € [0,02 ; 0,1] €

vs

kWh<sub>GN</sub> € [0,05 ; 0,07] €

Fonte: Apisolar

**Contas meramente indicativas!!!  
Necessário estudo aprofundado para  
cada aplicação!**

## UTILIZAÇÃO DA ENERGIA SOLAR EM LARGA ESCALA

### Energia Solar e novos materiais para a construção.

- Novos colectores para conversão solar térmica (ex: materiais poliméricos; novas superfícies absorsoras; concentração).
- Utilização das fachadas dos edificios

### Novas aplicações e novos desenhos

- Aplicações industriais (calor de processo, dessalinização, etc...)
- Sistemas combinados e sistemas em trigeriação para NZEB
- Apoio no desenvolvimento de novas aplicações (p.e. frio solar)

### Armazenamento

- Sistemas de armazenamento de mudança de fase integrados no material de construção.

### Formação

- Profissional, secundario e superior

## ¿Qué es REDIENE?

La Red Iberoamericana de Energía, REDIENE, es una vía para crear y estrechar vínculos entre distintas instituciones del sector energético para dar soluciones a problemas y necesidades existentes, que permitan potenciar el desarrollo energético sostenible en Iberoamérica.

Es una acción del área temática Energía, del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, CYTED.



## Misión

Potenciar la gestión del conocimiento en energía, a través del intercambio de información, conocimientos, experiencias y soluciones que contribuyan al desarrollo energético sostenible y científico-tecnológico de la región iberoamericana.

## Visión

REDIENE servirá de apoyo a la toma de decisiones en el sector energético de Iberoamérica.

## Objetivo General

Potenciar la gestión del conocimiento en energía, a través del intercambio de información científica y tecnológica, conocimientos, experiencias y soluciones que contribuyan al desarrollo energético sostenible, y científico tecnológico de la región Iberoamericana; fomentando la cooperación de instituciones, centros de investigación, universidades, empresas, especialistas y profesionales relacionados con los recursos, las fuentes y tecnologías energéticas en toda la cadena energética desde la exploración y extracción hasta los servicios

## Objetivos Específicos

- Integrar instituciones, empresas, especialistas y profesionales vinculados al sector energético de Iberoamérica.
- Intercambio, divulgación y publicación de información científica y tecnológica de energía como soporte a la toma de decisiones en Iberoamérica.
- Educar y entrenar a recursos humanos (Jornadas Iberoamericanas, Talleres Especializados y Cursos /Seminarios en diferentes países integrantes de REDIENE) del sector energético.



## Beneficios que ofrece

- Brinda a empresarios y otros actores la posibilidad de promover sus productos, servicios, catálogos.
- Brinda a investigadores y otros profesionales la posibilidad de publicar resultados, dar a conocer sus experiencias.



## Reuniones

- Encuentro Preparatorio y de Conciliación. Marco FIBECYT. Isla Margarita 2 - 3 de Diciembre 2008. Venezuela.
- Primera Reunión de Coordinación. Universidad Tecnológica de Panamá. Panamá 14 -15 Abril 2010. Panamá.
- Reunión del Comité de Área con los Coordinadores de Acciones vigentes. Marco Foro CYTED-IBEROEKA. Playa del Carmen 22-23 de noviembre 2010. México
- Segunda Reunión de Coordinación. Cartagena de Indias, abril 2011. Guatemala (por confirmar)

## Países y entidades que integran REDIENE hasta el momento

- ARGENTINA** / Universidad Nacional De Salta (UNSA)
- BRASIL** / Universidad de São Paulo (FZEA/USP)
- CHILE** / Centro Interdisciplinario de Energía, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV)
- CUBA** / Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía (CUBAENERGÍA)
- ECUADOR** / Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE)
- EL SALVADOR** / Universidad Centroamericana "J. S. Cañas" (UCA)
- ESPAÑA** / Universidad de Valladolid (UVA)
- GUATEMALA** / Ministerio de Energía y Minas (MEM)
- HONDURAS** / Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH)
- Investigación, Desarrollo y Demostración en Energía y Ambiente S de RL (IDEA)**
- PANAMA** / Universidad Tecnológica de Panamá (U.T.P.)
- PARAGUAY** / Instituto Nacional de Tecnología, Normalización y Metrología (INTN)
- PERÚ** / Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
- PORTUGAL** / Instituto Nacional de Engenharia Tecnologia e Inovação, IP (INETI), / Escola de Ciências e Tecnologia / Universidade de Évora (ECTUE).
- REPÚBLICA DOMINICANA** / Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD).
- VENEZUELA** / Universidad Bolivariana De Venezuela (UBV).

[www.rediene.com](http://www.rediene.com)



# Muito obrigado pela vossa atenção!

**João Cardoso**

[joao.cardoso@lneg.pt](mailto:joao.cardoso@lneg.pt)

Unidade de Energia Solar



[www.lneg.pt](http://www.lneg.pt)



GOVERNO DE  
PORTUGAL

MINISTÉRIO DA ECONOMIA  
E DO EMPREGO