

# Durabilidade de Colectores Solares Térmicos

## NOVAS COMPETÊNCIAS DO LNEG PARA AS EMPRESAS

*Maria João Carvalho*  
*Teresa Cunha Diamantino*

19 de fevereiro de 2015



Missão, Infra-estruturas, Atividades e Competências:

**LES** – Laboratório de Energia Solar

**LMR** – Laboratório de Materiais e Revestimentos



Durabilidade de Colectores Solares Térmicos: Casos reais



O que é a corrosão? Causas e Consequências.



Corrosividade Atmosférica. Mapas de Portugal



Durabilidade de Superfícies Absoradoras Solares



Projecto DURASOL: Novas infraestruturas e competências para as empresas



# LABORATÓRIO DE ENERGIA SOLAR



Desenvolvimento atividade metrológica (processos físicos) relativa à Energia Solar para caracterização de sistemas térmicos (e seus componentes), ativos e passivos, desde a captação ao fornecimento de energia térmica (frio e calor) com vista, quer ao desenvolvimento normativo, quer ao desenvolvimento e à qualificação de produtos.

As atividades são tendencialmente desenvolvidas de acordo com a referência normativa NP EN ISO/IEC 17025 (Acreditação de Laboratórios de Ensaio).

Desenvolvimento de estudos de pré-normalização e normalização a nível europeu e internacional.

Realização de ensaios para:

■ Certificação de Produtos



**Solar Keymark**

Laboratório reconhecido por entidades certificadoras:  
CERTIF (Portugal); DIN CERTCO (Alemanha)

Participação ativa na Rede Solar Keymark

(Certificadores; Laboratórios e Indústria)

- Apoio ao setor empresarial: Desenvolvimento/Otimização de produtos
- Suporte através de atividades I&D pré-normativa (nacional e internacional)



# LABORATÓRIO DE ENERGIA SOLAR

## Ensaio de coletores solares térmicos (ISO 9806:2013)



Ensaio de fiabilidade e durabilidade:



**IPAC**  
acreditação

L0086  
Ensaio



**Comportamento térmico**  
(rendimento):

- Método estacionário
- Método Quase-Dinâmico

**NOVIDADES** (por exemplo):

Ensaio EXPOSIÇÃO:

**Classes Climáticas (A, B; C)**

## Ensaio de sistemas pré-fabricados (EN 12976-2:2006)

Ensaio de fiabilidade e durabilidade

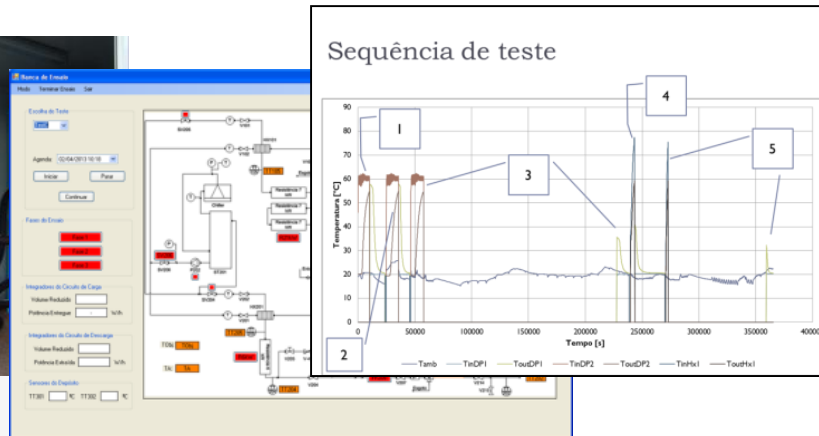


**Comportamento térmico**  
(Possibilidade de formação de famílias de sistemas – Solar Keymark)



# LABORATÓRIO DE ENERGIA SOLAR

## Ensaio de depósitos (EN 12977-3:2012) e depósitos combinados (EN 12977-4:2012)



### Parâmetros característicos do depósito:

- **Coeficiente de perdas** (Lateral; Base e Topo)
- **Coeficiente de transferência de calor dos permutadores** (solar; auxiliar, outros)
- **Grau de estratificação**
- ...

## Ensaio de sistemas solares térmicos por medida (EN 12977-2:2012)

## Ensaio do sistema em laboratório

**Substituído  
por:**



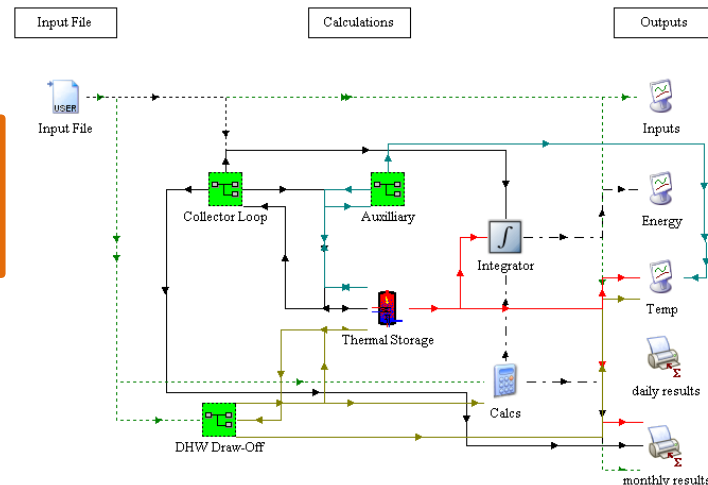
# Ensaio Coletor (ISO 9806)

**Ensaio  
Depósito  
(EN 12977-3 /4)**

**Ensaio  
controlador  
EN 12977-5**



### Simulação: Comportamento térmico longo prazo



# LABORATÓRIO DE ENERGIA SOLAR

## DESENVOLVIMENTO DE NOVOS MÉTODOS DE ENSAIO

Produtos sem enquadramento normativo

Por exemplo:

Ensaio de bombas calor assistidas por energia solar

*Seasonal Performance Factor – SPF*

$$SPF = \frac{Q_{usable}}{E_{electrical}}$$
$$E_{ren} = Q_{usable} \left( 1 - \frac{1}{SPF} \right)$$



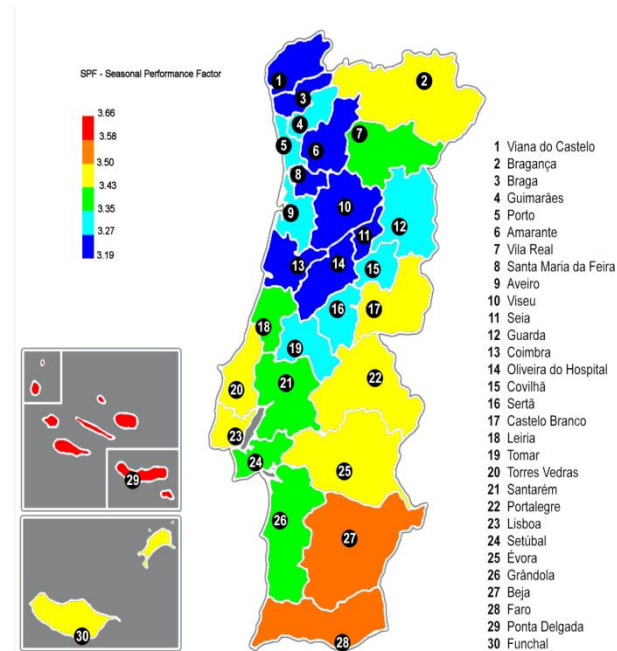
Evaporador



Depósito de 300 l



Depósito de 250 l

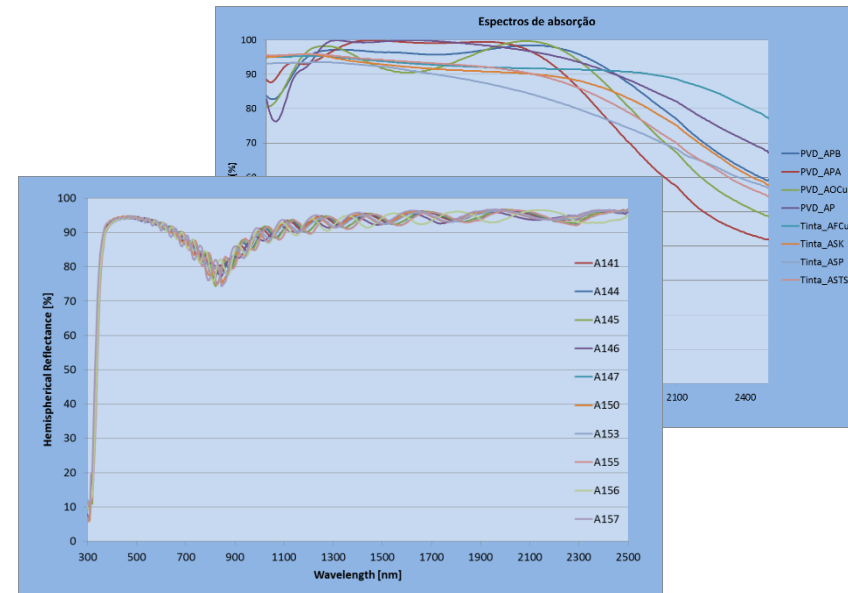
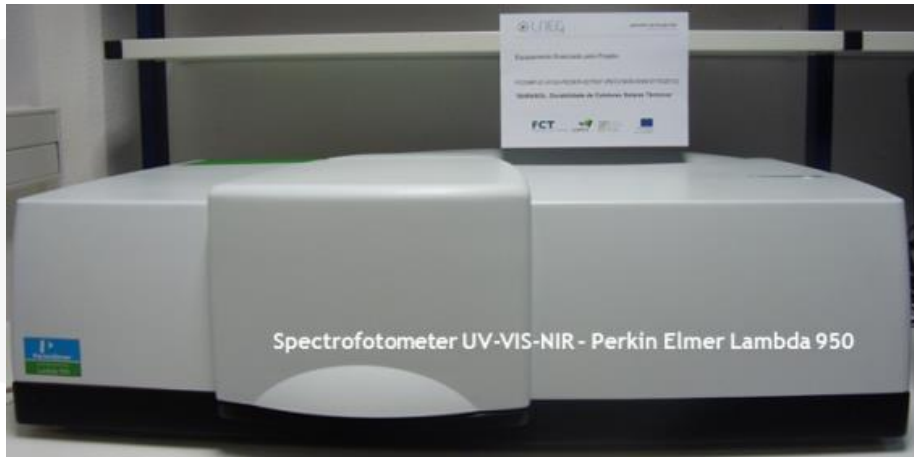




# LABORATÓRIO DE ENERGIA SOLAR

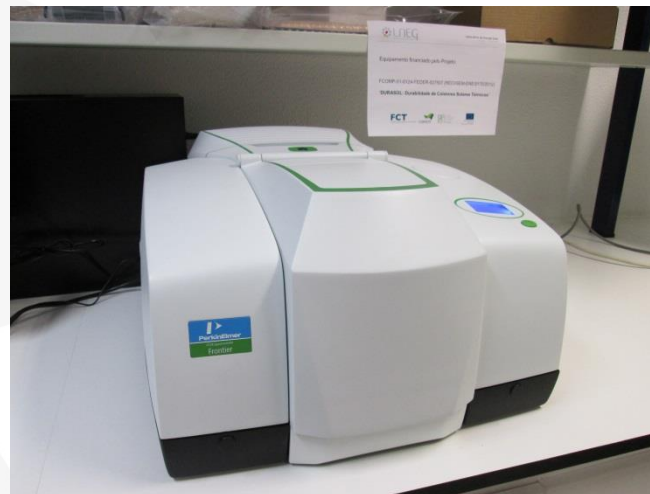
## Caraterização ótica de absorsores e refletores

Espectrofotómetro UV-VIS-NIR (175 - 3300 nm)  
com Esfera Integradora InGaAs 150 mm (200 - 2500 nm)



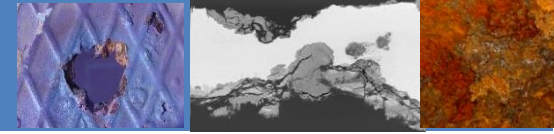
Aquisição final 2013

FTIR (7800 - 225  $\text{cm}^{-1}$ ) (1,3 - 44, 4  $\mu\text{m}$ )  
com Esfera Integradora MID-IR  
(5000-250  $\text{cm}^{-1}$ ) (2 - 40  $\mu\text{m}$ )



Aquisição final 2014





# LABORATÓRIO DE MATERIAIS E REVESTIMENTOS

Desenvolver atividades de I&DT e prestar serviços para as empresas nos domínios da caracterização, da degradação/corrosão e da proteção anticorrosiva de materiais para a sustentabilidade dos sistemas de energia

## › Prestação de serviços

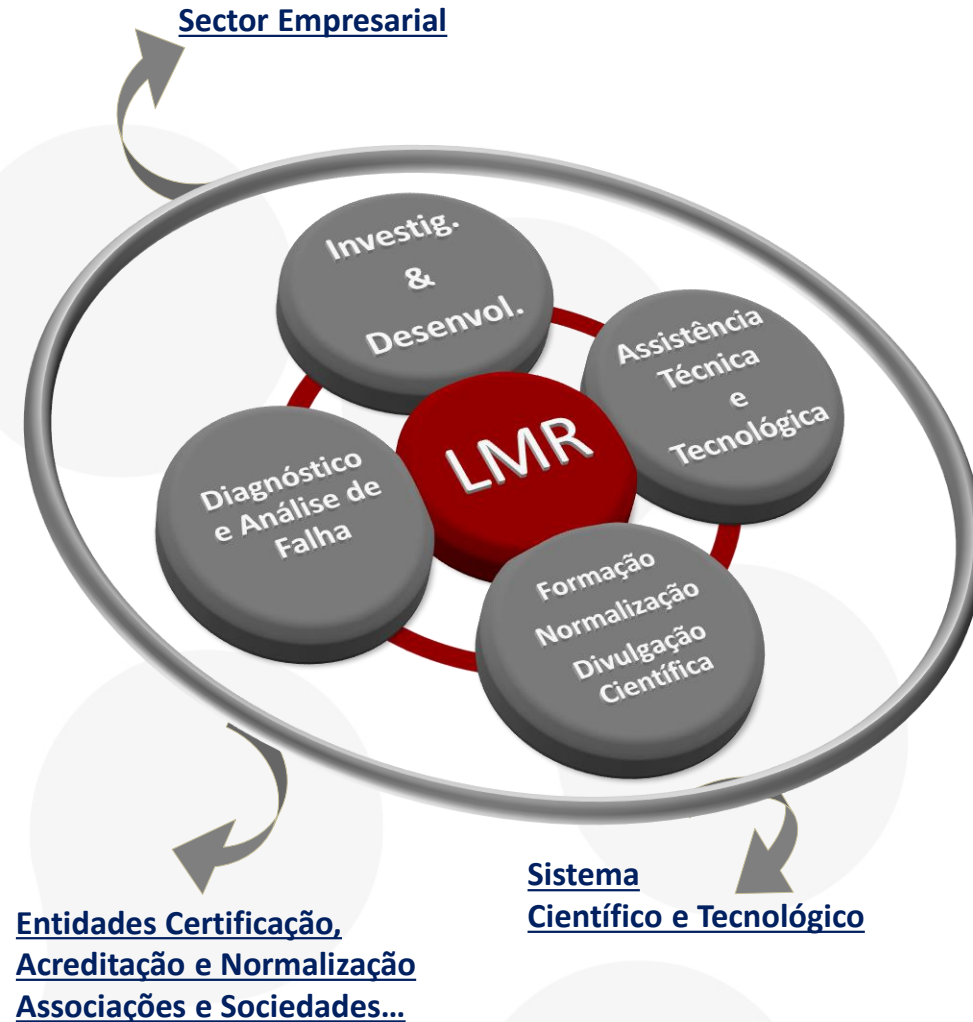
- Ensaaios Normalizados ou de acordo requisitos específicos do Cliente.
- Estudos de corrosão em laboratório e estações de ensaio naturais.
- Diagnóstico e análise de falha.
- Inspeções/Pareceres técnicos.
- Estudos bibliográficos.
- Formação a pedido do Cliente.

## › Investigação & Desenvolvimento

- Desenvolvimento de projetos de I&DT em consórcio com as empresas.
- Participação em distintos programas de financiamento de Ciência e Inovação Nacionais e Internacionais.

## Principais competências:

- Detecção, estudo e prevenção da corrosão de materiais;
- Durabilidade de materiais;
- Especificação de materiais e selecção de esquemas de protecção anticorrosiva;
- Caracterização de ambientes / corrosividade;
- Caracterização física, química e mecânica de materiais;
- Desenvolvimento de novos tratamentos de superfícies e revestimentos;
- Valorização de produtos naturais



# LABORATÓRIO DE MATERIAIS E REVESTIMENTOS



# LABORATÓRIO DE MATERIAIS E REVESTIMENTOS

## Caracterização de Materiais



## Degradação artificial de materiais



## Degradação natural de materiais





# Durabilidade de Colectores Solares Térmicos

Mercado dos Colectores Solares  
Térmicos está em grande expansão



Desempenho Térmico

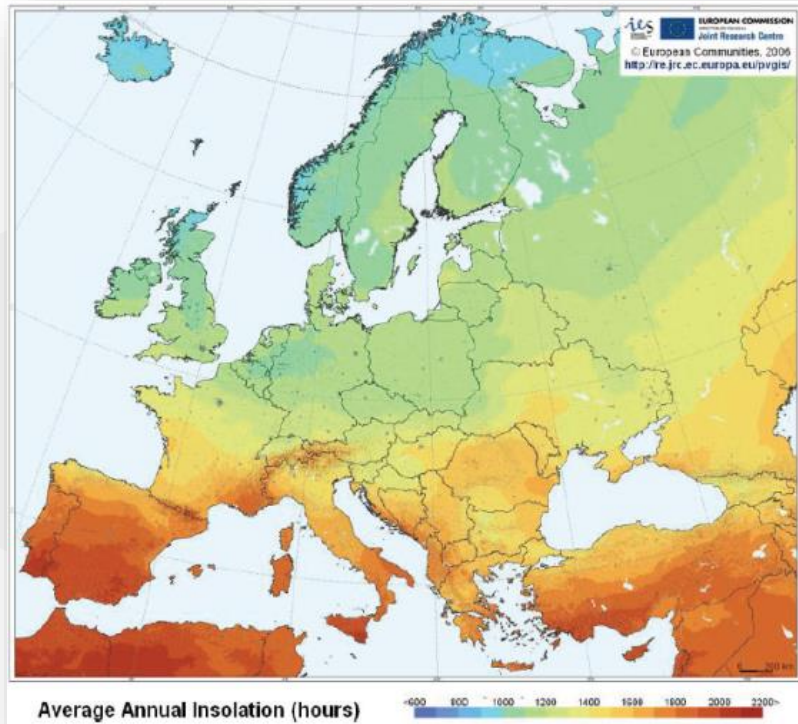
Fiabilidade

**Elevada durabilidade dos  
materiais**





# Durabilidade de Colectores Solares Térmicos



A degradação/corrosão dos materiais é um problema muito relevante.

País com um elevado potencial de

ENERGIA SOLAR TÉRMICA



Extensa orla marítima



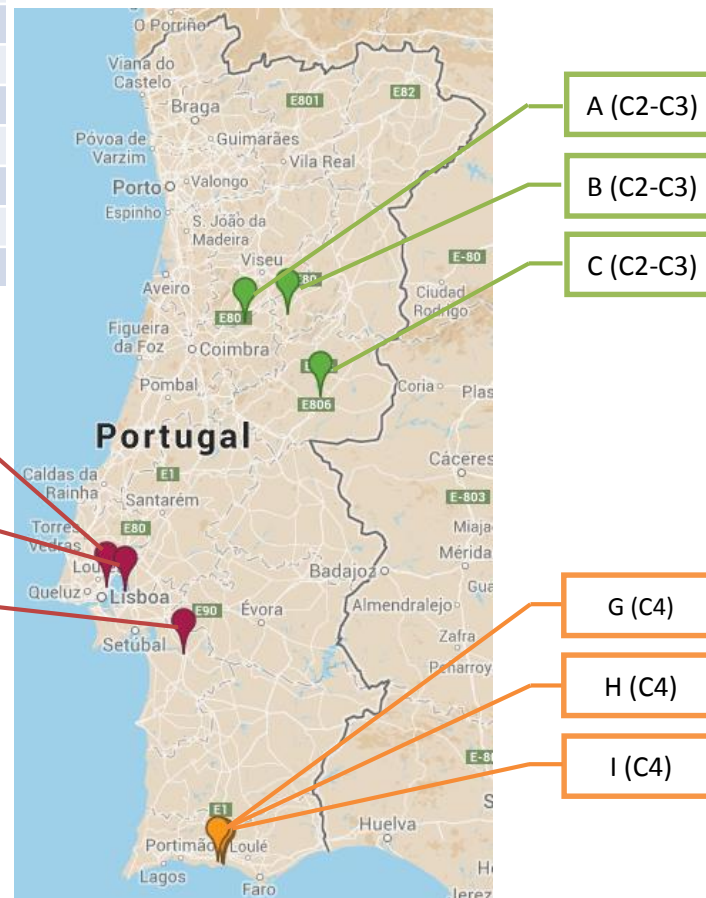
Elevado impacto durabilidade dos materiais, *metálicos* e *poliméricos*

- Tempo de Humedecimento
- Dióxido de enxofre
- Cloretos
- Radiação Ultravioleta



# Instalações solares térmicas - visitas

	Nome	Ano instalação	Ano 1ª visita
A	Fundação Sarah Beirão	1997	2003
B	Escola Evaristo Nogueira	1996	2003
C	Lar Major Rato	1999	2003
D	Seminário Maior de Cristo Rei	2000	2003
E	Câmara Municipal de Alcochete	2000	2003
F	Câmara Municipal de Alcácer do Sal	1998	2003
G	Campisul – Parque de campismo de Albufeira	2000	2003
H	Aldeamento Turístico Alfagar	1998	2003
I	Balaia Sol	1999	2003



## Visitas realizadas com o objetivo de identificar falhas de instalação [1]:

- Sensor de temperatura dos coletores – mau posicionamento e mau contacto térmico;
- Sensor de temperatura no depósito – mau posicionamento e mau contacto térmico;
- Deficiente isolamento das tubagens e problemas de corrosão galvânica;
- Ligação permanente do circuito primário à alimentação de água da rede

[1] M. Lopes Prates, A. Neves, M.J. Carvalho, J. Farinha Mendes, S. Spencer (2006), Análise dos resultados da inspeção visual de instalações solares em operação, da inspeção final no processo de qualificação de coletores e da avaliação do risco dos seus potenciais modos de falha, CIES 2006 – XIII Congresso Ibérico e VIII Congresso Ibero-Americano de Energia Solar, 9-10 de Novembro 2006, Lisboa.

# Principais problemas identificados em 2013

Visitas realizadas com o objetivo de identificar problemas de degradação/corrosão dos diferentes componentes das instalações

Especial enfoque nos **coletores**:

- Caixa do coletor;
- Absorção;
- Vedantes

Outros componentes:

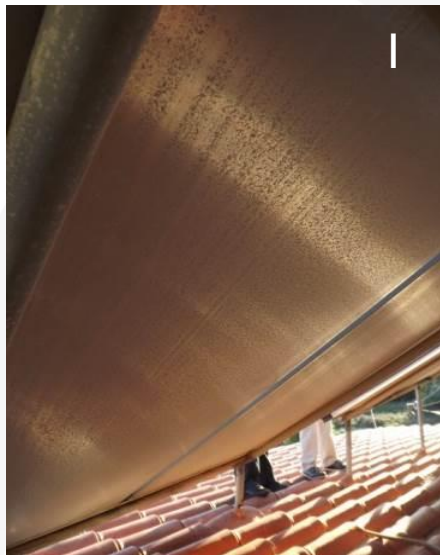
- Suportes
- Isolamentos tubagem
- Erros anteriores

# Coletores solares – Caixa

Placa posterior



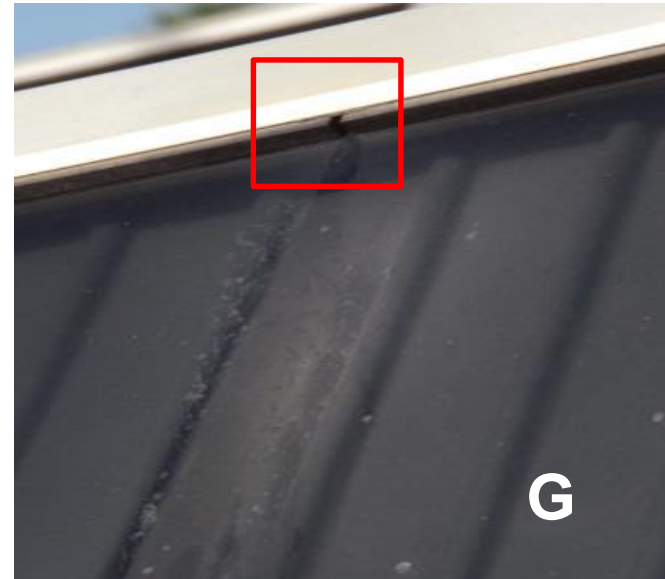
Cantos



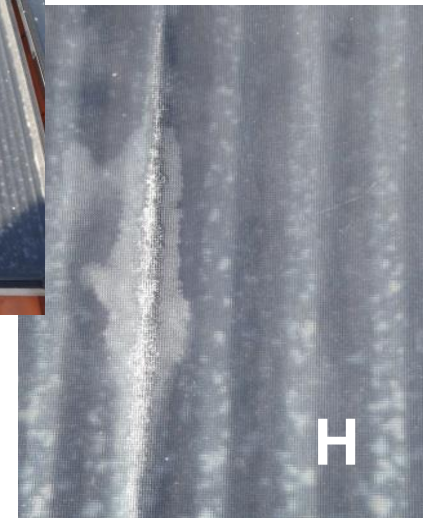
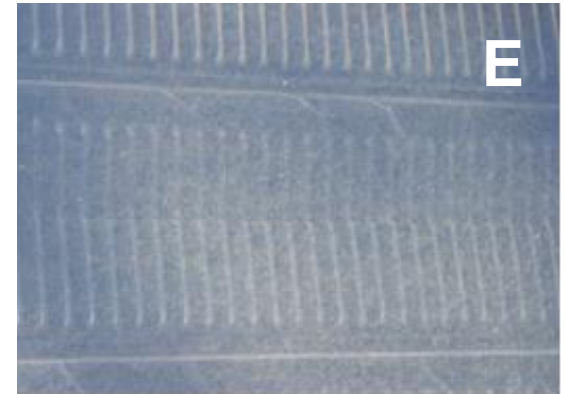
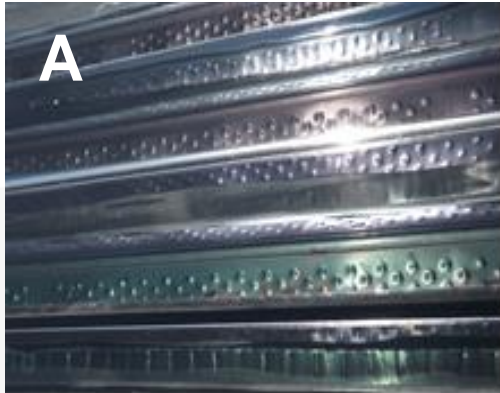


# Coletores solares – Vedantes

## Encolhimento / fissuração vedantes



# Coletores solares – Absorsores



# Coletores solares – Suportes





# Outros componentes da instalação

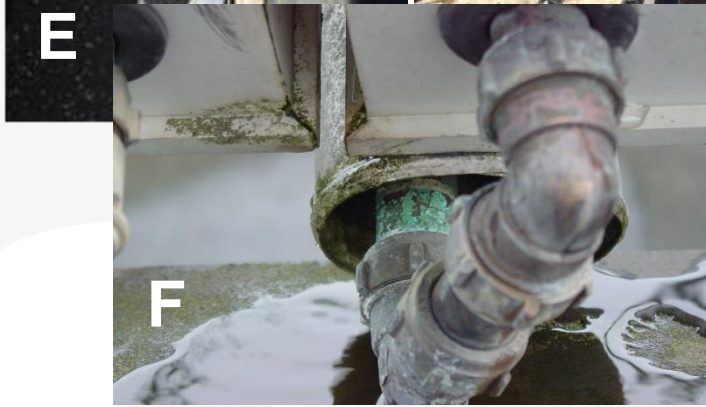
Tubagem com problemas de fugas



Degradação de componentes em salas técnicas



Isolamentos degradados sem proteção mecânica



# O que é a Corrosão?

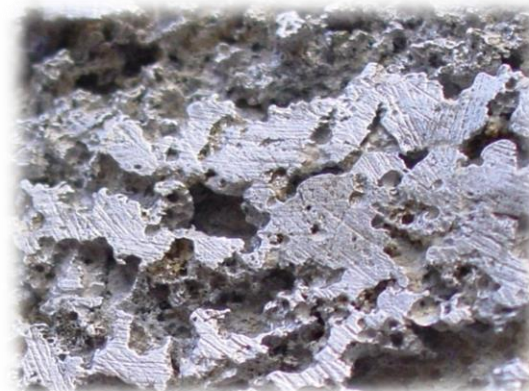
## EFC – European Federation of Corrosion / ISO 8044:1999

Interação físico-química entre o metal e o meio envolvente, da qual resultam mudanças nas propriedades do metal, levando frequentemente à sua inutilização ou do sistema técnico do qual faz parte, ou ainda à alteração do meio.



## NACE

Deterioração de um material ou das suas propriedades devida a reação com o meio envolvente.



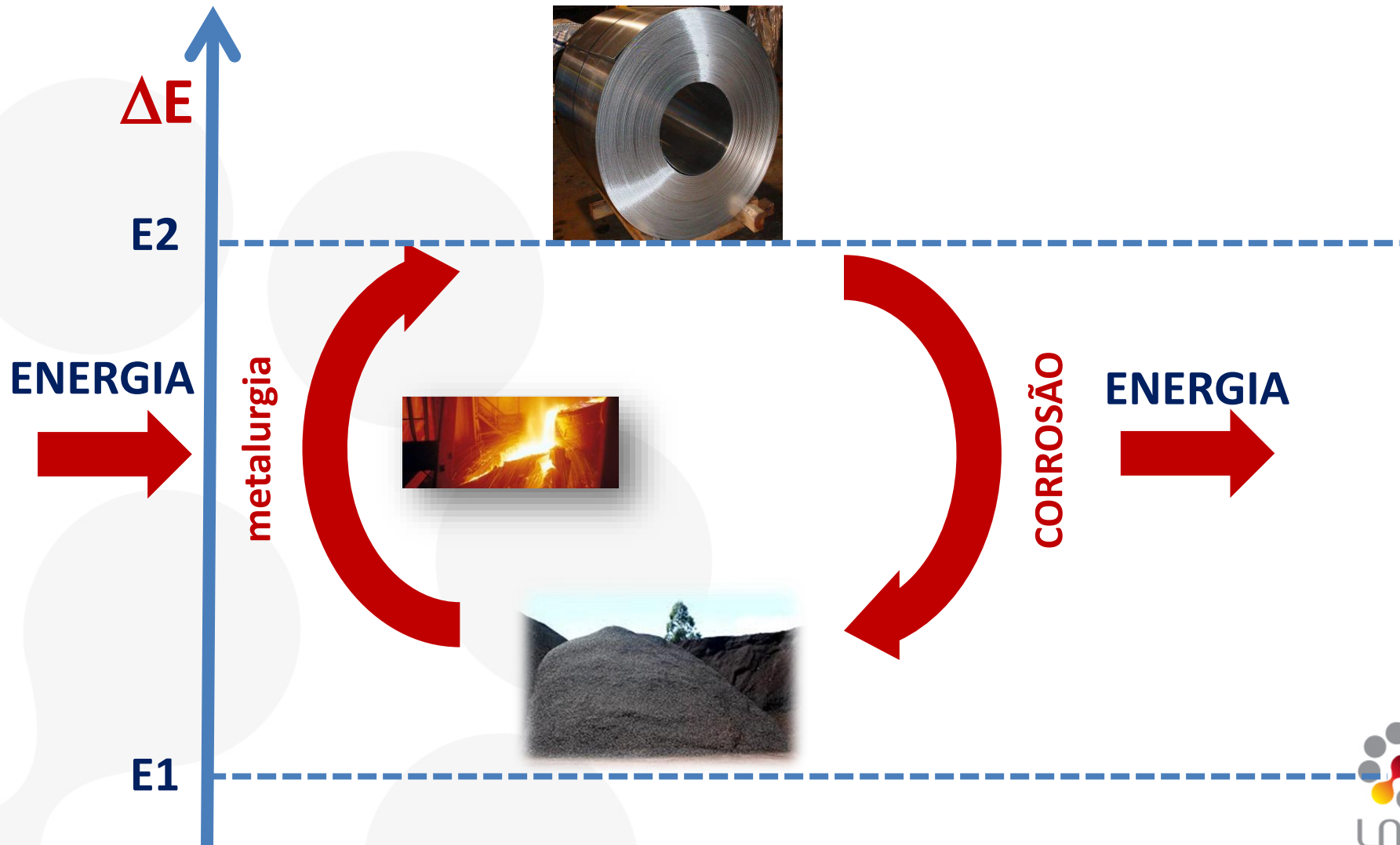
## IUPAC

Corrosão é a reacção interfacial irreversível de um material (metálico, cerâmico, polimérico) com o meio envolvente, que resulta no consumo do material ou na dissolução para o interior do material de um componente do meio.





# Ciclo de Vida dos Materiais



# Custos da Corrosão

Elevados impactos

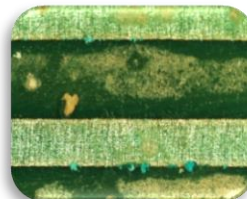
- Económicos
- Ambientais
- Sociais

3 - 4% PIB

Custos evitáveis

20%

1000-1400 milhões €



# Principais tipos de Corrosão

## UNIFORME



## LOCALIZADA

### macroscópica

Galvânica

Intersticial

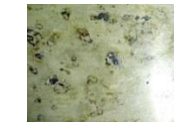
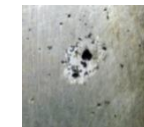
Picadas

Selectiva

Erosão

Exfoliação

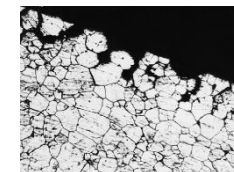
Microbiológica



### microscópica

Intergranular

Sob tensão



# Mecanismo fundamental da Corrosão

## Série Galvânica de Metais e Ligas em Água do Mar

**Extremidade  
anódica  
(Corrosão)**

Magnésio  
Zinco  
Alclad 38  
Alumínio 3S  
Alumínio 61S  
Alumínio 63S

### Aço macio

Aço de baixa liga  
Aço ligado  
Ferro fundido  
Aço AISI 410 (Activo)  
Aço AISI 430 (Activo)  
Aço AISI 304 (Activo)  
Aço AISI 316 (Activo)

Chumbo

Estanho

Níquel (Activo)

Inconel (Activo)

Metal Muntz

Latão amarelo

Latão Almirantado

Latão de Alumínio

Latão Vermelho

### Cobre

Bronze

90/10 Cobre-Níquel

70/30 Cobre-Níquel Baixo teor em Ferro

70/30 Cobre-Níquel Alto teor em Ferro

Níquel (passivo)

Inconel (passivo)

Monel

Hastelloy C

Aço AISI 410 (passivo)

Aço AISI 430 (passivo)

Aço AISI 304 (passivo)

Aço AISI 316 (passivo)

Titânio

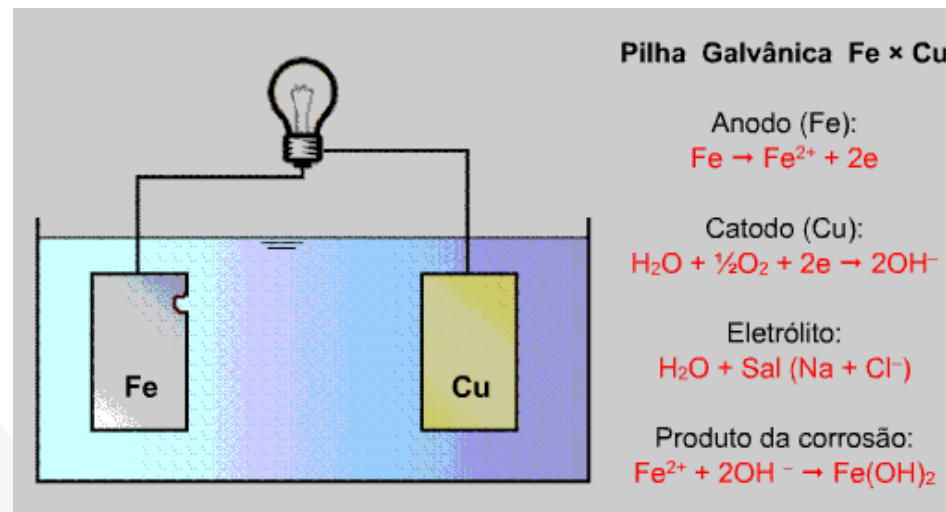
Prata

Grafite

Ouro

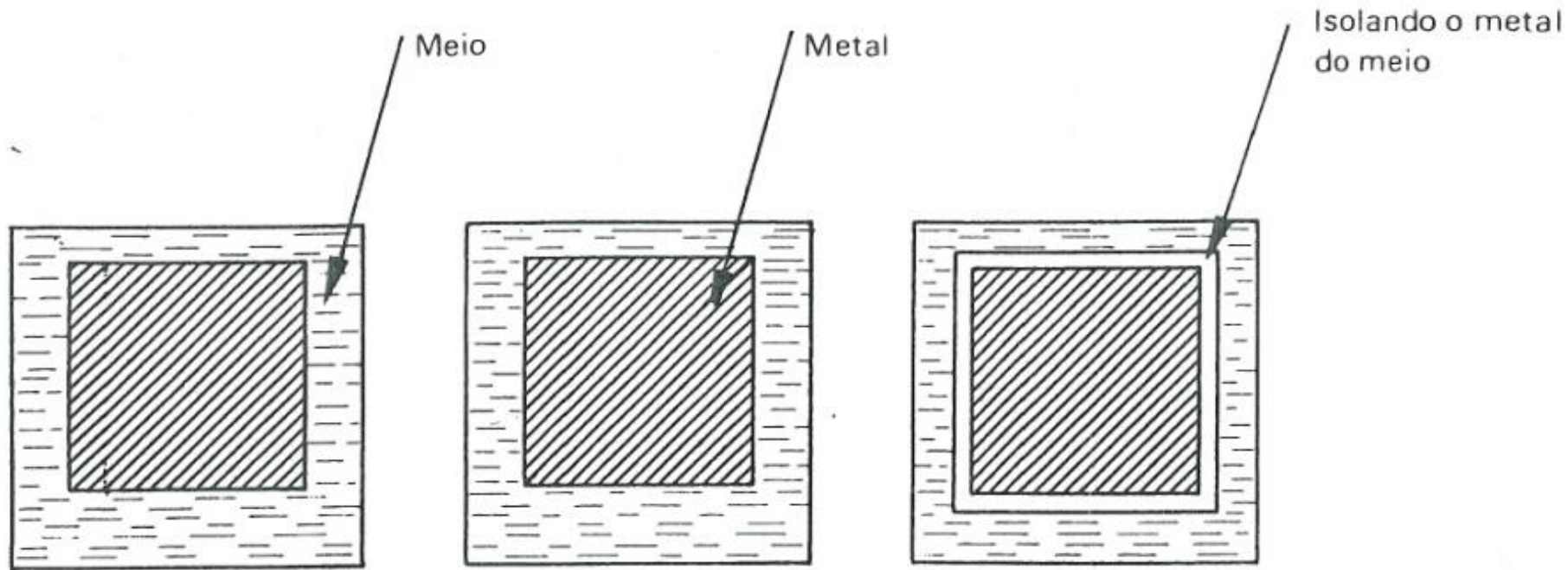
Platina

**Extremidade  
catódica  
(Protecção)**





# Técnicas de proteção contra a corrosão





# Ambientes Exteriores



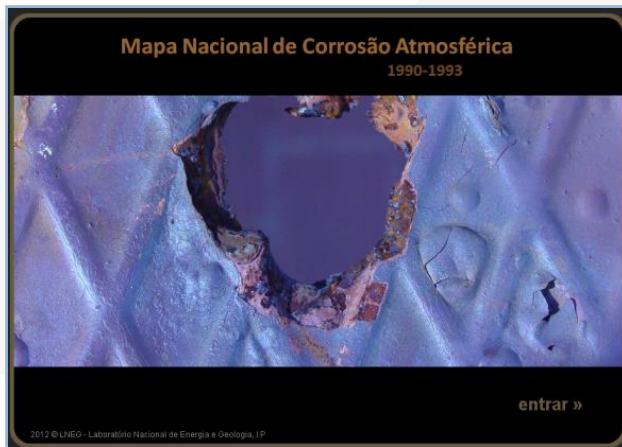
# Mapas Nacionais de Corrosão Atmosférica

## PROJETO SOB CONTRATO EMPRESARIAL (1989-1995)

Constitui uma ferramenta atual e fundamental que permite a elaboração de especificações de protecção contra a corrosão de diferentes metais expostos à atmosfera.



<http://geoportal.lneg.pt/>



# Velocidade de corrosão dos metais

Forte impacto da corrosividade do nosso País e dos Países do sul da Europa na durabilidade dos materiais

Categoria	Velocidades de corrosão ( $r_{\text{corr}}$ ) dos metais				
	Unidades	Aço carbono	Zinco	Cobre	Alumínio
<b>C1</b>	$\text{g(m}^2\text{.a)}$ $\mu\text{m/a}$	$r_{\text{corr}} \leq 10$ $r_{\text{corr}} \leq 1,3$	$r_{\text{corr}} \leq 0,7$ $r_{\text{corr}} \leq 0,1$	$r_{\text{corr}} \leq 0,9$ $r_{\text{corr}} \leq 0,1$	Desprezável -
<b>C2</b>	$\text{g(m}^2\text{.a)}$ $\mu\text{m/a}$	$10 < r_{\text{corr}} \leq 200$ $1,3 < r_{\text{corr}} \leq 25$	$0,7 < r_{\text{corr}} \leq 5$ $0,1 < r_{\text{corr}} \leq 0,7$	$0,9 < r_{\text{corr}} \leq 5$ $0,1 < r_{\text{corr}} \leq 0,6$	$r_{\text{corr}} \leq 0,6$ -
<b>C3</b>	$\text{g(m}^2\text{.a)}$ $\mu\text{m/a}$	$200 < r_{\text{corr}} \leq 400$ $25 < r_{\text{corr}} \leq 50$	$5 < r_{\text{corr}} \leq 15$ $0,7 < r_{\text{corr}} \leq 2,1$	$5 < r_{\text{corr}} \leq 12$ $0,6 < r_{\text{corr}} \leq 1,3$	$0,6 < r_{\text{corr}} \leq 2$ -
<b>C4</b>	$\text{g(m}^2\text{.a)}$ $\mu\text{m/a}$	$400 < r_{\text{corr}} \leq 650$ $50 < r_{\text{corr}} \leq 80$	$15 < r_{\text{corr}} \leq 30$ $2,1 < r_{\text{corr}} \leq 4,2$	$12 < r_{\text{corr}} \leq 25$ $1,3 < r_{\text{corr}} \leq 2,8$	$2 < r_{\text{corr}} \leq 5$ -
<b>C5</b>	$\text{g(m}^2\text{.a)}$ $\mu\text{m/a}$	$650 < r_{\text{corr}} \leq 1500$ $80 < r_{\text{corr}} \leq 200$	$30 < r_{\text{corr}} \leq 60$ $4,2 < r_{\text{corr}} \leq 8,4$	$25 < r_{\text{corr}} \leq 50$ $2,8 < r_{\text{corr}} \leq 5,6$	$5 < r_{\text{corr}} \leq 10$ -
<b>CX</b>	$\text{g(m}^2\text{.a)}$ $\mu\text{m/a}$	$1500 < r_{\text{corr}} \leq 5500$ $200 < r_{\text{corr}} \leq 700$	$60 < r_{\text{corr}} \leq 180$ $8,4 < r_{\text{corr}} \leq 25$	$50 < r_{\text{corr}} \leq 90$ $5,6 < r_{\text{corr}} \leq 10$	$r_{\text{corr}} > 10$ -

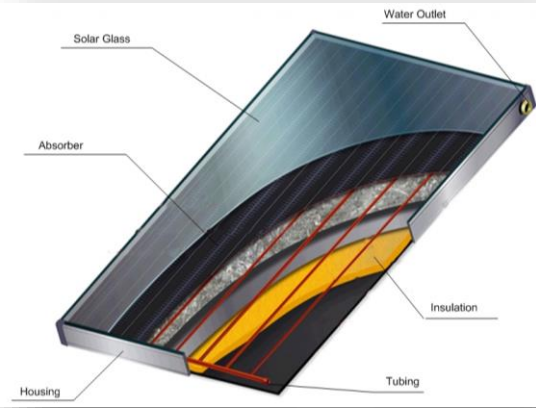
# Parâmetros e contaminantes atmosféricos

- Tempo de Humedecimento ( $\tau_1$ - $\tau_5$ )
- Dióxido de enxofre ( $P_0$ - $P_3$ )
- Cloretos ( $S_0$ - $S_3$ )
- Radiação Ultravioleta





# Garantia de Durabilidade de Superfícies Absororas



A norma europeia que sustenta a certificação dos CST e seus componentes dá indicações gerais relativas à necessidade de ensaios de envelhecimento acelerado e refere a importância do seu desenvolvimento para a predição do tempo de vida útil.



**Superfície qualificada = garantia de durabilidade superior a 25 anos!**

INTERNATIONAL  
STANDARD

ISO  
22975-3

First edition  
2014-07-01

**Solar energy — Collector components  
and materials —**

**Part 3:  
Absorber surface durability**

*Energie solaire — Composants et matériaux du collecteur —  
Partie 3: Durabilité de la surface de l'absorbeur*

# Durabilidade de Colectores Solares Térmicos

## Superfície absorSORa



Absorção da energia radiante, transferindo-a sob a forma de calor para o fluido de transferência

Constituída por:

**Substrato metálico**

Cu ou Al

(↑ condutividade térmica)



**Revestimento**

↑ **Coeficiente de Absorção ( $\alpha_s$ )** no UV-VIS (0,90-0,97)

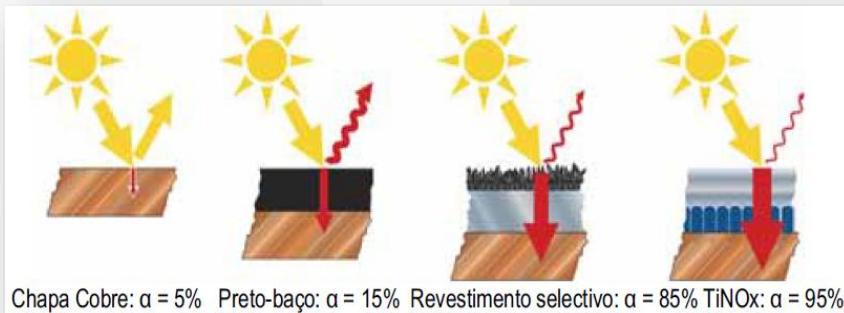
↓ **Emissividade ( $\epsilon_t$ )** no IV (0,03-0,10/**0.50**)

**Superfície absorSORa solar  
espectralmente selectiva**

(Alternativa + económica)

Revestimento  
por filmes finos  
(PVD, CVD)

Revestimento  
por pintura



Chapa Cobre:  $\alpha = 5\%$  Preto-baço:  $\alpha = 15\%$  Revestimento selectivo:  $\alpha = 85\%$  TiNOx:  $\alpha = 95\%$



- **Aquisição de infraestruturas** para munir o país de capacidades laboratoriais que permitam o desenvolvimento de tecnologias e de metodologias de ensaio;
- Estabelecer uma **estação de ensaios atmosférica**, reconhecida como uma estação de ensaios de referência para ambientes marítimos de elevada corrosividade para estudos de durabilidade de CST;
- Desenvolvimento / otimização de um **revestimento (tinta) seletivo**;
- **Conhecimento dos mecanismos** de degradação, durabilidade, rendimento e a fiabilidade dos CST em ambientes marítimos/industriais (extremos);
- Desenvolvimento de **ensaios de envelhecimento acelerado** (em laboratório) correlacionáveis com as condições de exposição natural;
- **Introdução de melhorias na conceção dos CST** com vista ao aumento da durabilidade, do desempenho ótico e térmico e do seu rendimento;
- **Transferência de conhecimento para o tecido produtivo** contribuindo para o desenvolvimento do mercado global da Energia Solar.

INTERNATIONAL  
STANDARD

ISO  
22975-3

First edition  
2014-07-01

Solar energy — Collector components  
and materials —

Part 3:  
Absorber surface durability

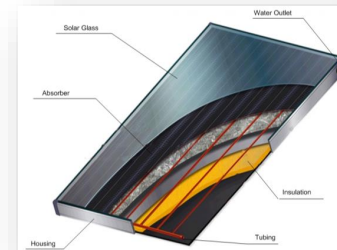
Energie solaire — Composants et matériaux du collecteur —  
Partie 3: Durabilité de la surface de l'absorbeur



Spectrofotometer UV-VIS-NIR  
Perkin Elmer Lambda 950



FTIR Perkin Elmer



**Propriedades óticas**  
(coef. absorção/emissividade)

$$PC = -\Delta\alpha_s + 0,50\Delta\varepsilon \leq 0,05$$

## ADERÊNCIA DO REVESTIMENTO



**Resistência  
térmica**



**Resistência Humidade  
e Temperatura com  
condensação**



**Resistência atmosferas  
húmidas com dióxido  
de enxofre**

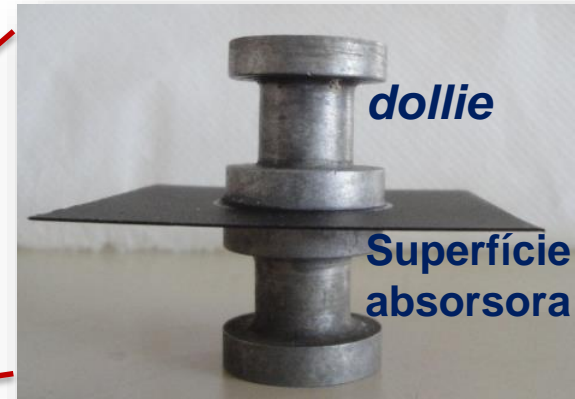
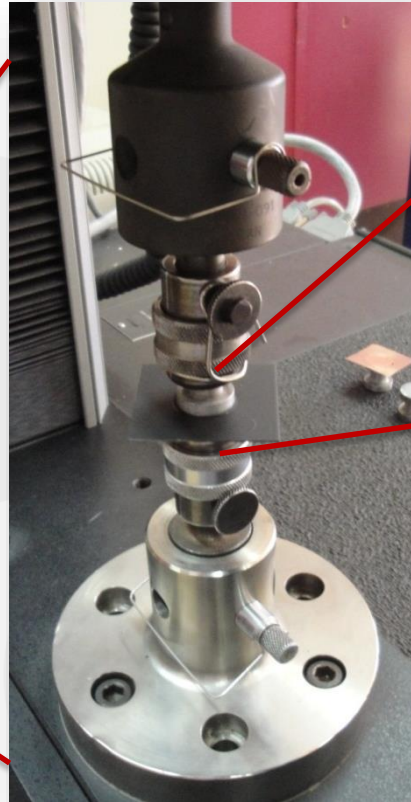


## ADERÊNCIA DO REVESTIMENTO

### Aderência por tracção (NP EN ISO 4624)



Célula de 5 KN



Substratos deformáveis = 2  
*dollies*



### Aderência por quadrícula (EN ISO 2409)

INTERNATIONAL  
STANDARD

ISO  
22975-3

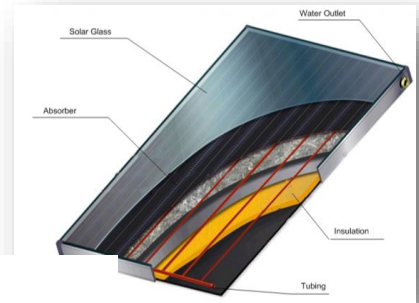
First edition  
2014-07-01

Solar energy — Collector components  
and materials —

Part 3:  
Absorber surface durability

Energie solaire — Composants et matériaux du collecteur —  
Partie 3: Durabilité de la surface de l'absorbeur

## Resistência térmica



Measure  $\alpha_s$  and  $\varepsilon$  and determine  $T_{max}$  from Table B.1

Use Table B.2 to determine the  $T_1$  value which corresponds  
to the determined  $T_{max}$  value

Perform a test at  $T_1$  and measure  $\alpha_s$  and  $\varepsilon$  after the testing  
times of 18, 36, 75, 150, 300 and 600 h or until  
 $PC \geq 0.05$  is reached. If  $PC > 0.05$  after 18 h of testing the  
solar absorber surface is not qualified.  
In all other cases introduce the time  $t_1$  which is the last testing  
time with  $PC \leq 0.05$ , then

(a)

If after 600 h  $PC \leq 0.015$   
and if the adhesion  
requirements are met the  
absorber surface is  
qualified

(b)

If  $t_1 \geq 300$  h and  $PC >$   
0,015 and if the adhesion  
requirements are met  
perform additional tests  
according to Figure B3

(c)

If  $t_1 \leq 150$  h perform  
additional tests according  
to Figure B4



# Infraestruturas Laboratoriais

INTERNATIONAL  
STANDARD

ISO  
22975-3

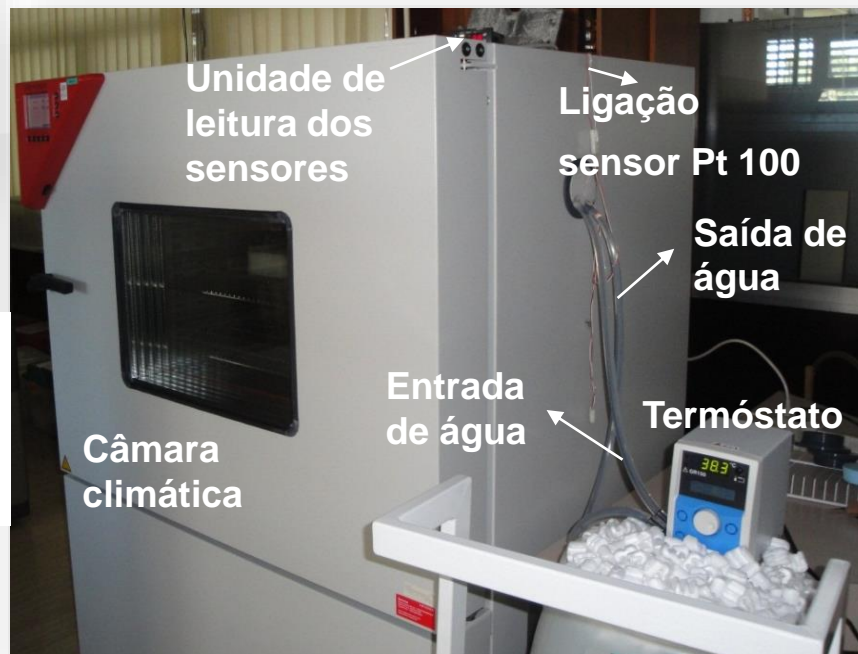
First edition  
2014-07-01

Solar energy — Collector components  
and materials —

Part 3:  
Absorber surface durability

Energie solaire — Composants et matériaux du collecteur —  
Partie 3: Durabilité de la surface de l'absorbeur

## Resistência humidade e temperatura com condensação

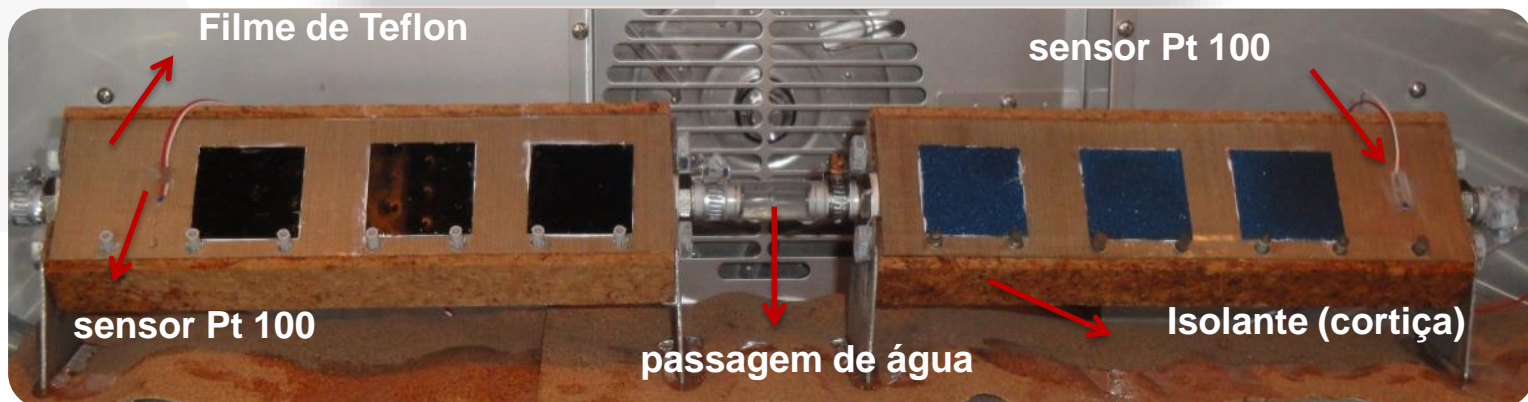


**Condições ensaio:**

$T = 45\text{ }^{\circ}\text{C}$   
 $HR = 95\%$   
 $T = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$

} câmara  
→ suporte

**Tempos de ensaio:**  
**18h, 36h, 75h, 150h,**  
**300 h, 600 h**





## Resistência atmosferas húmidas com dióxido de enxofre

**Solar collector of type A:** Airtight solar collector or solar collector with controlled ventilation of air in the space between the absorber surface and the cover plate. At the top and at the bottom of the frame of the solar collector, it should be equipped with ventilation holes. The atmospheric corrosivity at the bottom part of the solar collector under service conditions may typically correspond to a corrosion rate of zinc of  $0,1 \text{ g/m}^2$  per year.

**Solar collector of type B:** Non-airtight solar collector with more or less uncontrolled ventilation of air in the solar collector. The atmospheric corrosivity at the bottom part of the solar collector under service conditions corresponds to a corrosion rate of zinc of  $0,3 \text{ g/m}^2$  per year.

INTERNATIONAL  
STANDARD

ISO  
22975-3

First edition  
2014-07-01

Solar energy — Collector components  
and materials —

Part 3:  
Absorber surface durability

Energie solaire — Composants et matériaux du collecteur —  
Partie 3: Durabilité de la surface de l'absorbeur



Câmara de mistura de  
gases poluentes



# Infraestruturas - Estações de Ensaio Atmosféricas

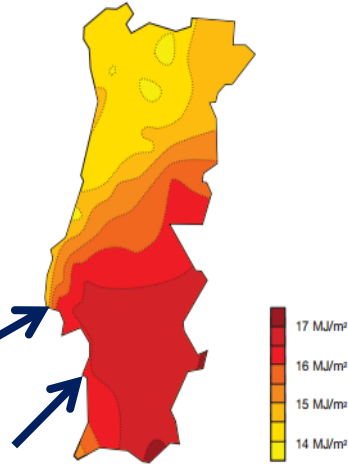


**Sines**



**Lumiar/Lisboa**  
Estação de Ensaio  
Corrosividade C2/C3

**Sines**  
Estação de Ensaio  
Corrosividade C5



**Lumiar**

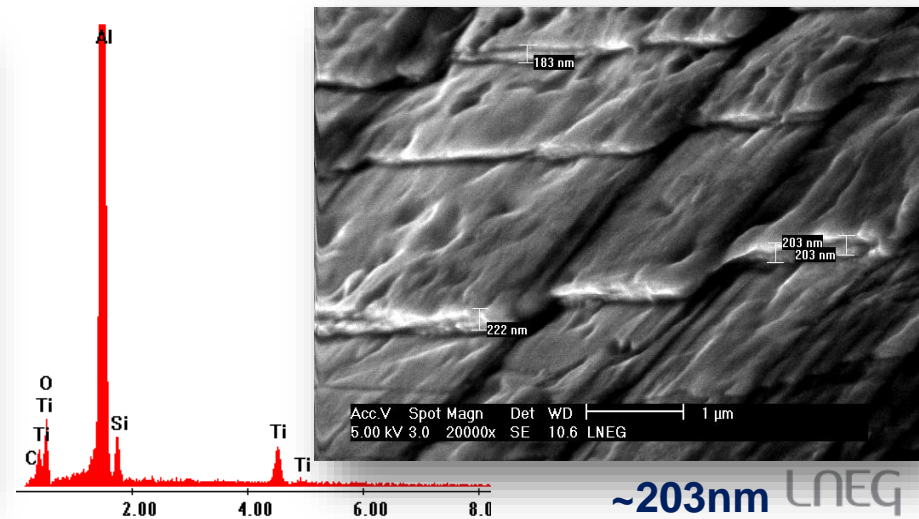
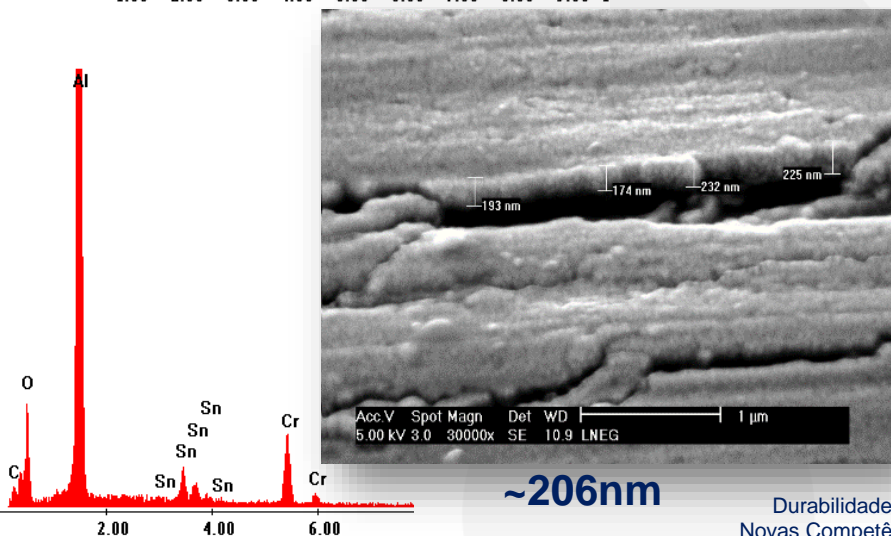
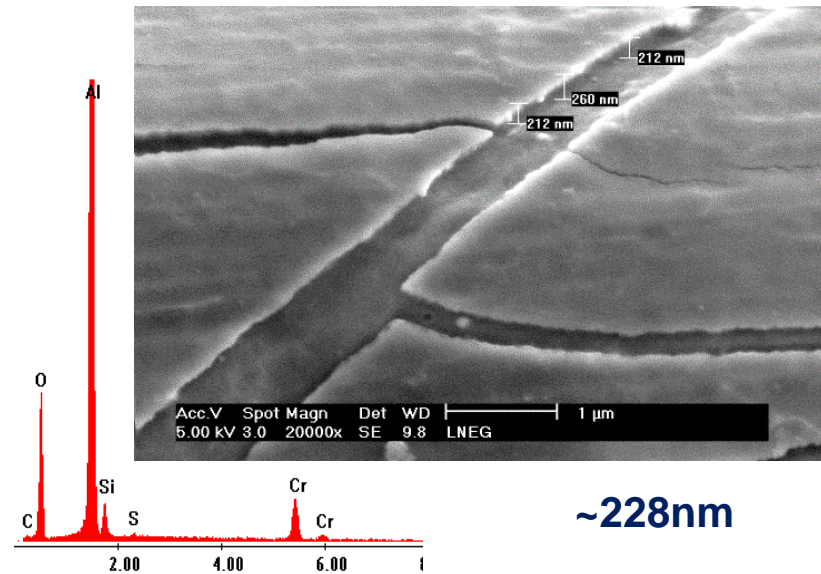
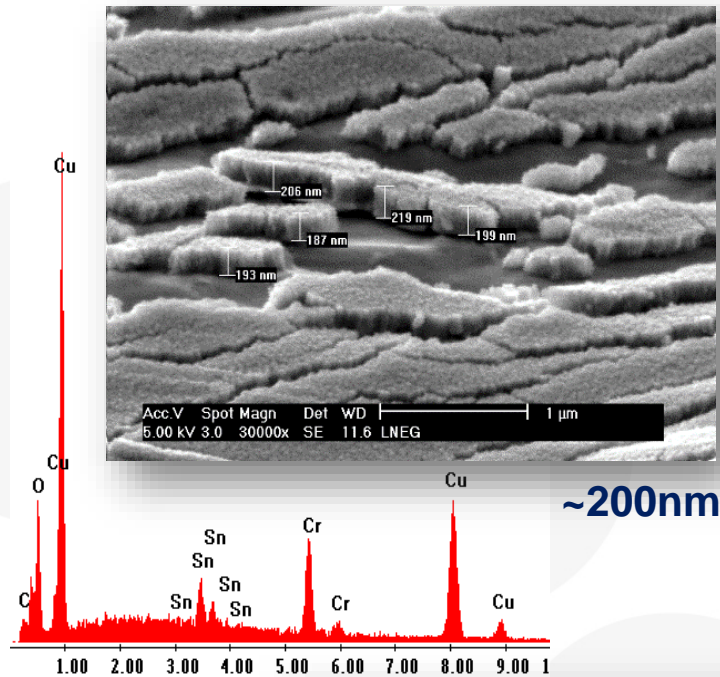


Temperatura  
Humidade relativa  
Tempo de Humedecimento  
Radiação  
Precipitação  
Cloretos  
Sulfatos  
NOx



# Conhecimento dos mecanismos de degradação

## Revestimentos seletivos (PVD)

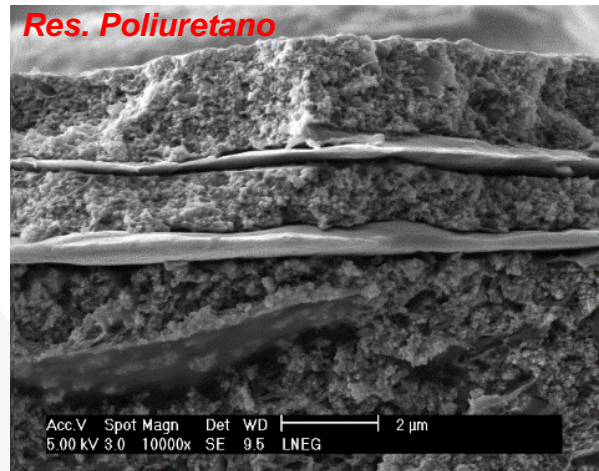




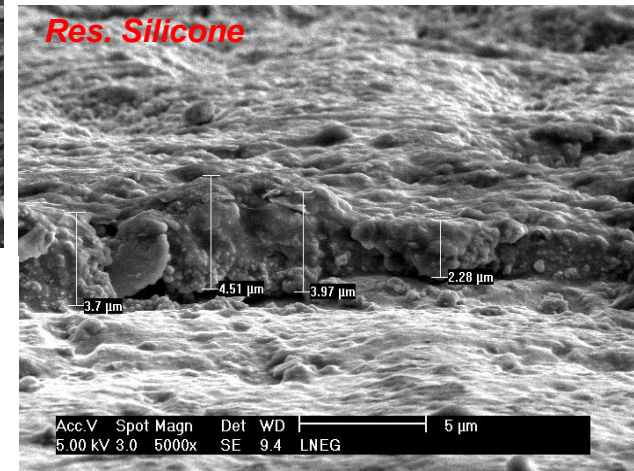
# Conhecimento dos mecanismos de degradação

## Revestimentos seletivos (tintas)

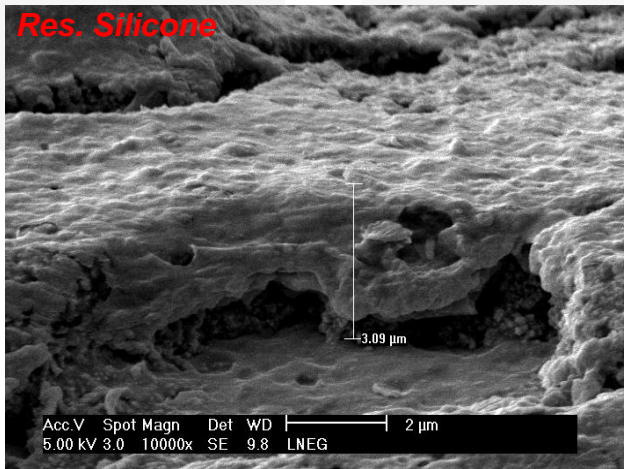
*Res. Poliuretano*



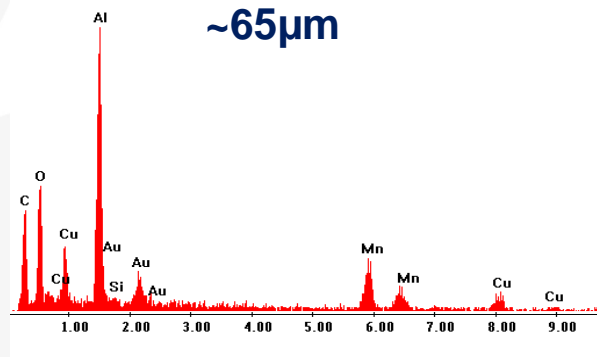
*Res. Silicone*



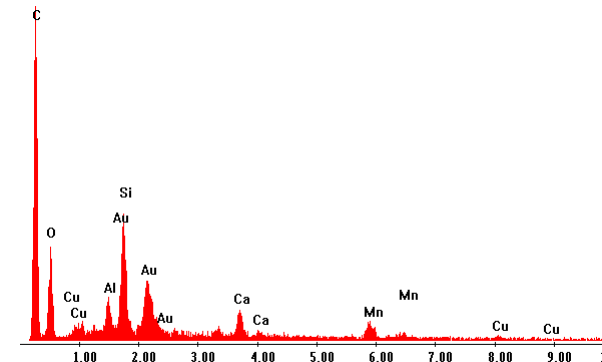
*Res. Silicone*



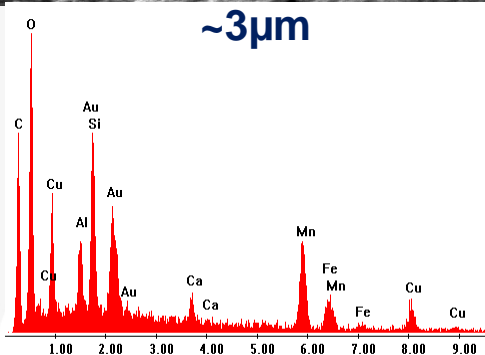
~65µm



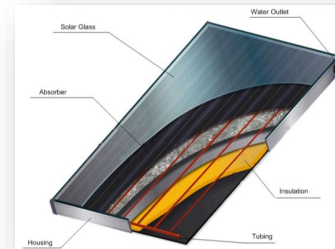
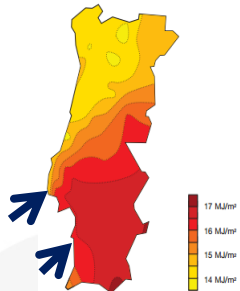
~3.6µm



~3µm



# Conhecimento dos mecanismos de degradação

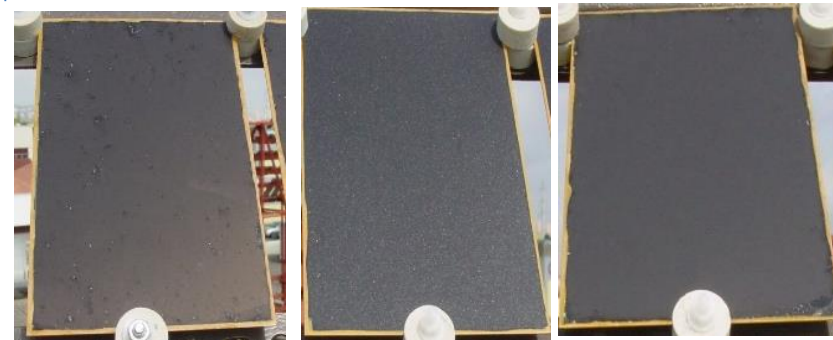
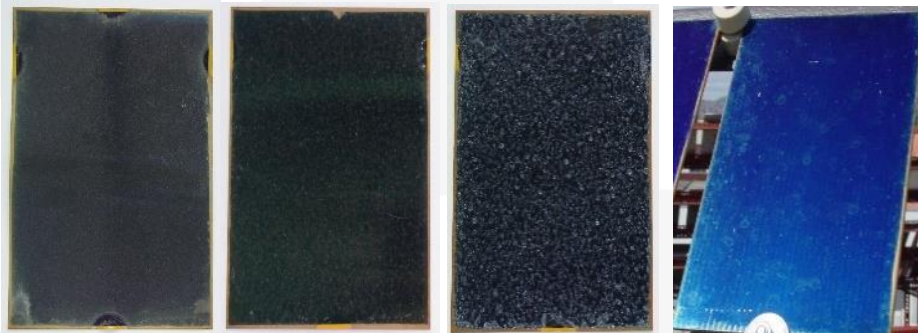


**2 meses de exposição**

**Revestimentos seletivos (PVD)**

**Revestimentos seletivos (tintas)**

**Lumiar**

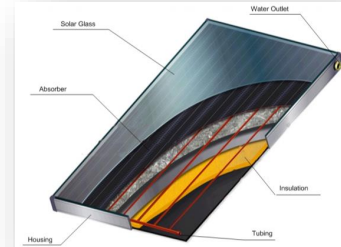
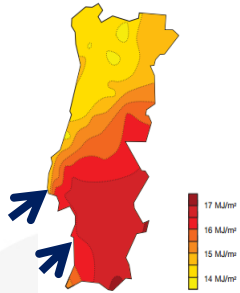


**Sines**





# Conhecimento dos mecanismos de degradação

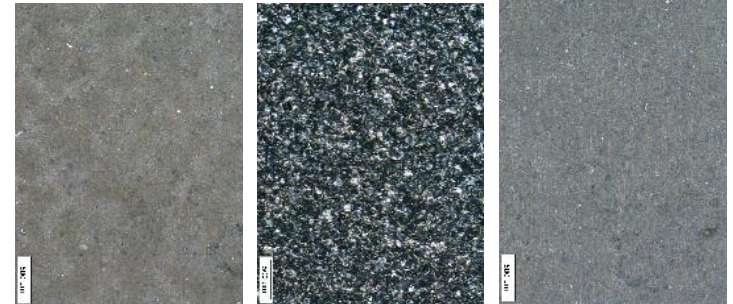
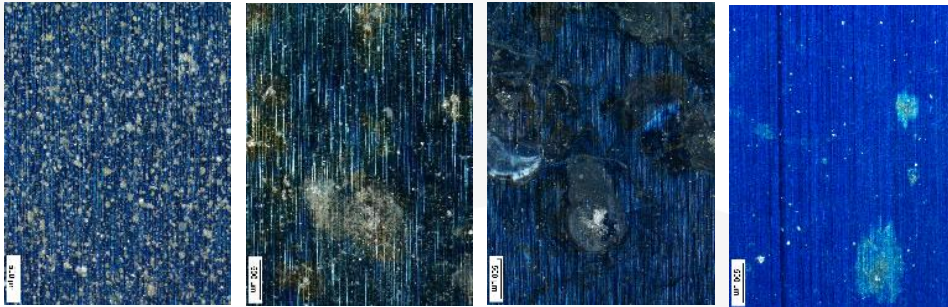


**2 meses de exposição**

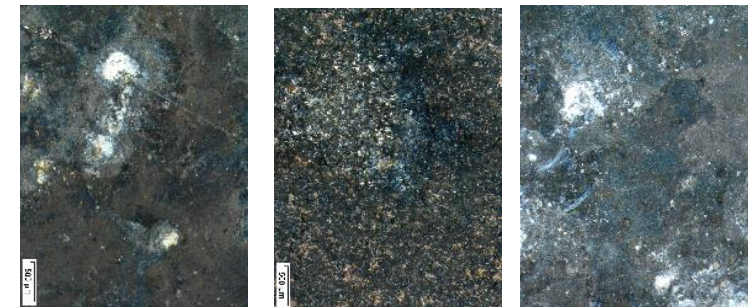
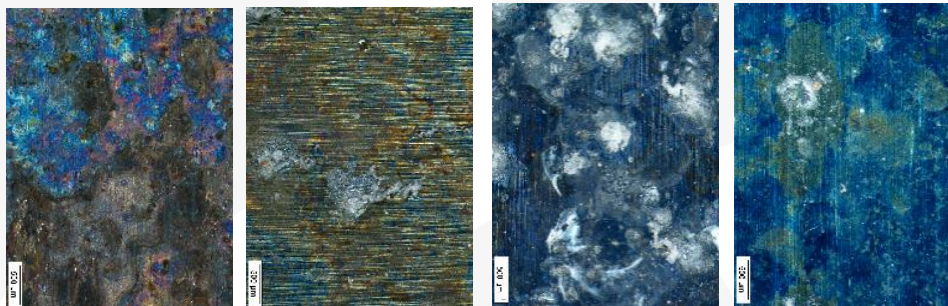
**Revestimentos seletivos (PVD)**

**Revestimentos seletivos (tintas)**

**Lumiar**



**Sines**

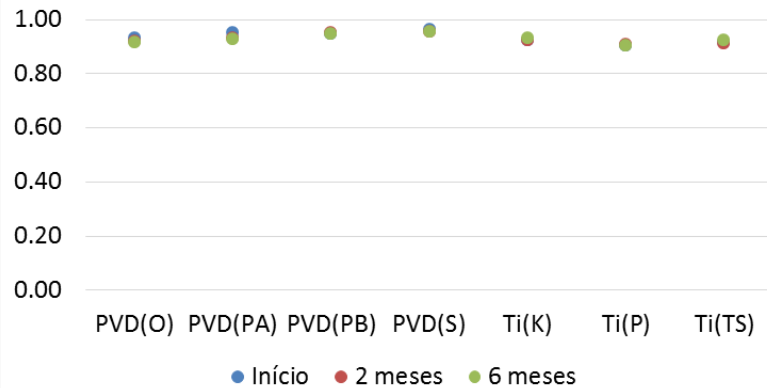


# Conhecimento dos mecanismos de degradação

Coeficiente  
de absorção

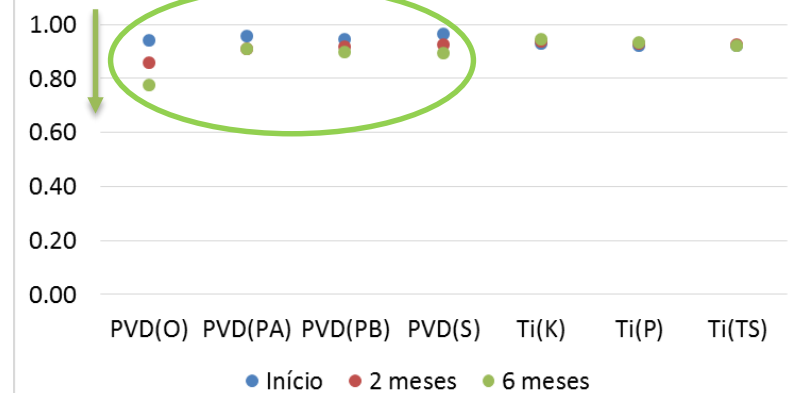
Lumiar

Coef. Absorção



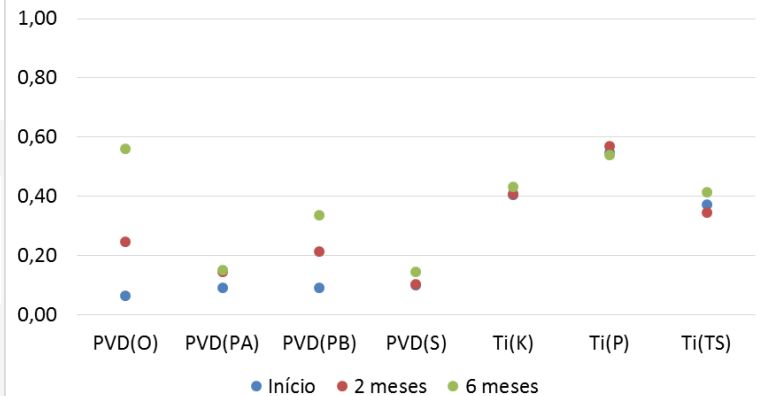
Sines

Coef. Absorção

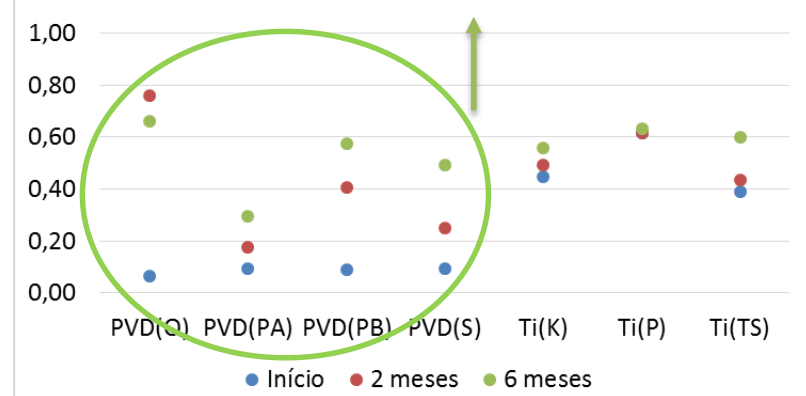


Emissividade

Emissividade



Emissividade





# Conhecimento dos mecanismos de degradação

## Caixa do Colector / Estruturas de Suporte



# Conhecimento dos mecanismos de degradação

## Materiais Poliméricos

passa – tubos  
vedante

tubo de colector estriado  
tubo de colector liso



### • Estações de ensaio

### Avaliação de materiais/componentes

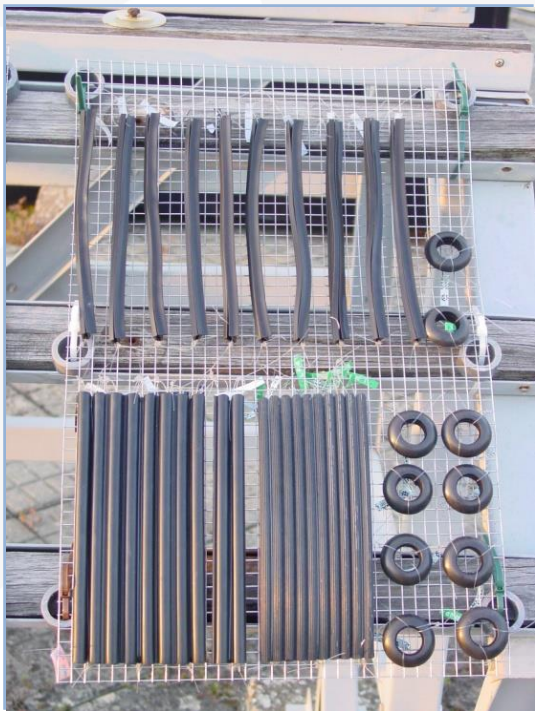
#### • Câmaras de envelhecimento acelerado

- Temperatura
- Exposição a lâmpada UV fluorescente
- Exposição a lâmpada arco de xénon



#### • Caracterização

- Espectroscopia de infravermelho
- Ensaio de inchamento
- Calorimetria diferencial de varrimento
- Termogravimetria
- Ensaio mecânicos





# Exposição prolongada: Rendimento térmico

## Lumiar

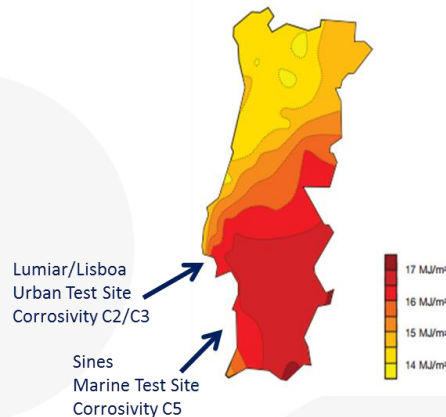


## Sines



Ensaio de rendimento térmico realizado antes da exposição (2014)

- Após exposição (1 ano; 2 anos):
- Ensaio de rendimento térmico;
  - Ensaio de penetração de chuva e carga mecânica
  - Inspeção final
  - Medida das propriedades óticas das superfícies absorptoras
  - Estudo de correlação com as condições ambientais dos locais onde estiveram expostos.



# Exposição prolongada: Rendimento térmico



## Quality Assurance in solar thermal heating and cooling technology

*Keeping track with recent and upcoming developments*

### Synthesis

One year exposure tests

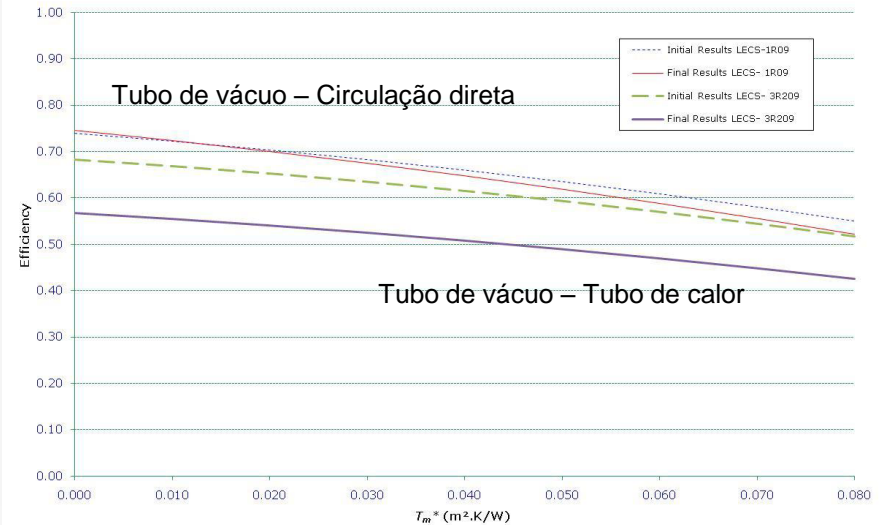
performed throughout Europe on different solar thermal collectors

2012



ISO 9806:2013

Coletores de tubos de vácuo com tubo de calor  
Ensaio de rendimento após ensaio de exposição



# Novas Competências para as Empresas



INTERNATIONAL  
STANDARD

ISO  
9806

First edition  
2013-11-15

**Solar energy — Solar thermal  
collectors — Test methods**

*Énergie solaire — Capteurs thermiques solaires — Méthodes d'essai*

INTERNATIONAL  
STANDARD

ISO  
22975-3

First edition  
2014-07-01

**Solar energy — Collector components  
and materials —**

**Part 3:  
Absorber surface durability**

*Energie solaire — Composants et matériaux du collecteur —  
Partie 3: Durabilité de la surface de l'absorbeur*

- Diferentes Métodos de Ensaio
- Investigação & Desenvolvimento

## **DURABILIDADE DE COMPONENTES PARA APLICAÇÕES DE ENERGIA SOLAR**

Agrademos às empresas que colaboram neste projecto, assim como à FCT pelo financiamento do Projecto DURASOL: Durabilidade de Colectores Solares Térmicos (Project FCOMP-01-0124-FEDER-027507 (Ref. FCT RECI/EMS-ENE/0170/2012))

**FOGÃOSOL**

 **OPENPLUS**  
ENERGY SYSTEMS

**PermaSolaris**  
Energias renováveis e eficiência energética.

**PRIREV**  
Equipamentos e Revestimentos Técnicos, Lda.

**FCT**  
Fundação para a Ciência e a Tecnologia  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CIÊNCIA

  
**COMPETE**

 **QUADRO  
DE REFERÊNCIA  
ESTRATÉGICO  
NACIONAL**  
PORTUGAL 2007-2013

  
**UNIÃO EUROPEIA**  
Fundo Europeu  
de Desenvolvimento Regional

 **LNEG**  
Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I. P.

[mjoao.carvalho@lneg.pt](mailto:mjoao.carvalho@lneg.pt)

[teresa.diamantino@lneg.pt](mailto:teresa.diamantino@lneg.pt)

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

 **GOVERNO DE  
PORTUGAL**

MINISTÉRIO DO AMBIENTE,  
ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO E ENERGIA