

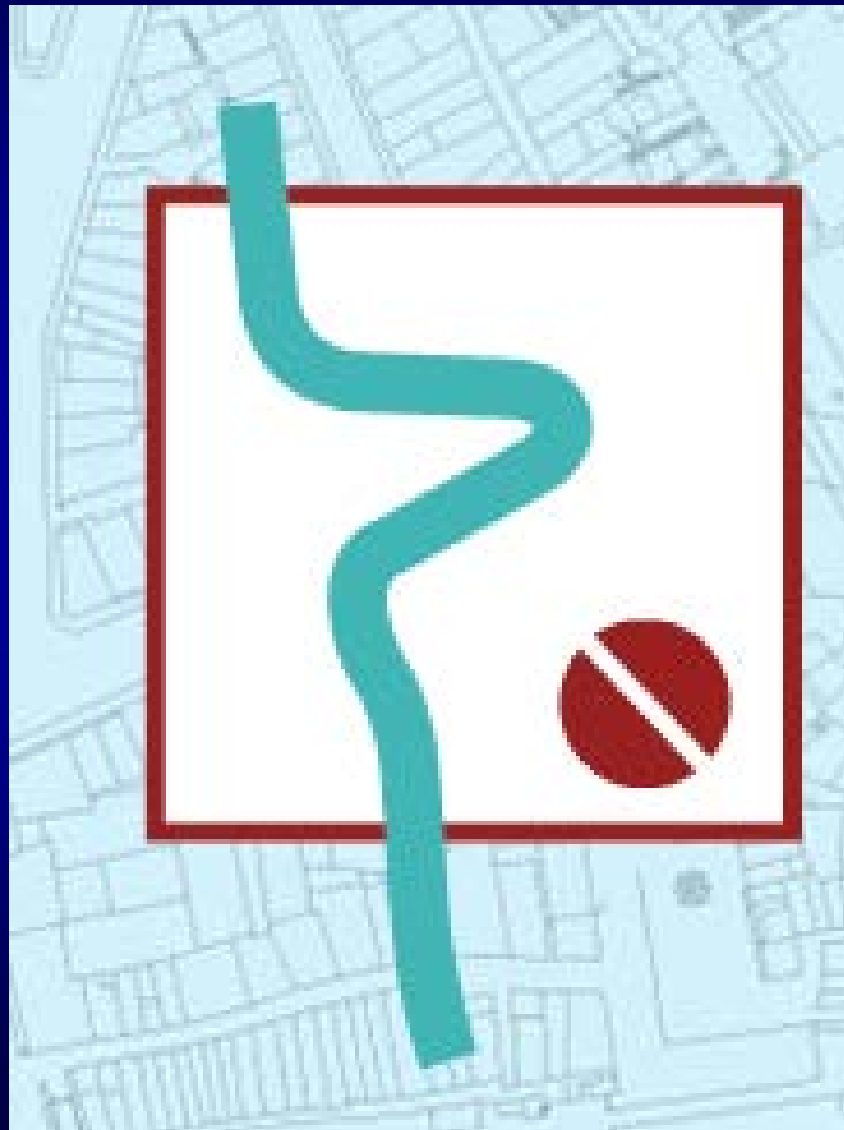
# Reabilitação energética e construtiva de edifícios -Importância do Diagnóstico-

---

Vasco Peixoto de Freitas

Prof Catedrático da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e Consultor

# PATORREB 2003 a 2018 um percurso





302



FACULDADE DE ENGENHARIA  
UNIVERSIDADE DO PORTO



CONSTRUCT



LFC

# 2018



FACULDADE DE ENGENHARIA  
UNIVERSIDADE DO PORTO



CONSTRUCT



LFC



# PATOLOGIA



Vasco Peixoto de Freitas



# REABILITAÇÃO



U. PORTO

FACULDADE DE ENGENHARIA  
UNIVERSIDADE DO PORTO



CONSTRUCT



LFC





FONSECA

1834

ASSOCIAÇÃO COMERCIAL DO PORTO

PALÁCIO DA BOLSA



# Sumário

---

1. As cidades - reabilitação no mundo
2. Reabilitação energética
3. Reabilitação construtiva e arquitetónica
4. Metodologias de diagnóstico
5. Exemplo de soluções
6. Conclusões

1.

---

# As cidades - Reabilitação no mundo

U. PORTO

FACULDADE DE ENGENHARIA  
FEUP  
UNIVERSIDADE DO PORTO



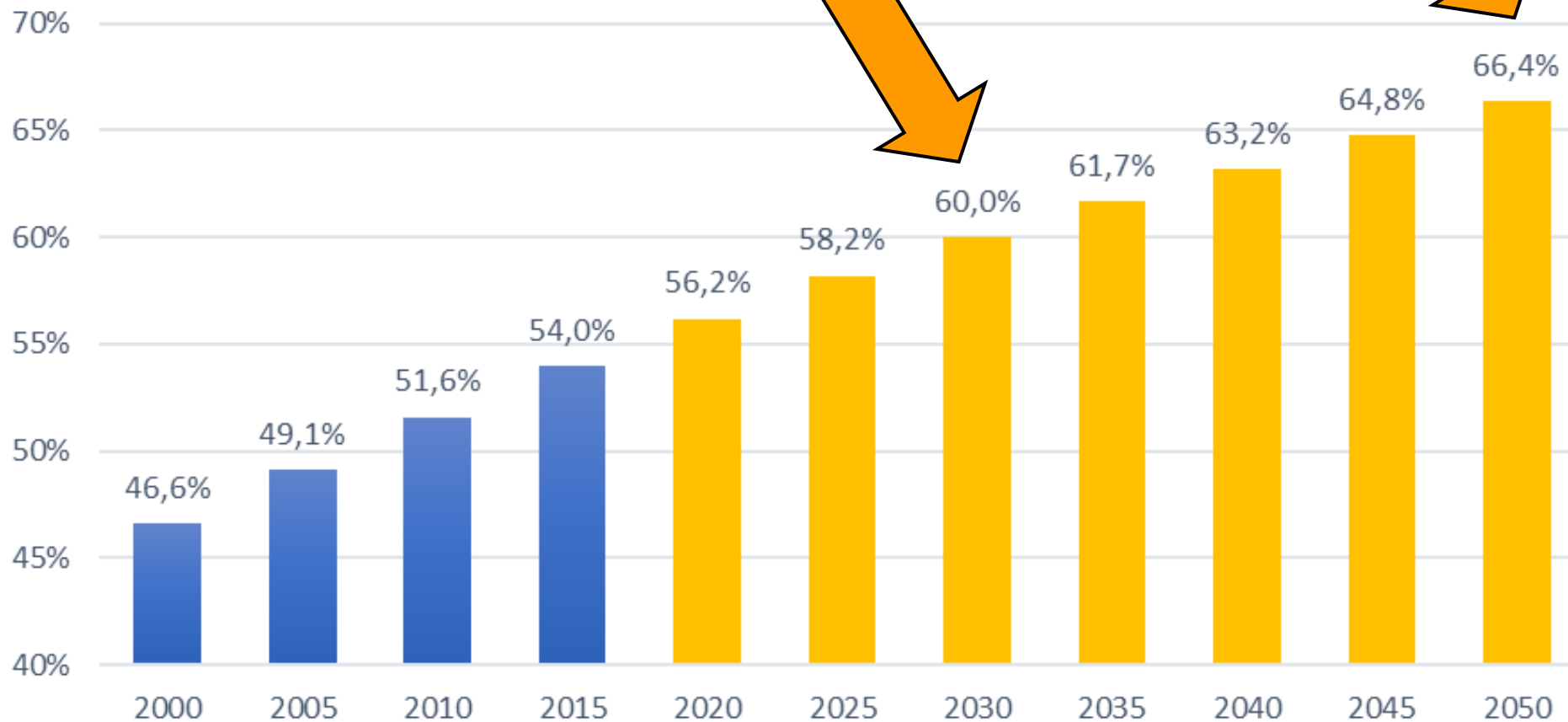
CONSTRUCT



LFC

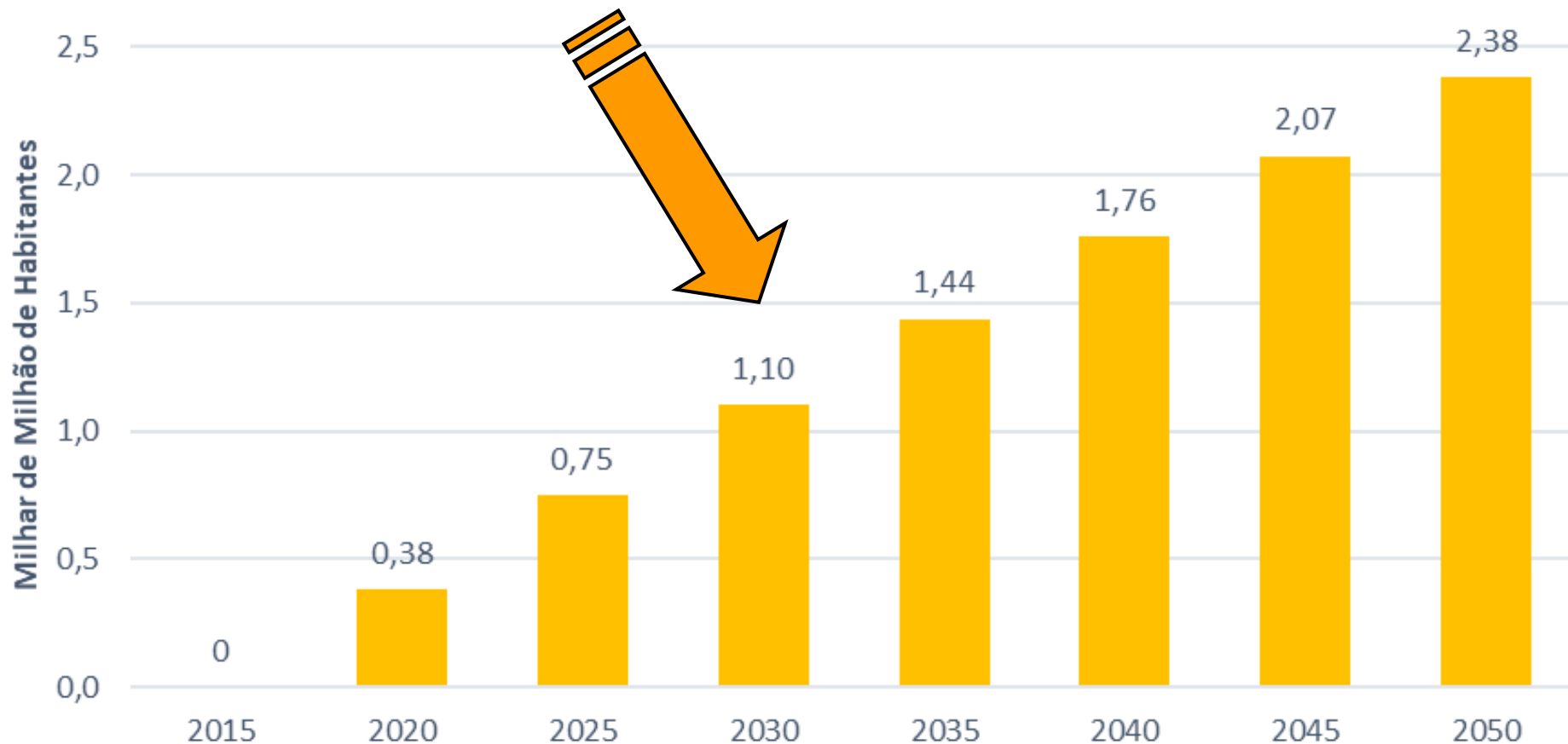
# Projeções da População Urbana Mundial

## População Urbana



# Projeções da População Urbana Mundial

## Aumento da População Urbana (Projeções)



# População urbana





Stockholm

Berlin

Munich

Milan

Rome

Barcelona

Braganza

Madrid

Oporto

Lisbon

Faro

New York

Rio de Janeiro

São Paulo

REABILITAÇÃO



U. PORTO

FACULDADE DE ENGENHARIA  
UNIVERSIDADE DO PORTO



CONSTRUCT



LFC

Vasco Peixoto de Freitas

Image by Steffi Nelson, Hasler  
NASA Earth Observing Satellites  
Goddard Space Flight Center  
<http://www.nasa.gov>



Hurricane Linda west of Mexico  
September 9, 1997 17:45 UTC  
Data from: NASA, NOAA, USGS







# PORTO



PORTO  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
UNIVERSIDADE DO PORTO



CONSTRUCT



LFC



OLÉ

# Edifícios de concreto SéculoXX



U. PORTO

FACULDADE DE ENGENHARIA  
UNIVERSIDADE DO PORTO



CONSTRUCT



LFC

## Reabilitação vs Construção Nova

# O que não é eficiente...



U. PORTO

FACULDADE DE ENGENHARIA  
UNIVERSIDADE DO PORTO



CONSTRUCT



LFC



# REABILITAÇÃO - Edifícios anos 70



LFC

- ▷ Aproveitar as infraestruturas e reabilitar sem desocupar
- ▷ Melhorar o conforto e reabilitação energética
- ▷ Reabilitação construtiva e arquitetónica

2.

---

# Reabilitação energética

U. PORTO

FACULDADE DE ENGENHARIA  
FEUP  
UNIVERSIDADE DO PORTO



CONSTRUCT



LFC



# Consumo Energético de uma família ocidental

## EFICIÊNCIA ENERGÉTICA



**Consumo Energético - 37000 kWh/ano**

Forum Barcelona 2004

CONSTRUCT



LFC



# A estratégia a seguir ...

---

1. Exige-se conforto
2. Exige-se eficiência energética
3. Integração social
4. Análise técnico-económica

# O que se entende por conforto...

---



Depende da realidade económica, cultural e climática...

---

**PORTUGAL?**

**ESPAÑHA?**

**BRASIL?**

**U. PORTO**

FACULDADE DE ENGENHARIA  
UNIVERSIDADE DO PORTO

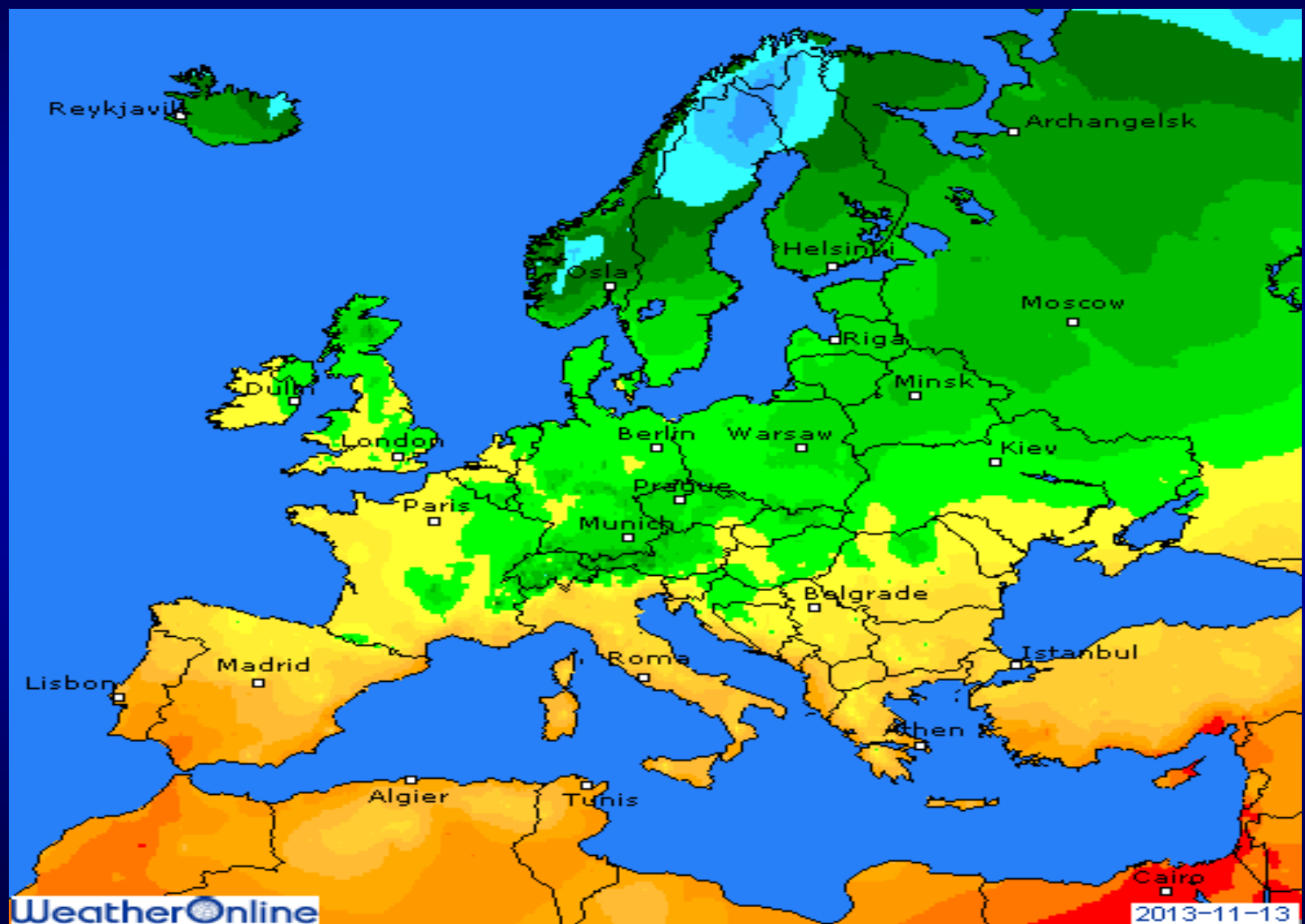


CONSTRUCT

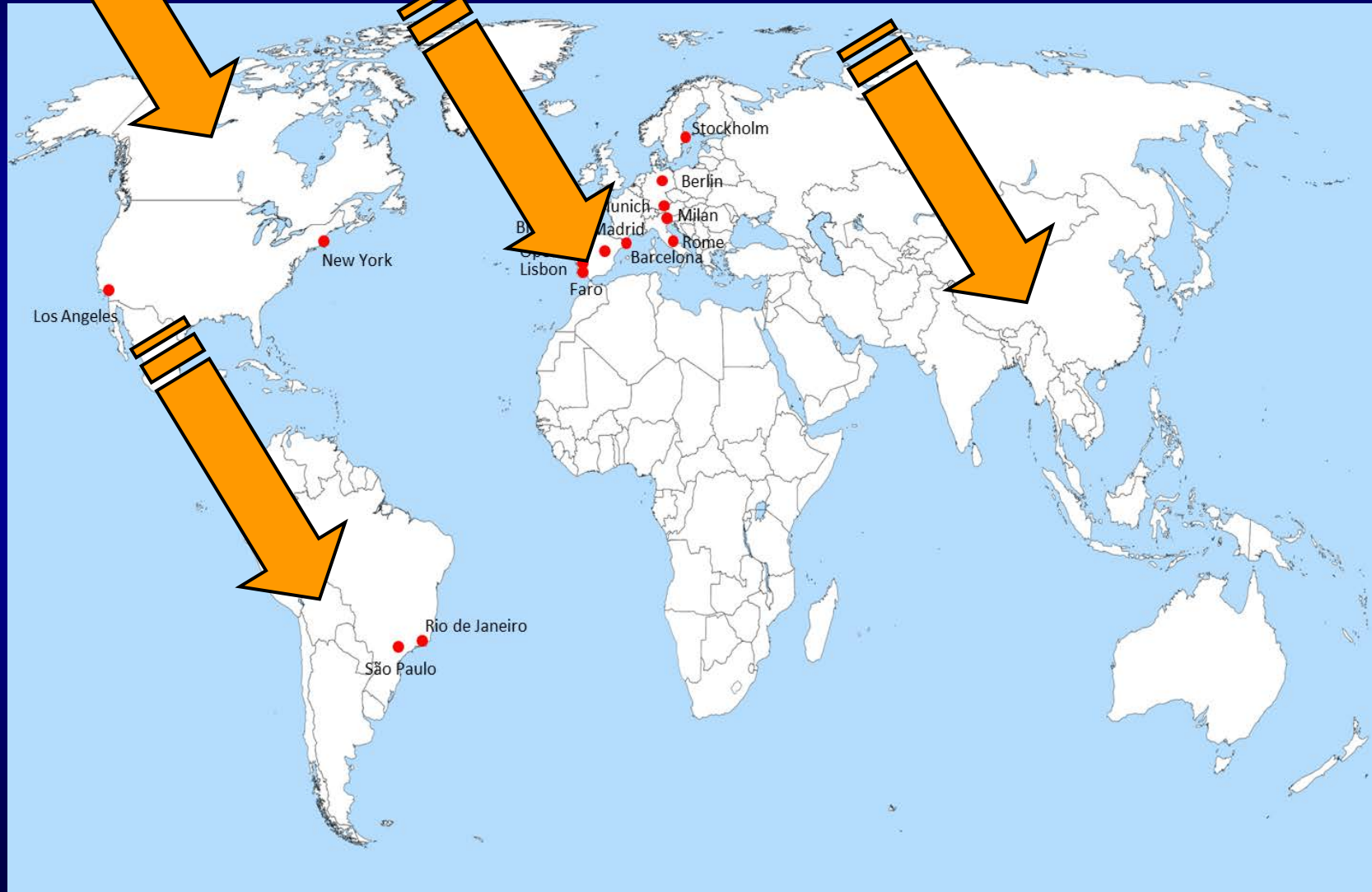


LFC

# A especificidade do clima - europa



# Qualidade Climática, Económica e Cultural



# A estratégia a seguir ...

---

1. Exige-se conforto
2. Exige-se eficiência energética
3. Integração social
4. Análise técnico-económica



# EUROPA e PORTUGAL

---

## Certificação energética



FACULDADE DE ENGENHARIA  
UNIVERSIDADE DO PORTO



CONSTRUCT

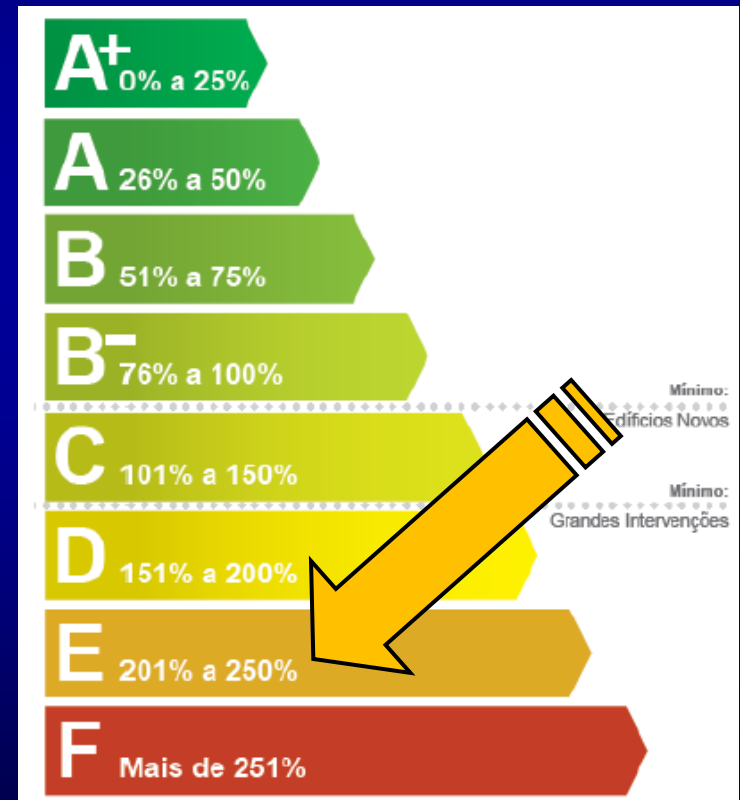


LFC

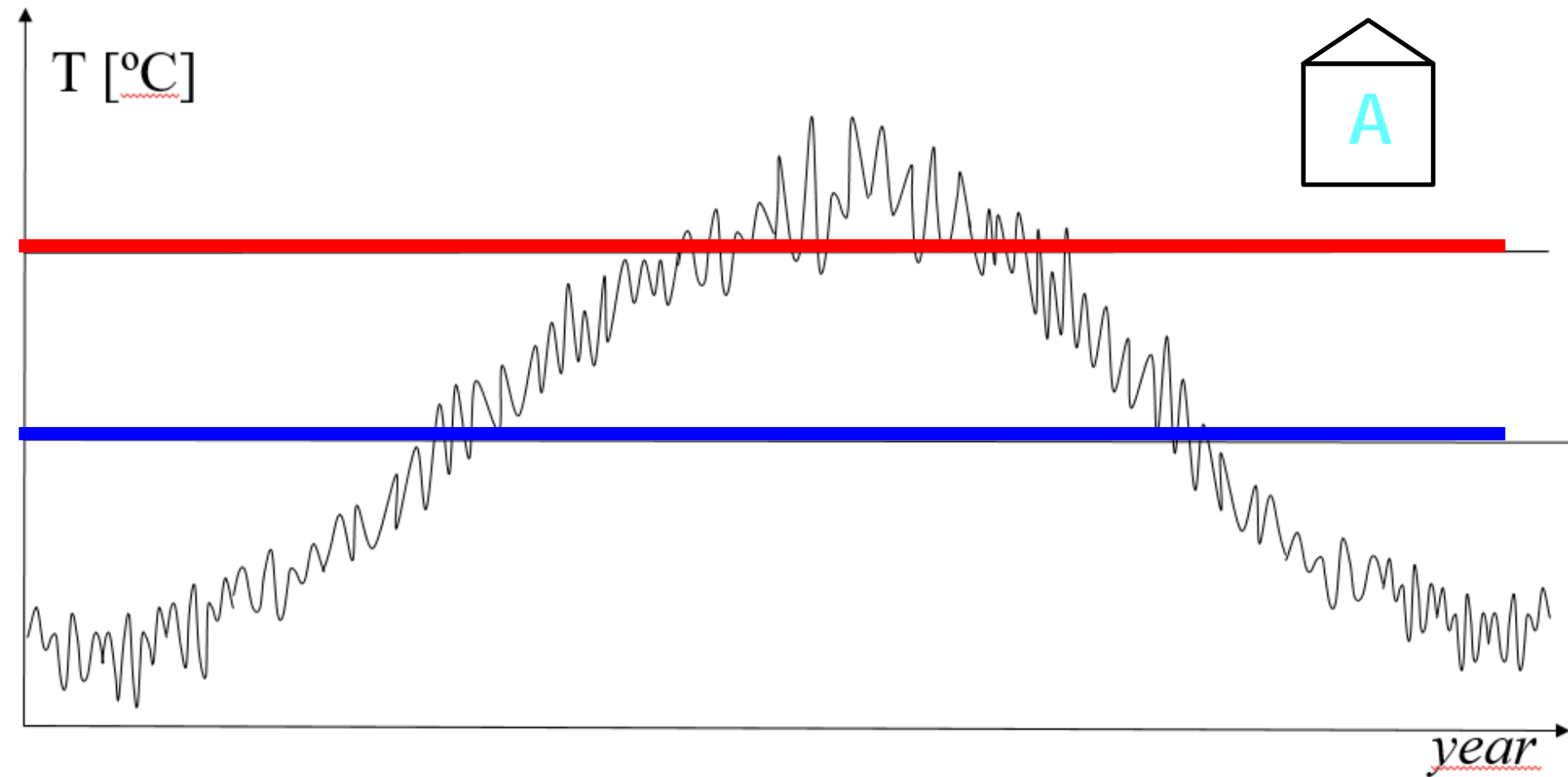
# Certificação Energética

$$R_{Nt} = \frac{N_{tc}}{N_t}$$

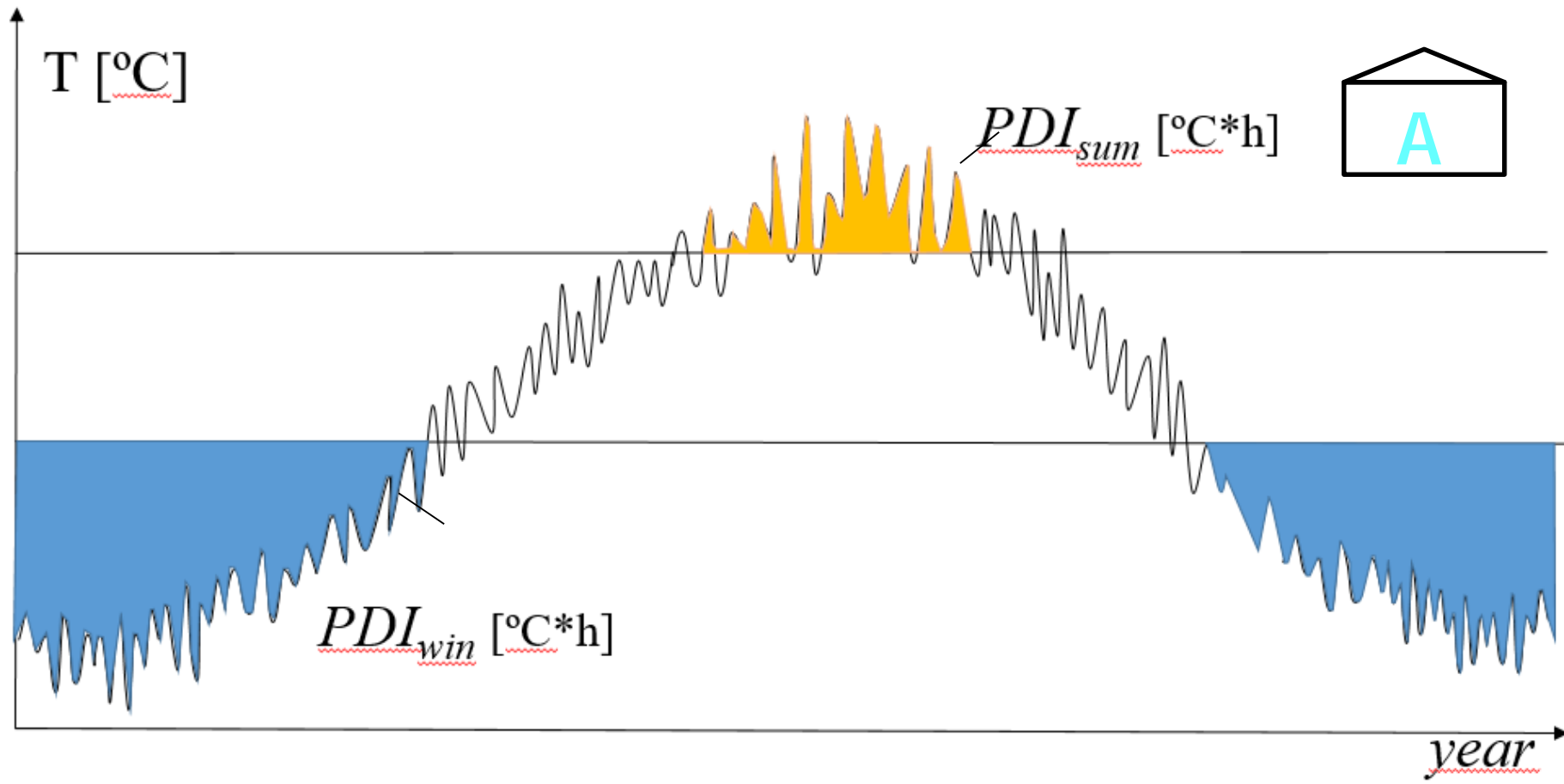
	Classe Energética	Valor de $R_{Nt}$
Grandes Intervençãoes Edifícios Novos	A+	$R_{Nt} \leq 0,25$
	A	$0,26 < R_{Nt} \leq 0,50$
	B	$0,51 < R_{Nt} \leq 0,75$
	B-	$0,76 < R_{Nt} \leq 1,00$
Edifícios Existentes	C	$1,01 < R_{Nt} \leq 1,50$
	D	$1,51 < R_{Nt} \leq 2,00$
	E	$2,01 < R_{Nt} \leq 2,50$
	F	$R_{Nt} \geq 2,51$



# Flutuação livre da temperatura

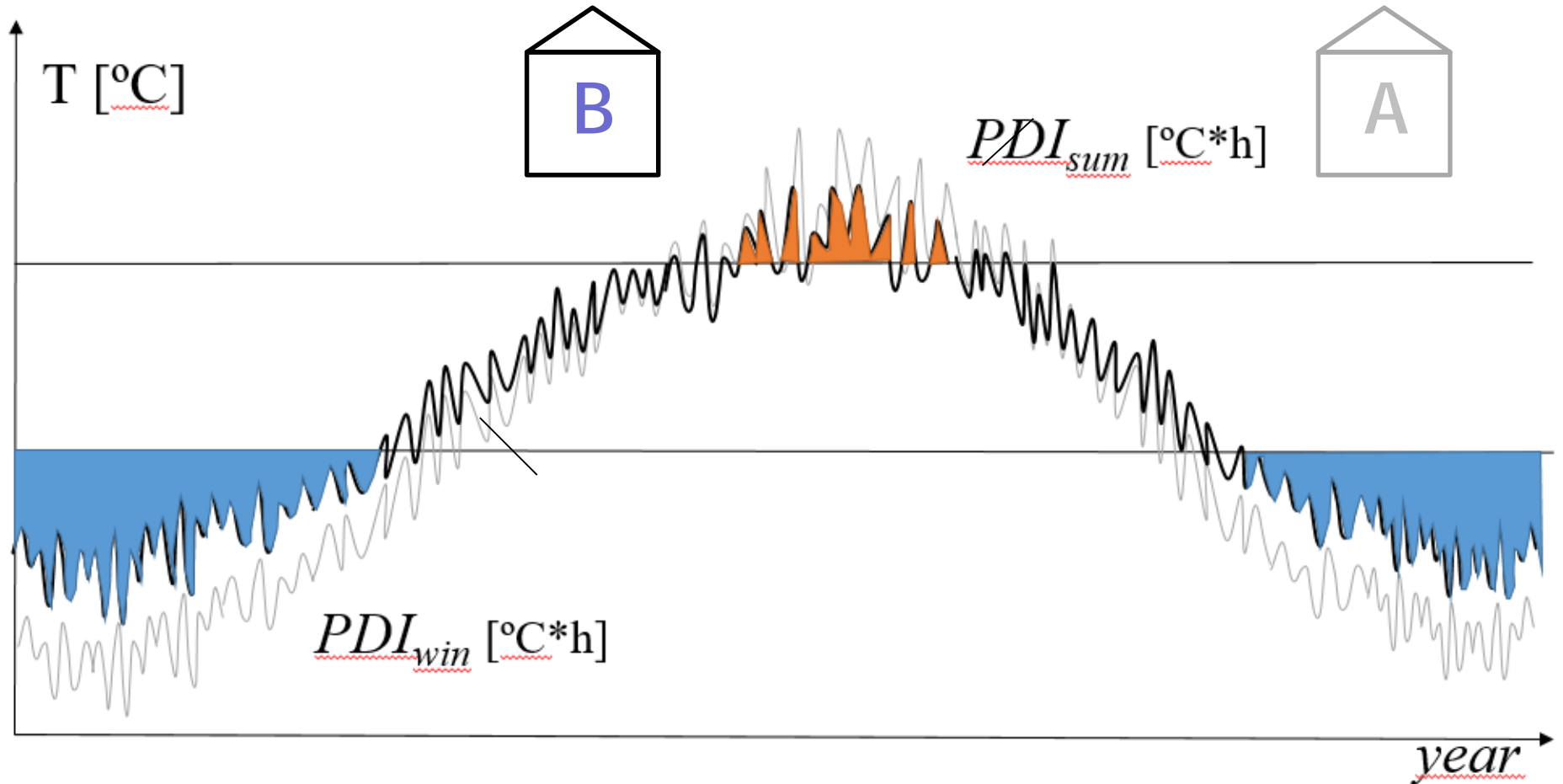


# Energia para o conforto



# Aquecimento intermitente (Prática em Portugal)

## Minimizar o desconforto



# A estratégia a seguir ...

---

1. Exige-se conforto
2. Exige-se eficiência energética
3. **Integração social**
4. Análise técnico-económica



Reabilitação - Contributo para a Integração social

# A estratégia a seguir ...

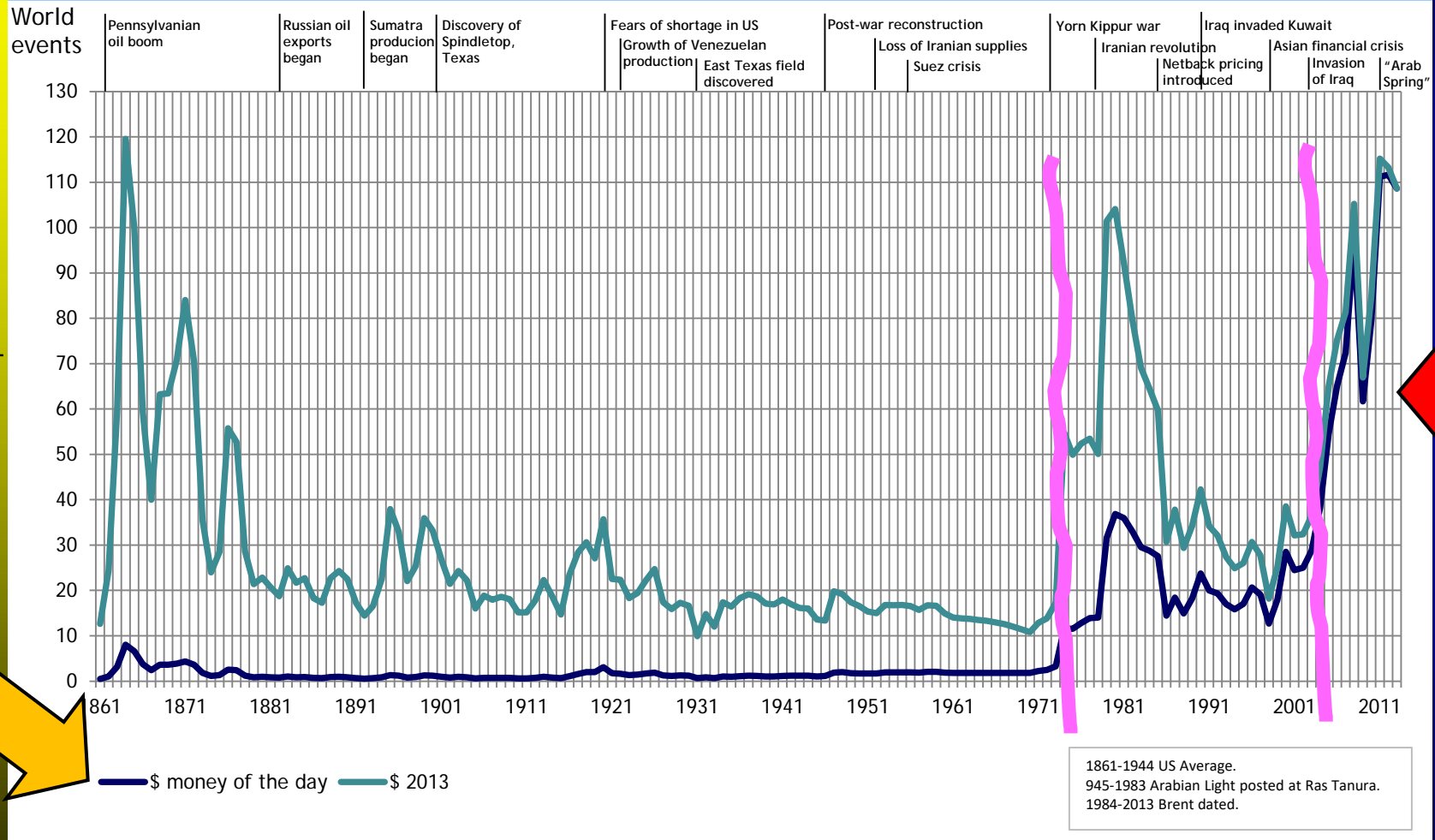
---

1. Exige-se conforto
2. Exige-se eficiência energética
3. Integração social
4. **Análise técnico-económica**



# Crise petrolífera e Preço da energia

## PREÇO DO CRUDE POR BARRIL EM DOLARES 1861-2013

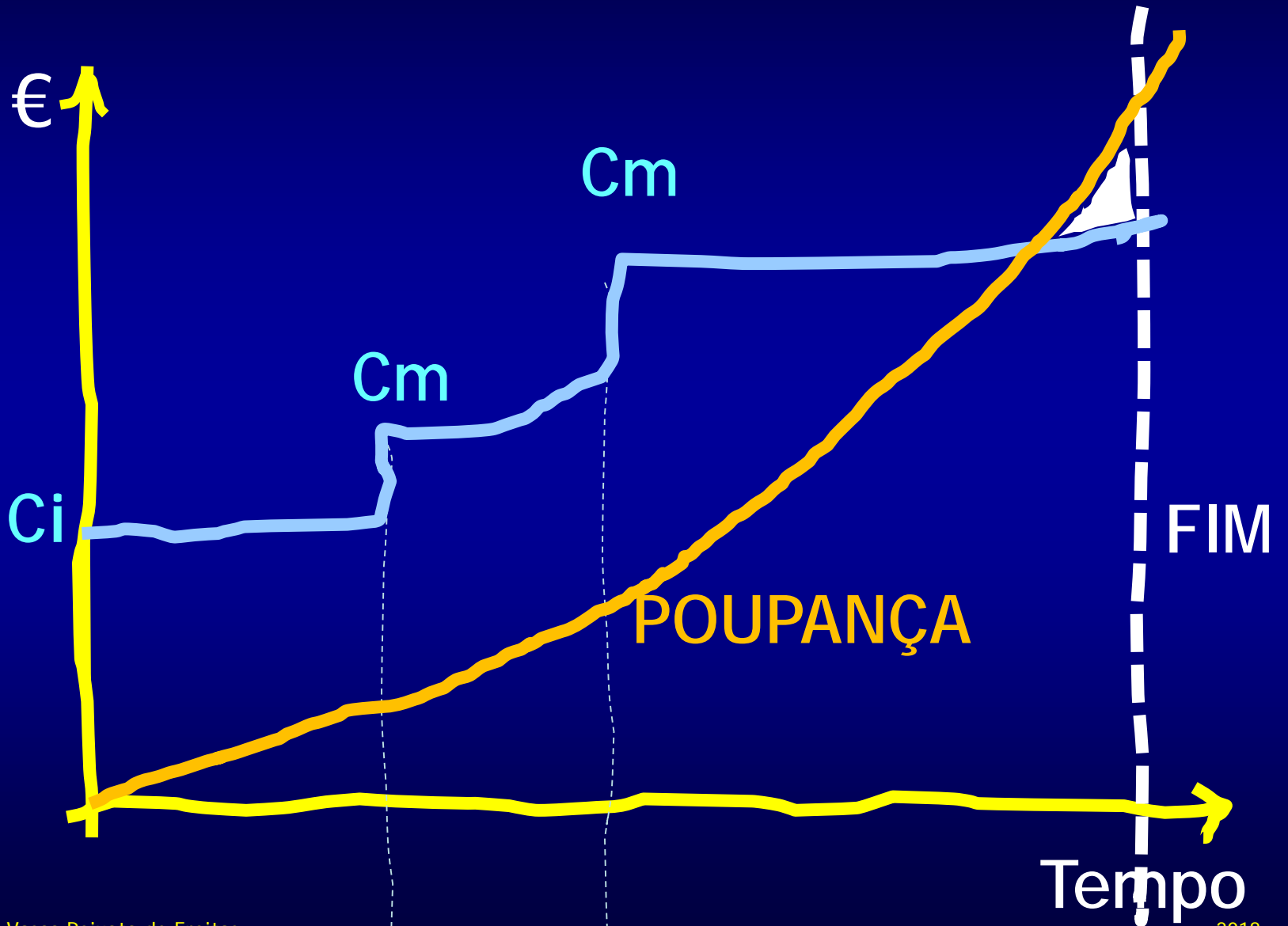


Source: BP (2014) Statistical Review of World Energy - June 2014

<http://www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>

Vasco Peixoto de Freitas

# Medidas de melhoria

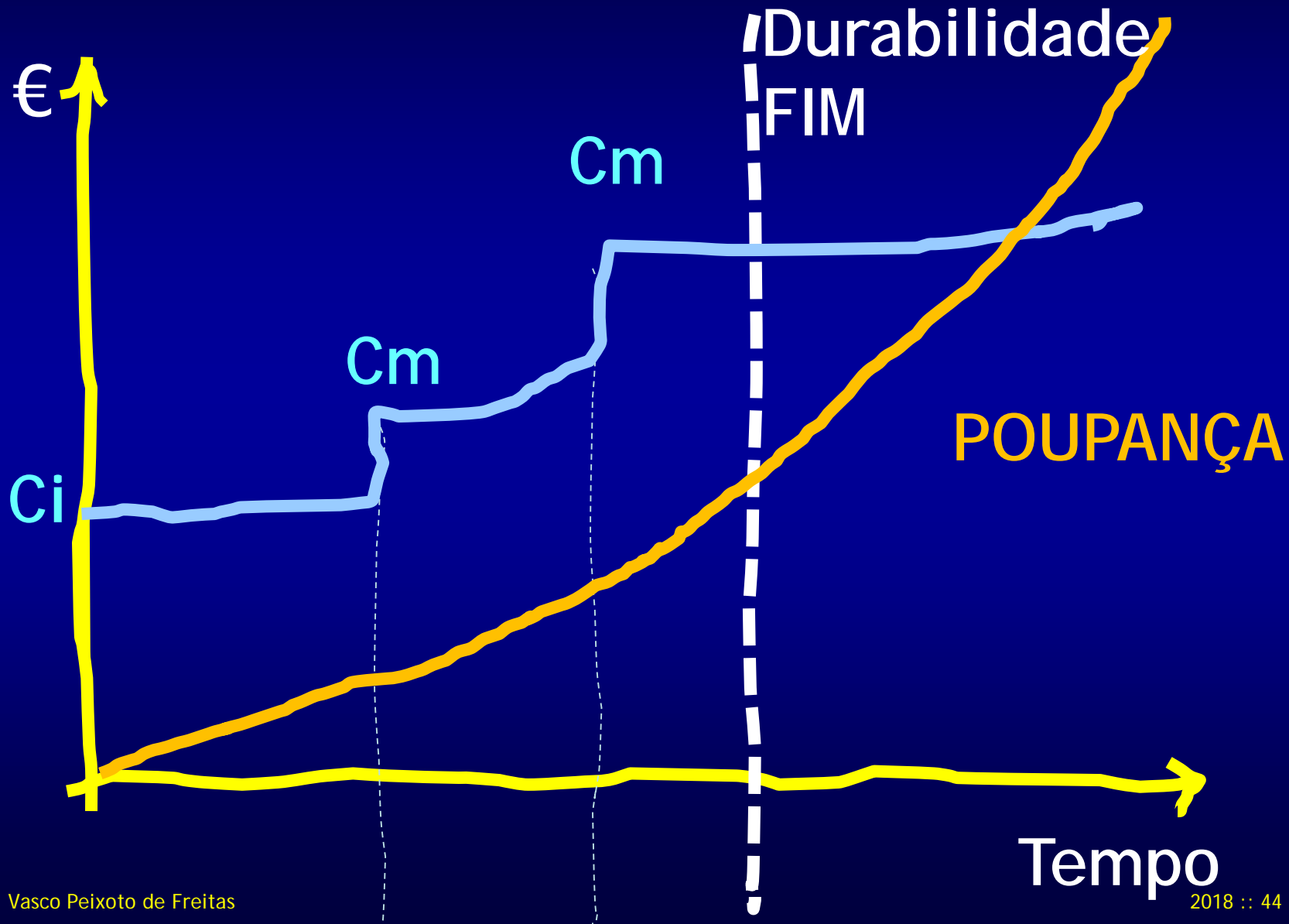


# CUIDADO COM SOLUÇÕES NÃO DURÁVEIS



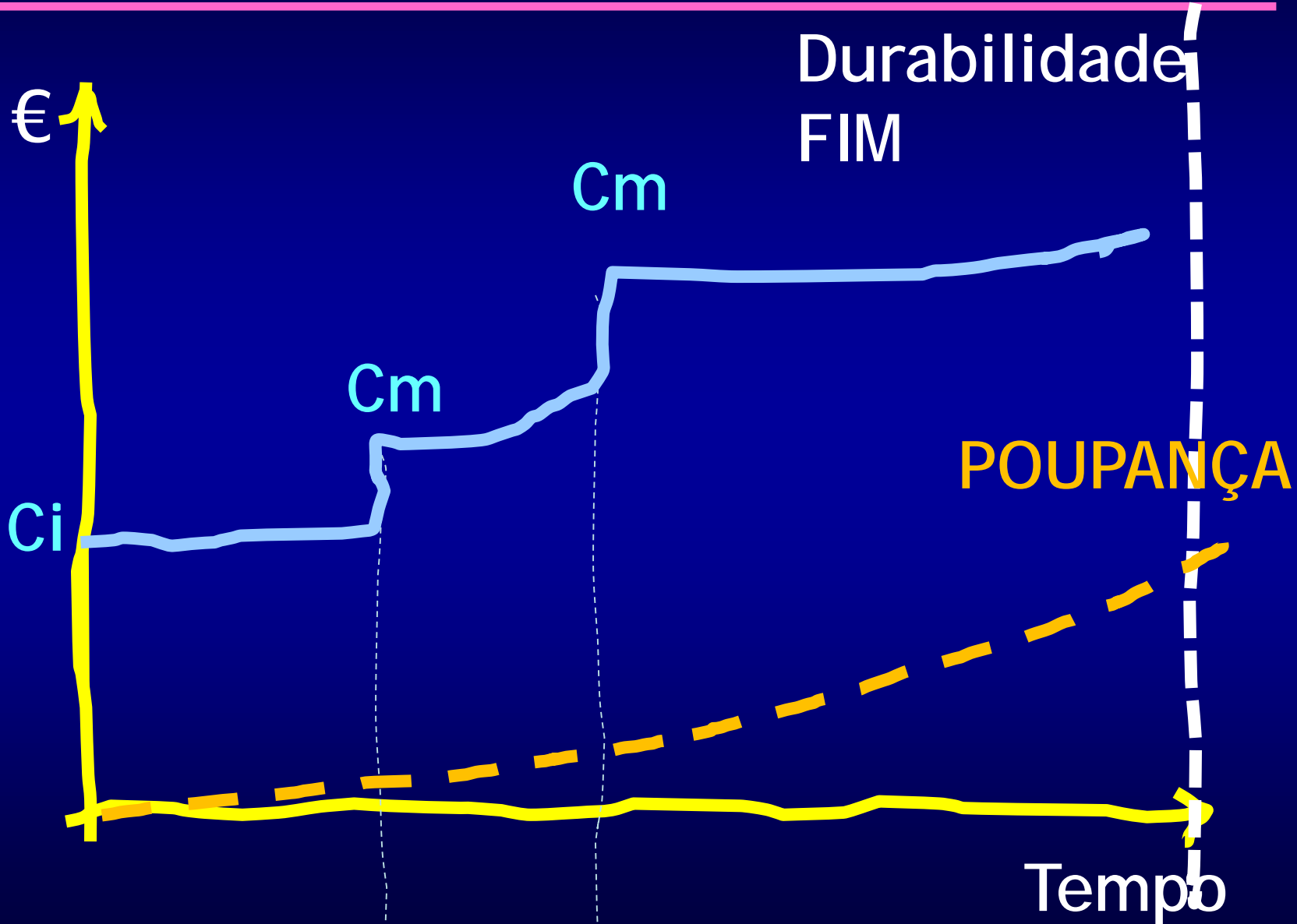
# Medidas de melhoria - Risco e Durabilidade

## Técnico -económica



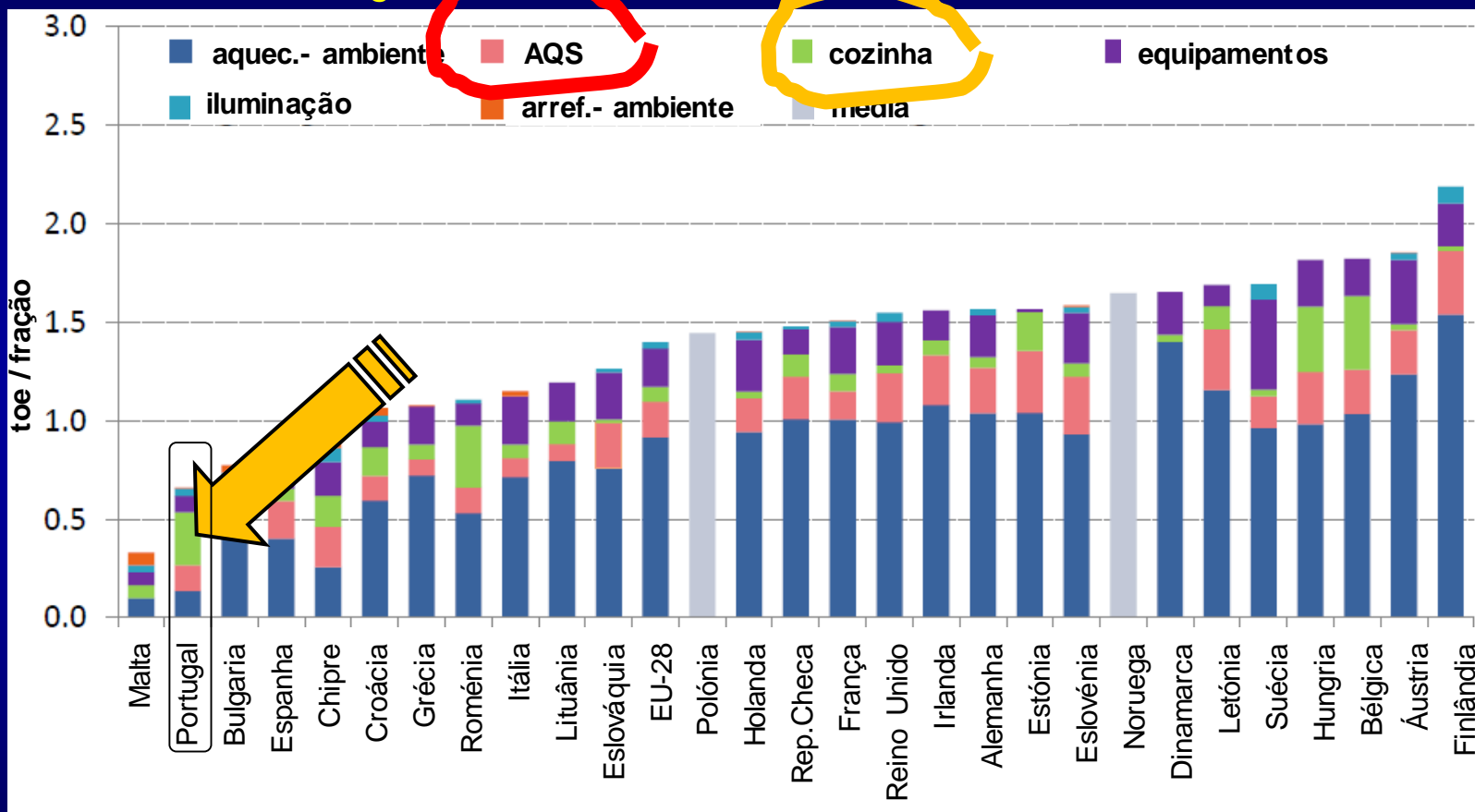
# Medidas de melhoria - Risco e Durabilidade

## E se não aquecemos 24 horas?



# CONSUMO DE ENERGIA NA EUROPA

Consumo de energia no setor doméstico na UE (2012)



% aquecimento no consumo doméstico: { EU - 67%  
PT - 21%

# Reabilitação... a minha visão

A eficiência energética merece toda a atenção...

A realidade de cada país

ENERGIA para ter conforto  
- ou MINIMIZAR o desconforto

Não há poupança de energia quando não se aquece ou não se arrefece

Envolvente mais importante que os equipamentos

# Coletores Solares...

---

Outras energias renováveis

U. PORTO

FACULDADE DE ENGENHARIA  
FEUP  
UNIVERSIDADE DO PORTO



CONSTRUCT



LFC



# Há um apertado caminho a percorrer na reabilitação energética dos edifícios

---



3.

---

# Reabilitação Construtiva e Arquitetónica

U. PORTO

FACULDADE DE ENGENHARIA  
FEUP  
UNIVERSIDADE DO PORTO



CONSTRUCT



LFC

# FACHADAS



# Funcionalidade?



U. PORTO

FACULDADE DE ENGENHARIA  
UNIVERSIDADE DO PORTO



CONSTRUCT



LFC

Vasco Peixoto de Freitas





4.

---

# Metodologia de projeto (Reabilitação)

U. PORTO

FACULDADE DE ENGENHARIA  
FEUP  
UNIVERSIDADE DO PORTO



CONSTRUCT



LFC

# 1.ª FASE — DIAGNÓSTICO

---

**Que informação precisa o projetista?**

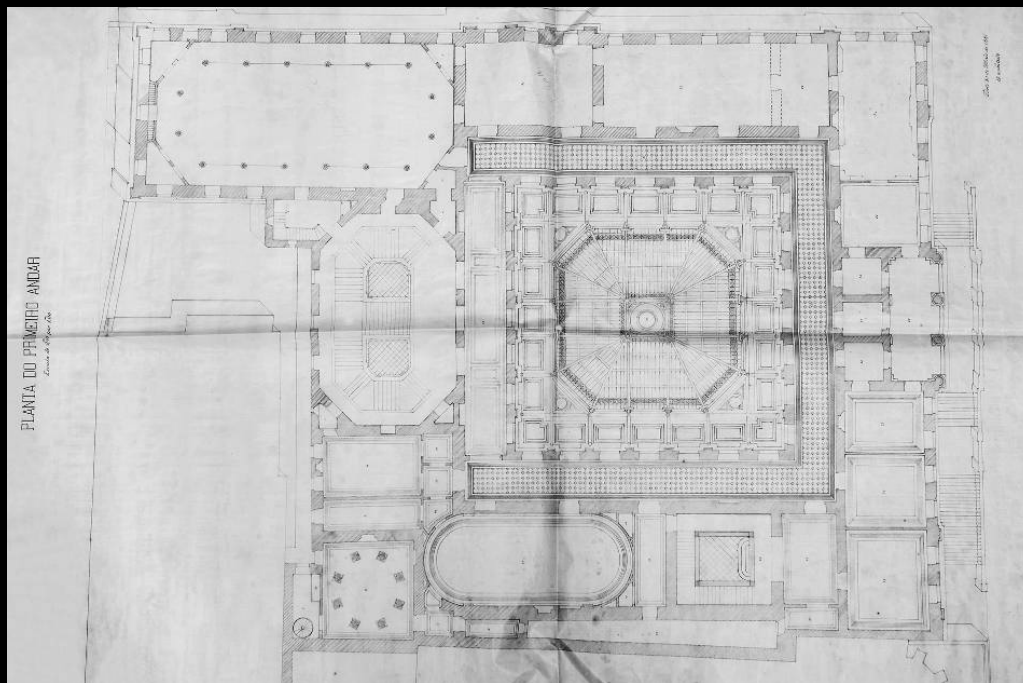
**Que meios de diagnóstico deve utilizar?**



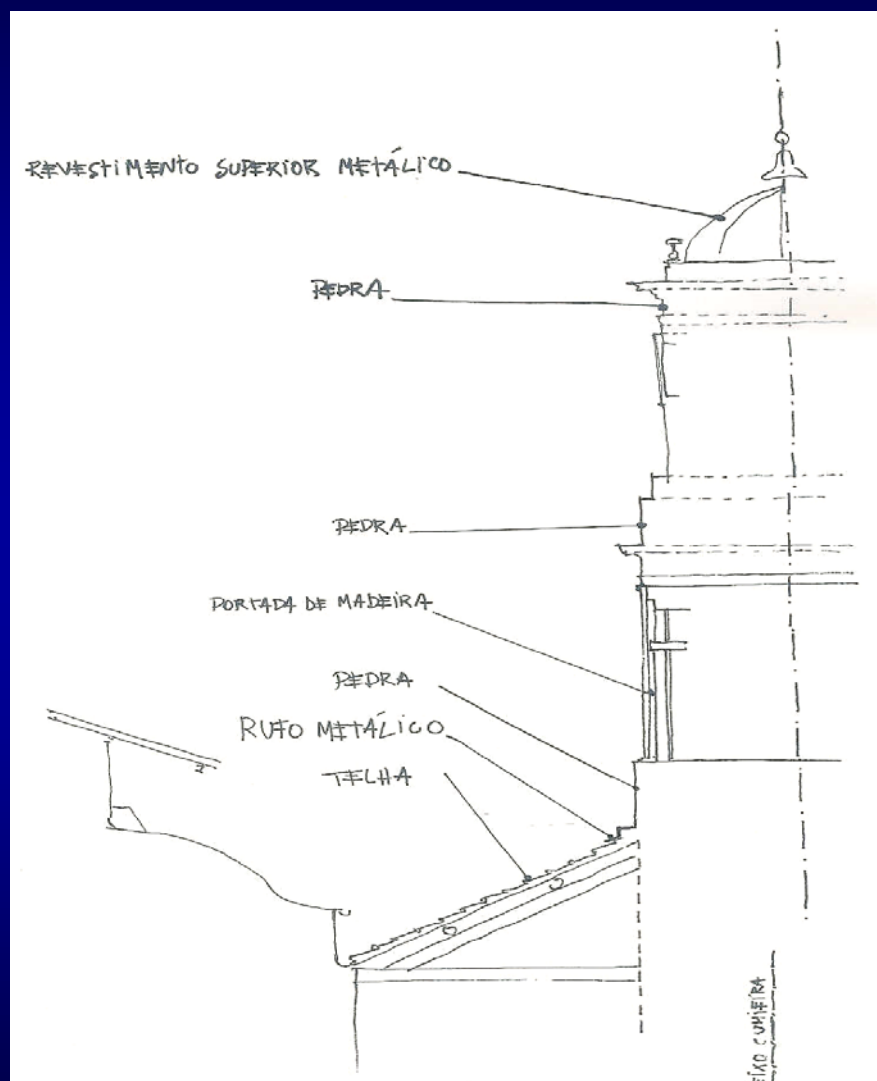
# 1.ª FASE — DIAGNÓSTICO

---

- **1. Análise da informação escrita e desenhada**
- **2. Visita ao interior e exterior dos edifícios**
- **3 .Realização de um levantamento fotográfico do edifício e suas patologias**
- **4. Medidas “in situ” ou em laboratório**
- **5 Efetuar um conjunto de sondagens**
- **6. Simulação numérica**



# COBERTURA DO PALÁCIO TORRE DO RELÓGIO - VISITAR



Prof. Engº Vasco Peixoto de Freitas, Lda

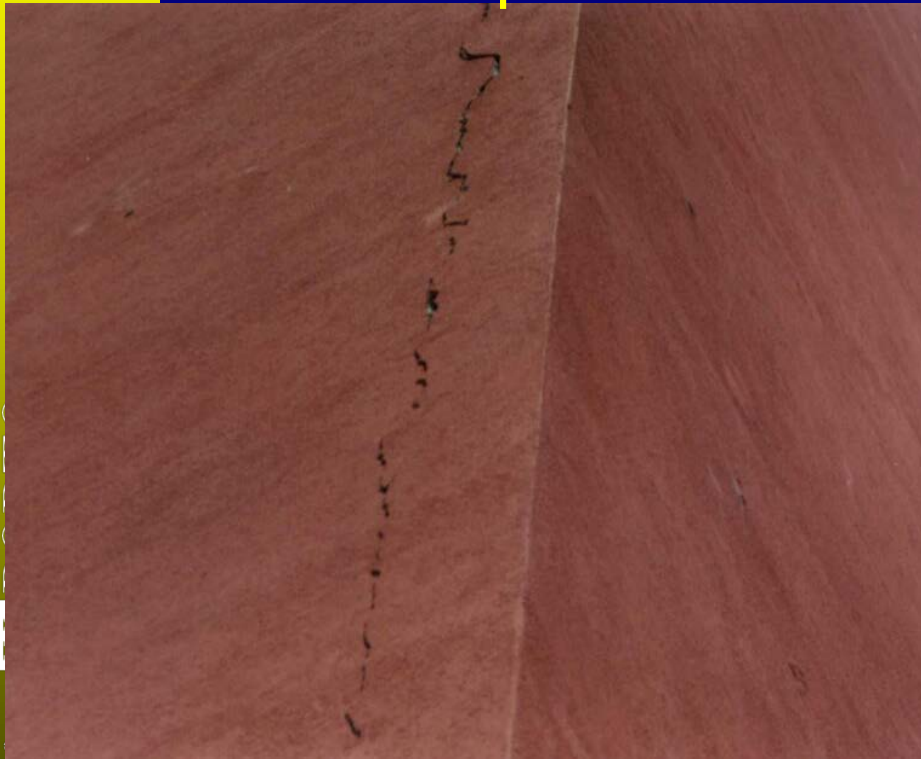
Rua do Amial, 495 - 3º Esq - 4200-061 PORTO

Telefone: 22 8347770 - Fax: 22 834 7779

Email: mail@vpfreitas.net

# FISSURAÇÃO DA ENVOLVENTE EXTERIOR DA ALVENARIA EM TIJOLO

Risco de queda



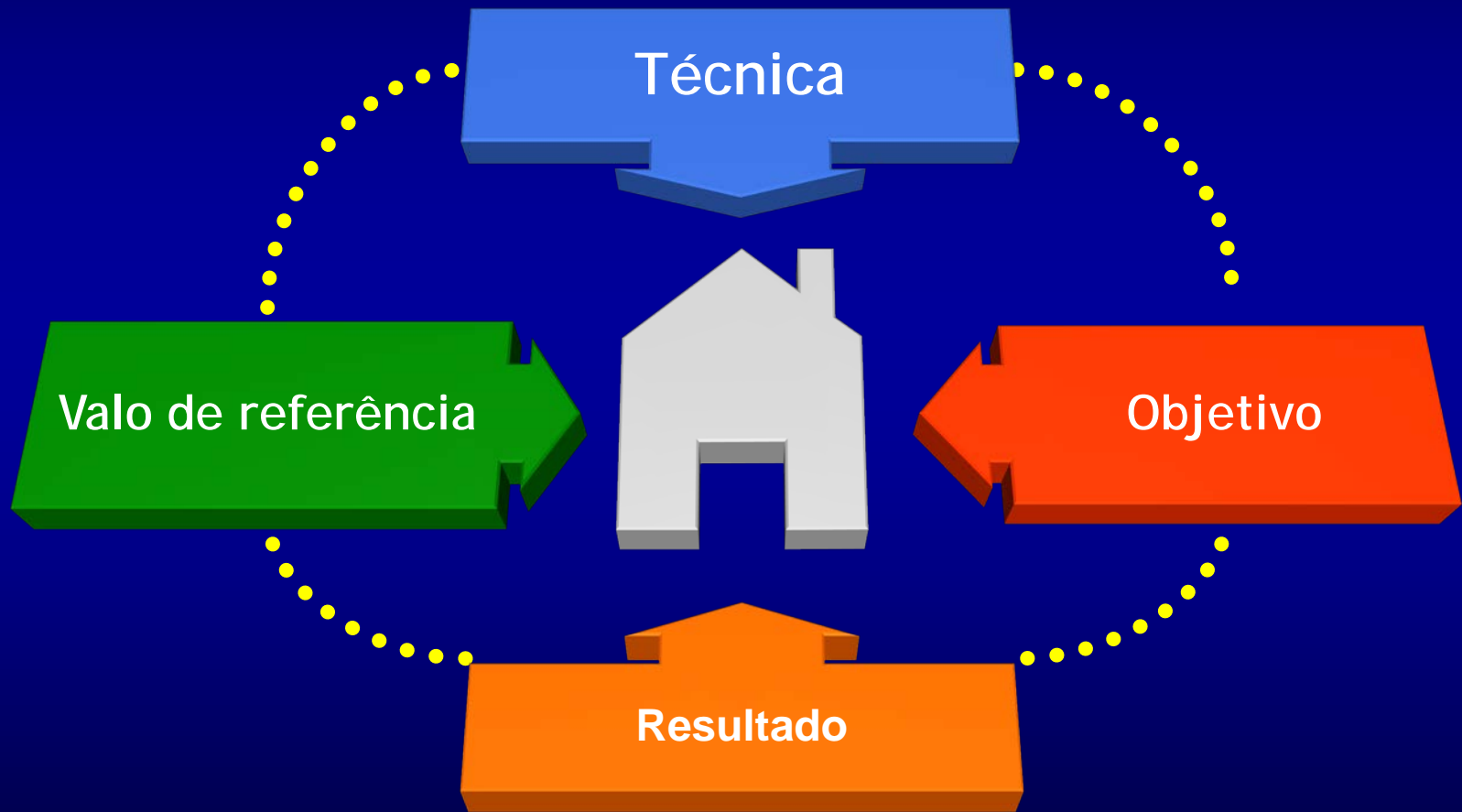
▶ Levantamentos (fotográficos – orto fotogramétricos)

CONSTRUCT



LFC

# MEDIDA



# SONDAGENS

- ▷ As sondagens permitiram verificar que a constituição das paredes não correspondia às especificações do projeto



## SONDAGENS

# Diagnóstico

---

Simulação (higrotérmica)

U. PORTO

FACULDADE DE ENGENHARIA  
FEUP  
UNIVERSIDADE DO PORTO

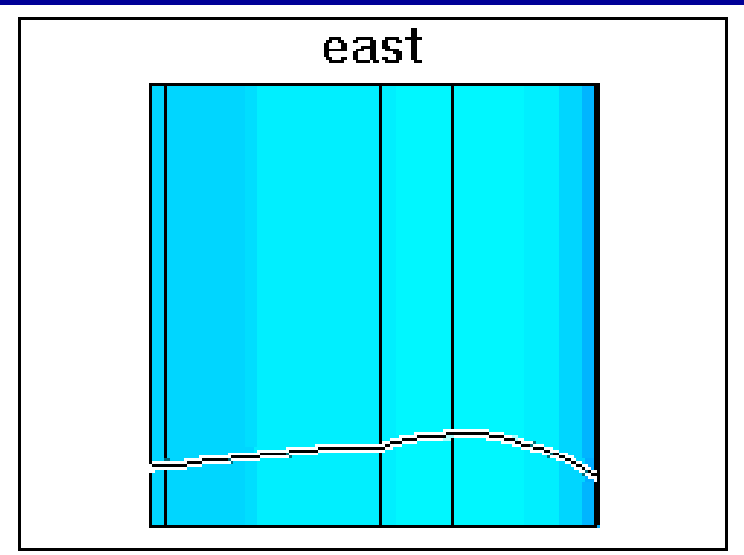
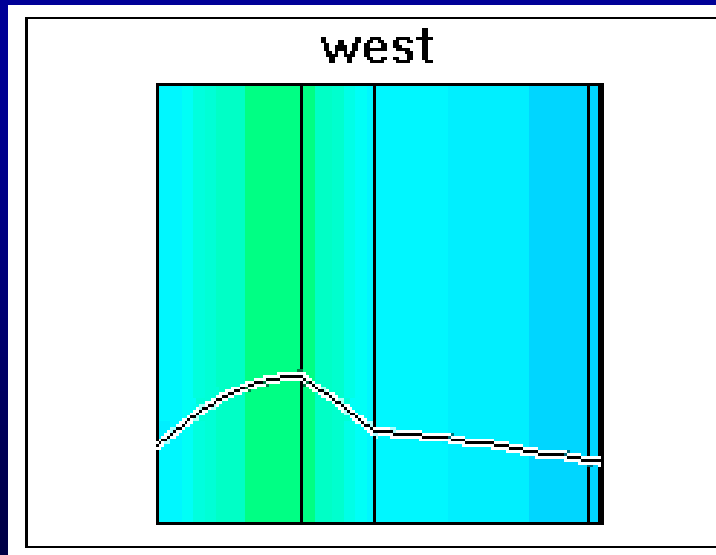
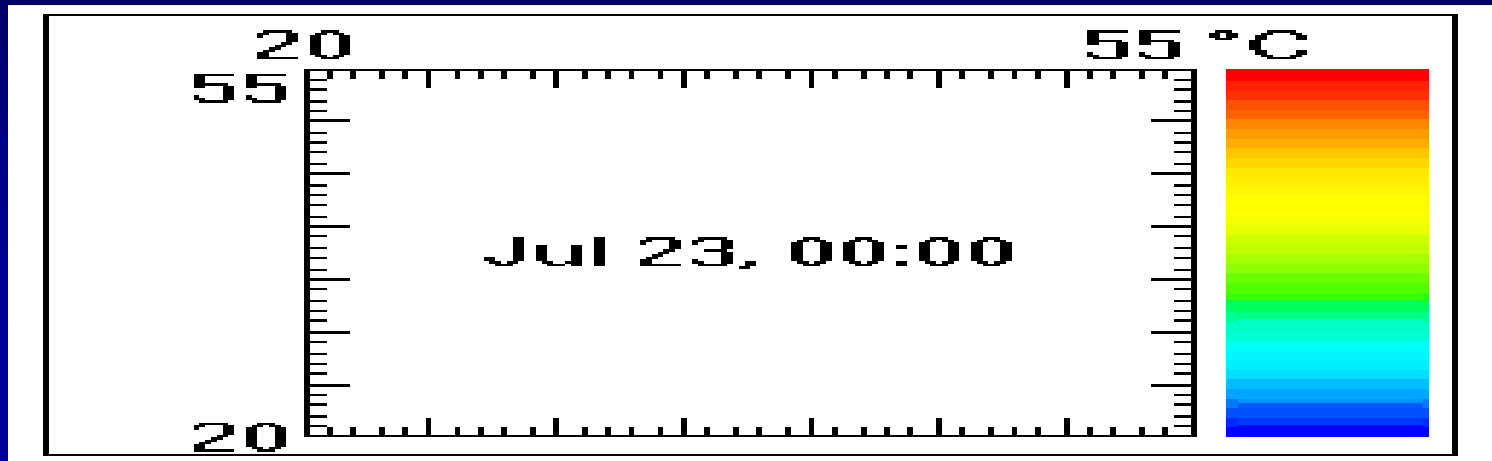


CONSTRUCT



LFC

# Flutuação da temperatura

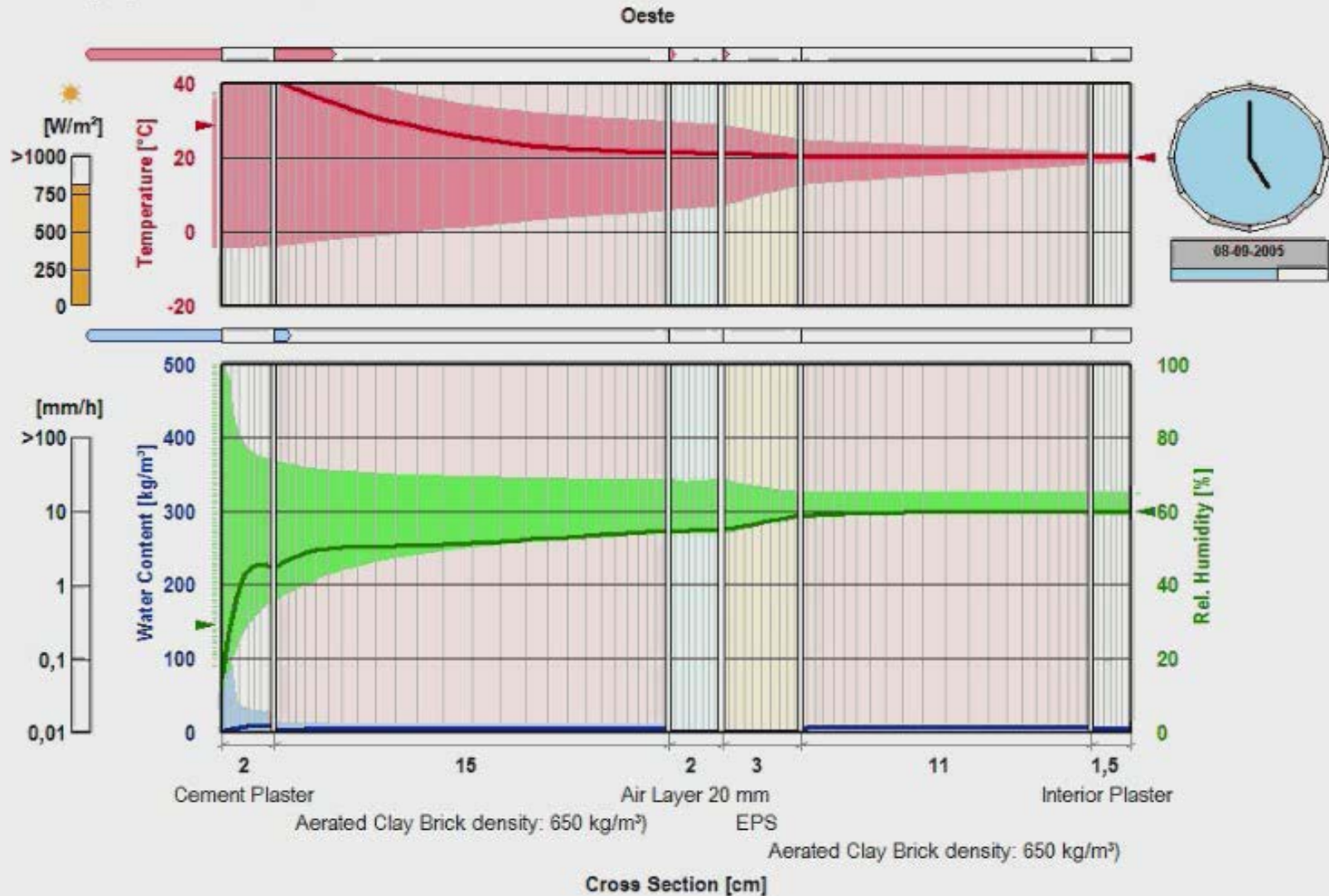




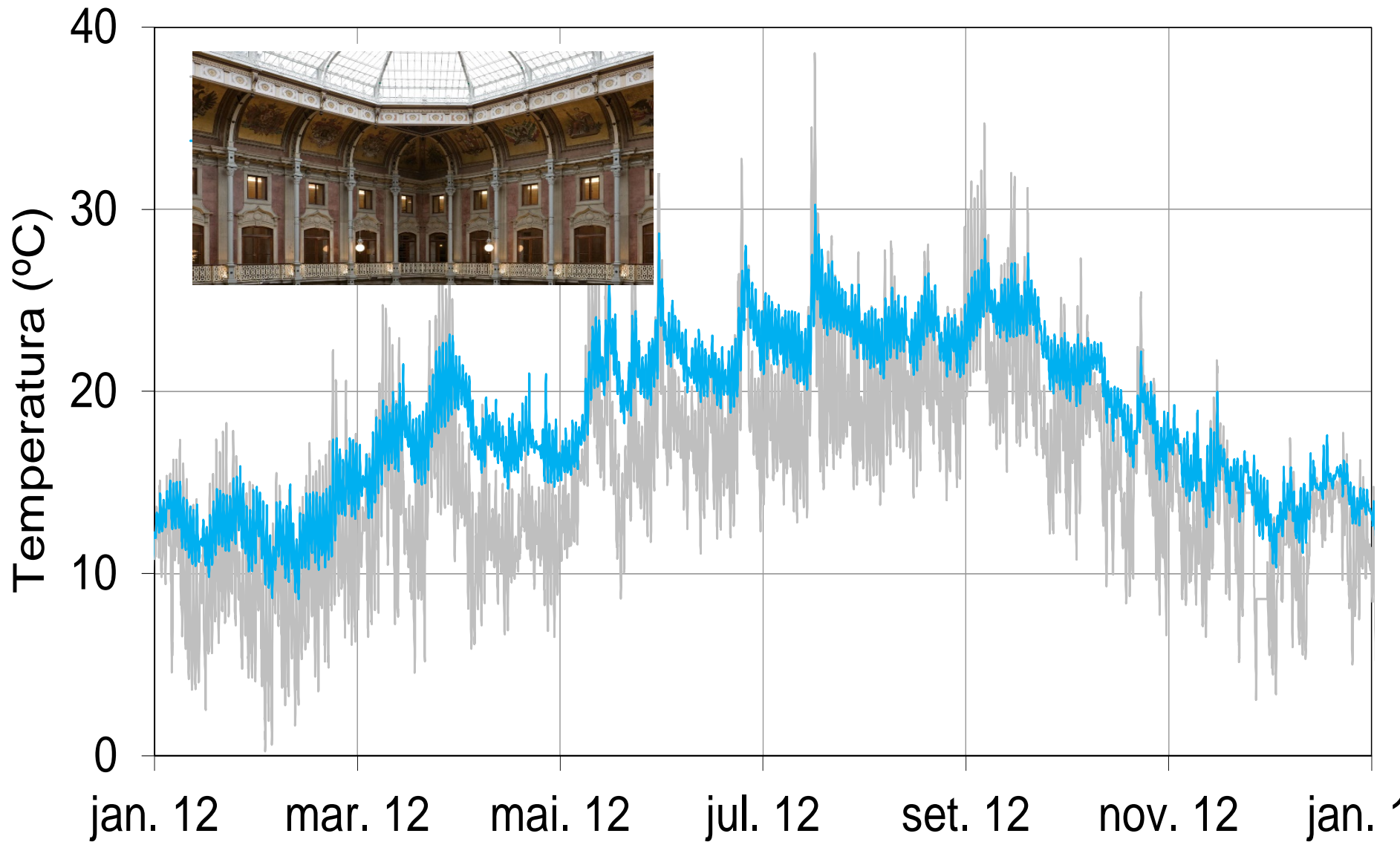
# Flutuação da temperature, Condensações, Humidificação

Location: Bragança\_ComChuva.wac;

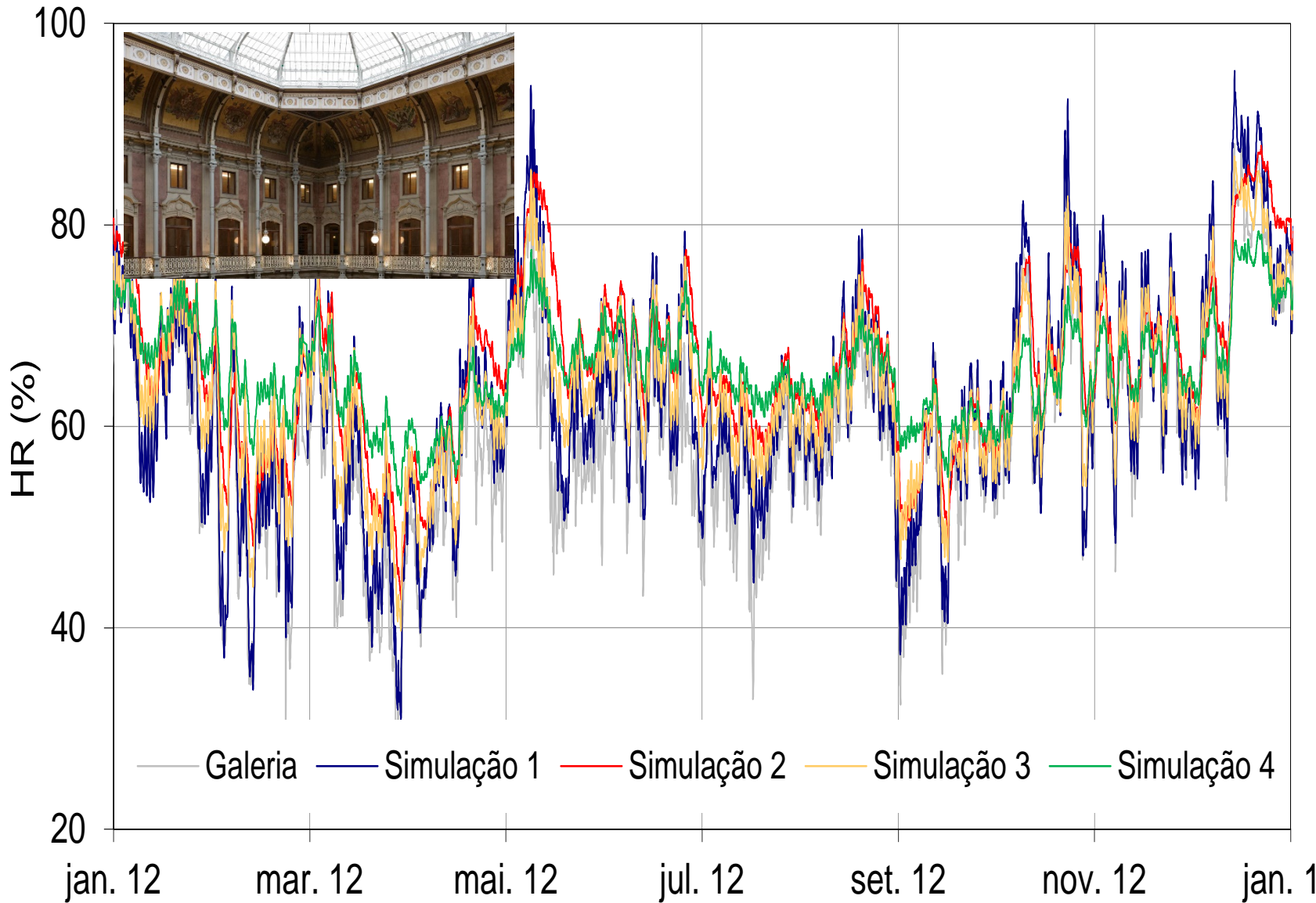
WUFI®



# Resultados - Temperatura



# Resultados - Humidade Relativa



5.

---

# Exemplo de soluções

(Diagnóstico e metodologia de intervenção)



FACULDADE DE ENGENHARIA  
UNIVERSIDADE DO PORTO



CONSTRUCT



LFC



FONSECA

1834

ASSOCIAÇÃO COMERCIAL DO PORTO

PALÁCIO DA BOLSA





Prof. Engº Vasco Peixoto de Freitas, Lda  
Rua do Amial, 495 - 3º Esq - 4200-061 PORTO  
Telefone: 22 834 77 70 - Fax: 22 834 77 79  
Email: mail@vpfreitas.com

---

# Reabilitação da área opaca Telha cerâmica

Prof. Engº Vasco Peixoto de Freitas, Lda

Rua do Amial, 495 - 3º Esq - 4200-061 PORTO

Telefone: 22 834 77 70 - Fax: 22 834 77 79

Email: [mail@vpfreitas.com](mailto:mail@vpfreitas.com)





# ÁREA OPACA

EXIGÊNCIAS

Isolamento térmico

Ausência de condensações

Estanquidade  
Durabilidade....

Prof. Engº Vasco Peixoto de Freitas, Lda

Rua do Amial, 495 - 3º Esq - 4200-061 PORTO

Telefone: 22 834 77 70 - Fax: 22 834 77 79

Email: [mail@vpfreitas.com](mailto:mail@vpfreitas.com)





Prof. Engº Vasco Peixoto de Freitas, Lda

Rua do Amial, 495 - 3º Esq - 4200-061 PORTO

Telefone: 22 834 77 70 - Fax: 22 834 77 79

Email: [mail@vpfreitas.com](mailto:mail@vpfreitas.com)



Prof. Eng° Vasco Peixoto de Freitas, Lda

Rua do Amial, 495 - 3.º Esq - 4200-061 PORTO

Telefone: 22 834 77 70 - Fax: 22 834 77 79

Email: [mail@vpfreitas.com](mailto:mail@vpfreitas.com)





Prof. Engº Vasco Peixoto de Freitas, Lda  
Rua do Amial, 495 - 3.º Esq - 4200-061 PORTO  
Telefone: 22 834 77 70 - Fax: 22 834 77 79  
Email: mail@vpfreitas.com

---

# Reabilitação da área opaca Zinco





- Remoção do anterior revestimento, limpeza, introdução de isolamento térmico, estrutura e novo revestimento em zinco,



Prof. Engº Vasco Peixoto de Freitas, Lda

Rua do Amial, 495 - 3º Esq - 4200-061 PORTO

Telefone: 22 834 77 70 - Fax: 22 834 77 79

Email: [mail@vpfreitas.com](mailto:mail@vpfreitas.com)







- Remoção do anterior revestimento, limpeza, introdução de isolamento térmico/estrado e novo revestimento em zinco;



Prof. Engº Vasco Peixoto de Freitas, Lda

Rua do Amial, 495 - 3.º Esq - 4200-061 PORTO

Telefone: 22 834 77 70 - Fax: 22 834 77 79

Email: [mail@vpfreitas.com](mailto:mail@vpfreitas.com)





Prof. Eng.º Vasco Peixoto de Freitas, Lda  
Rua do Amial, 495 - 3.º Esq - 4200-061 PORTO  
Telefone: 22 834 77 70 - Fax: 22 834 77 79  
Email: [mail@vpfreitas.com](mailto:mail@vpfreitas.com)

---

# Reabilitação da área transparente

# ÁREA TRASPARENTE

EXIGÊNCIAS





Tratamento "in situ" da estrutura metálica que consistiu na limpeza da superfície através de meios mecânicos e pintura;





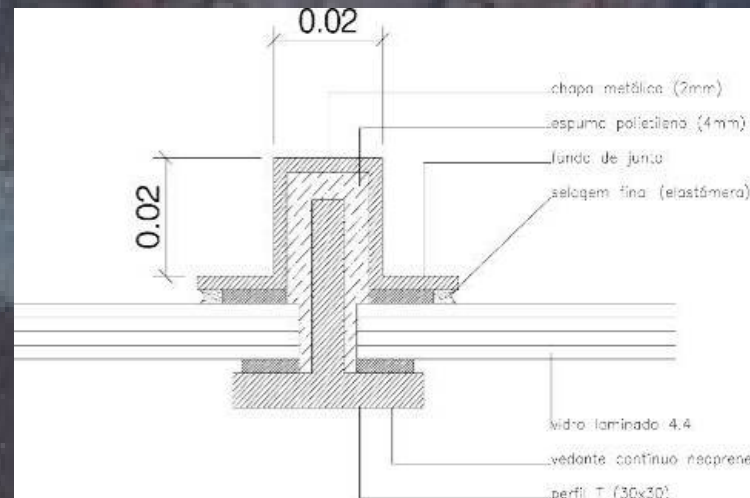
Prof. Engº Vasco Peixoto de Freitas, Lda

Rua do Amial, 495 - 3º Esq - 4200-061 PORTO

Telefone: 22 834 77 70 - Fax: 22 834 77 79

Email: [mail@vpfreitas.com](mailto:mail@vpfreitas.com)









# HUMIDADES ASCENSIONAIS

---

U. PORTO

FACULDADE DE ENGENHARIA  
FEUP  
UNIVERSIDADE DO PORTO

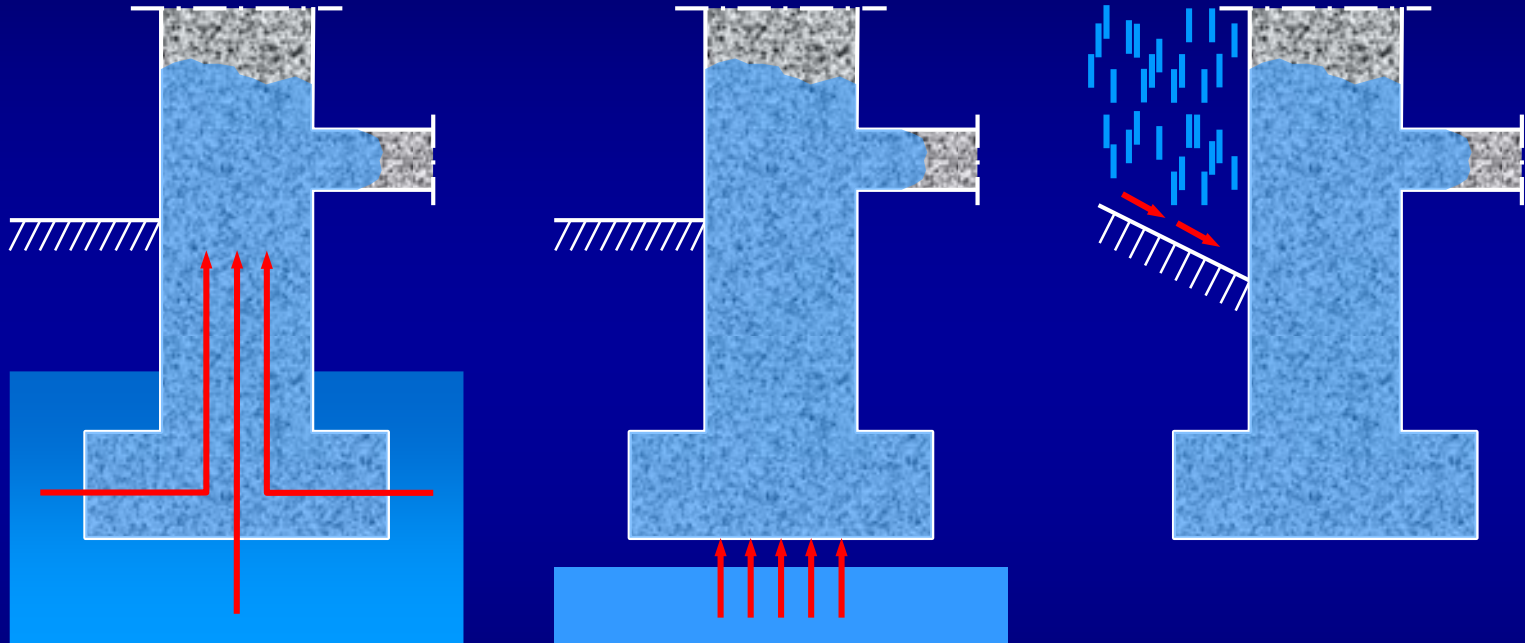


CONSTRUCT



LFC

# Embebição das paredes



Águas Freáticas

Águas Superficiais

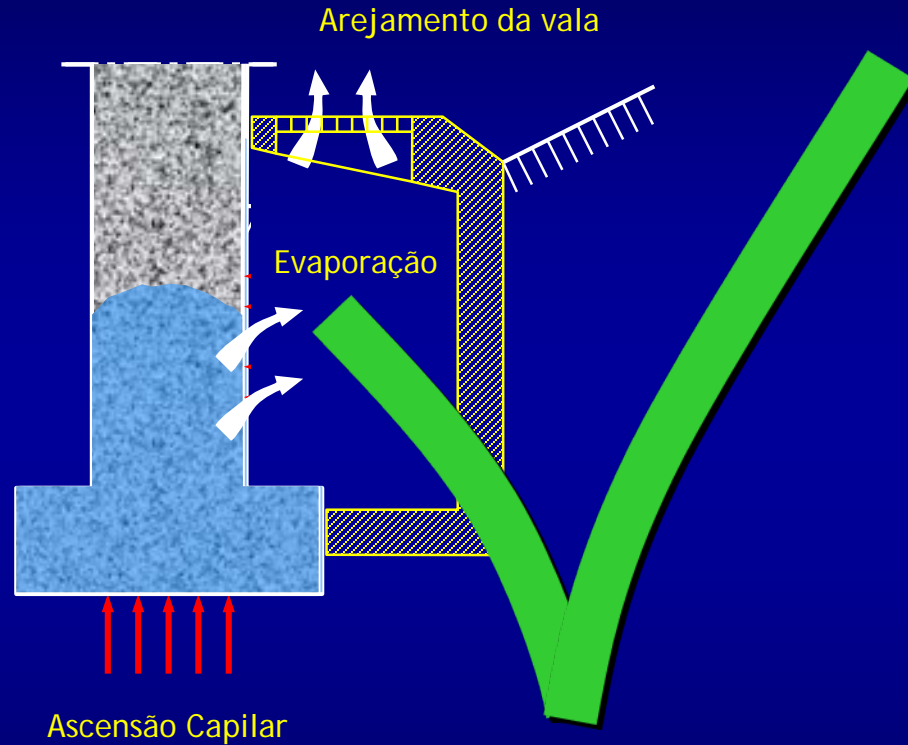
# MANIFESTAÇÕES NO EXTERIOR



# Consequências: Cristalização de sais



# VENTILAÇÃO DA BASE DAS PAREDES

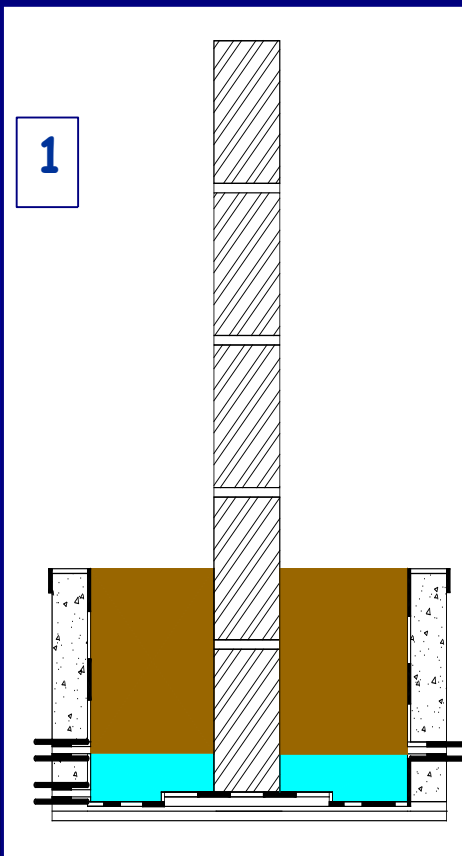
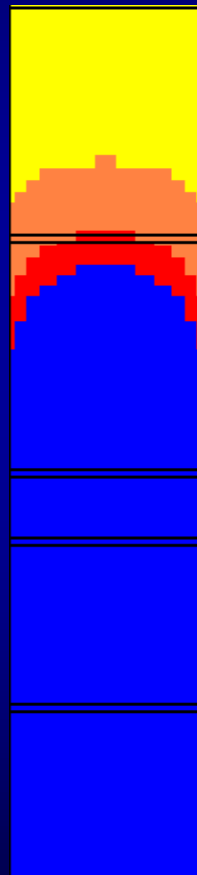
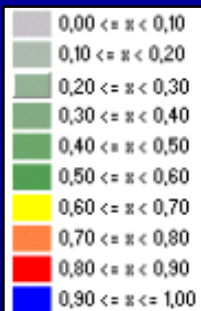


# VALIDAÇÃO NUMÉRICA

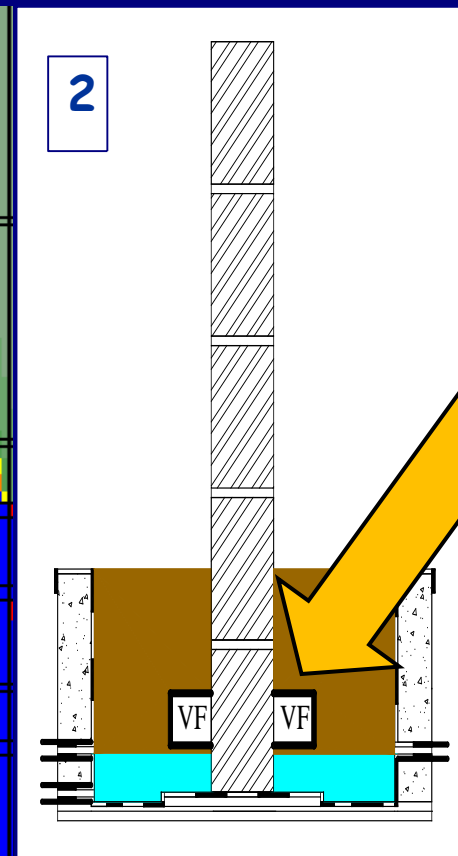
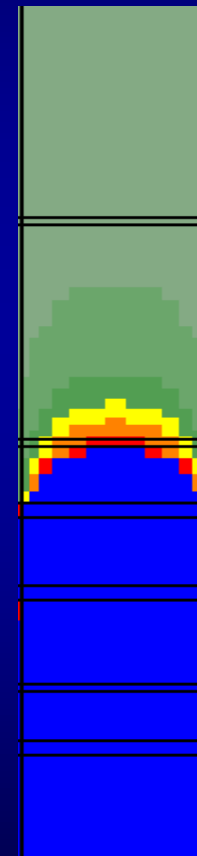
WUFI

WUFI

Humidade Relativa

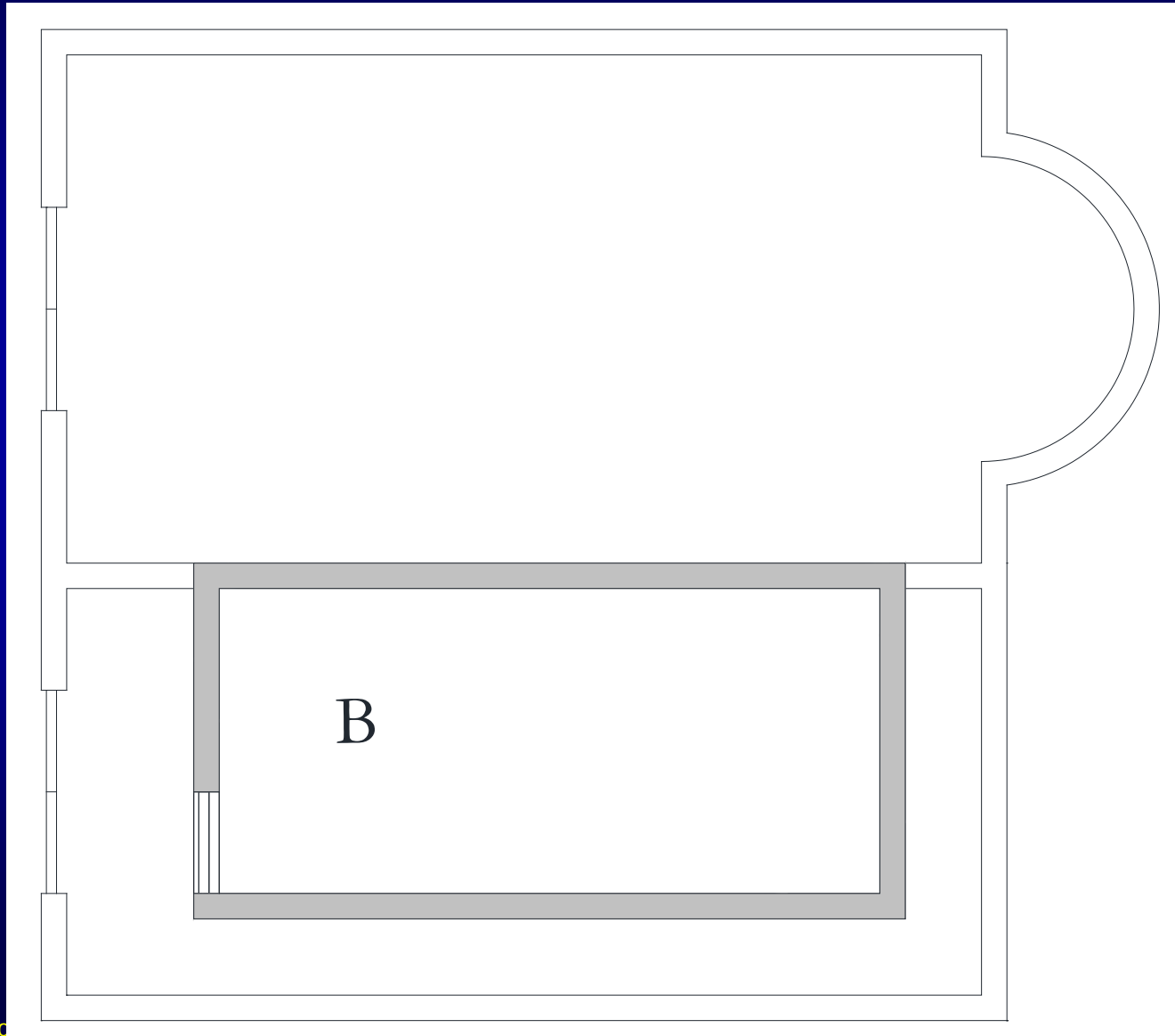


Configuração 1



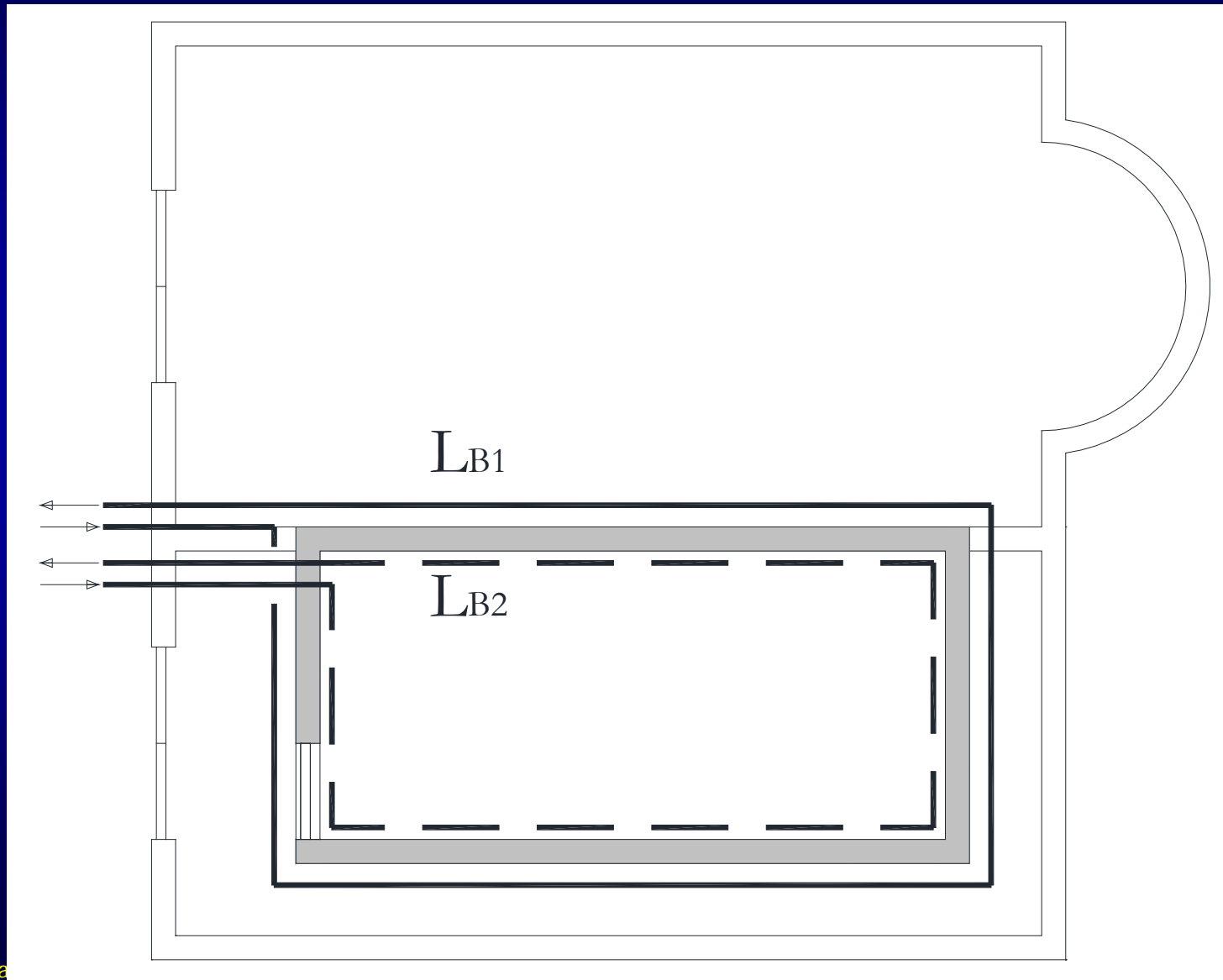
Configuração 2

# Sistema de ventilação geometria

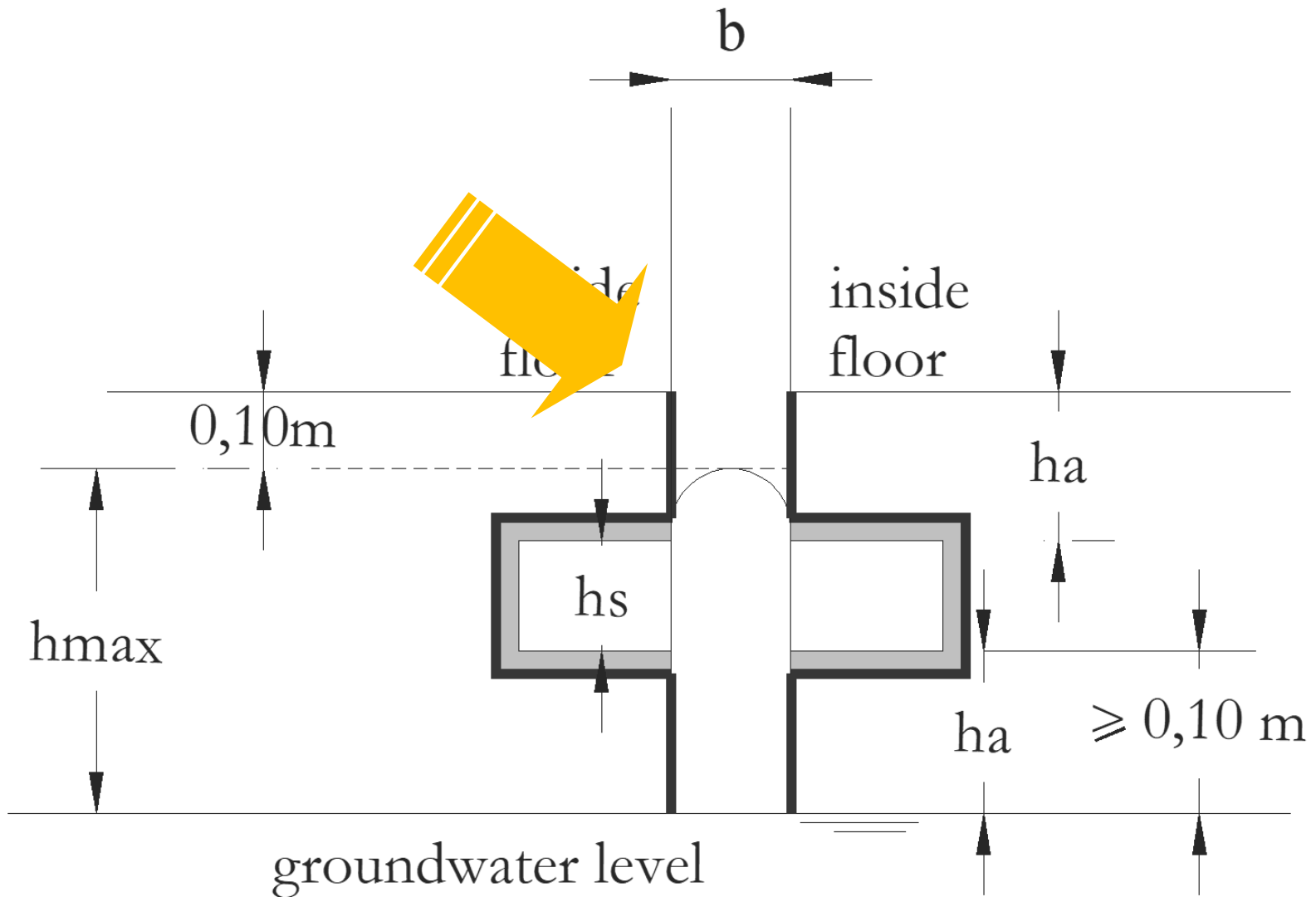




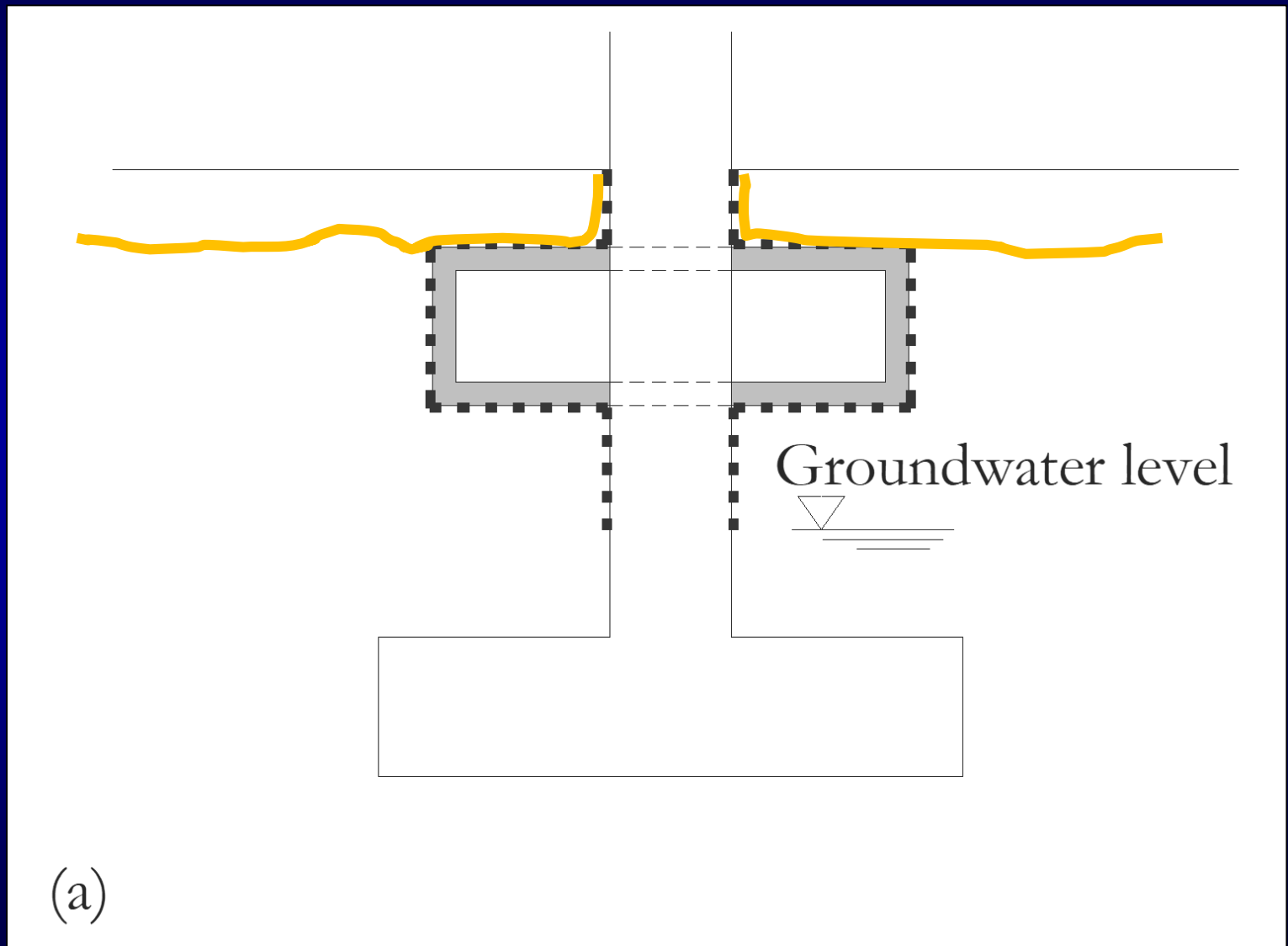
# Ventilação de ambos os lados das paredes $b$ , $h_a$ e $L$



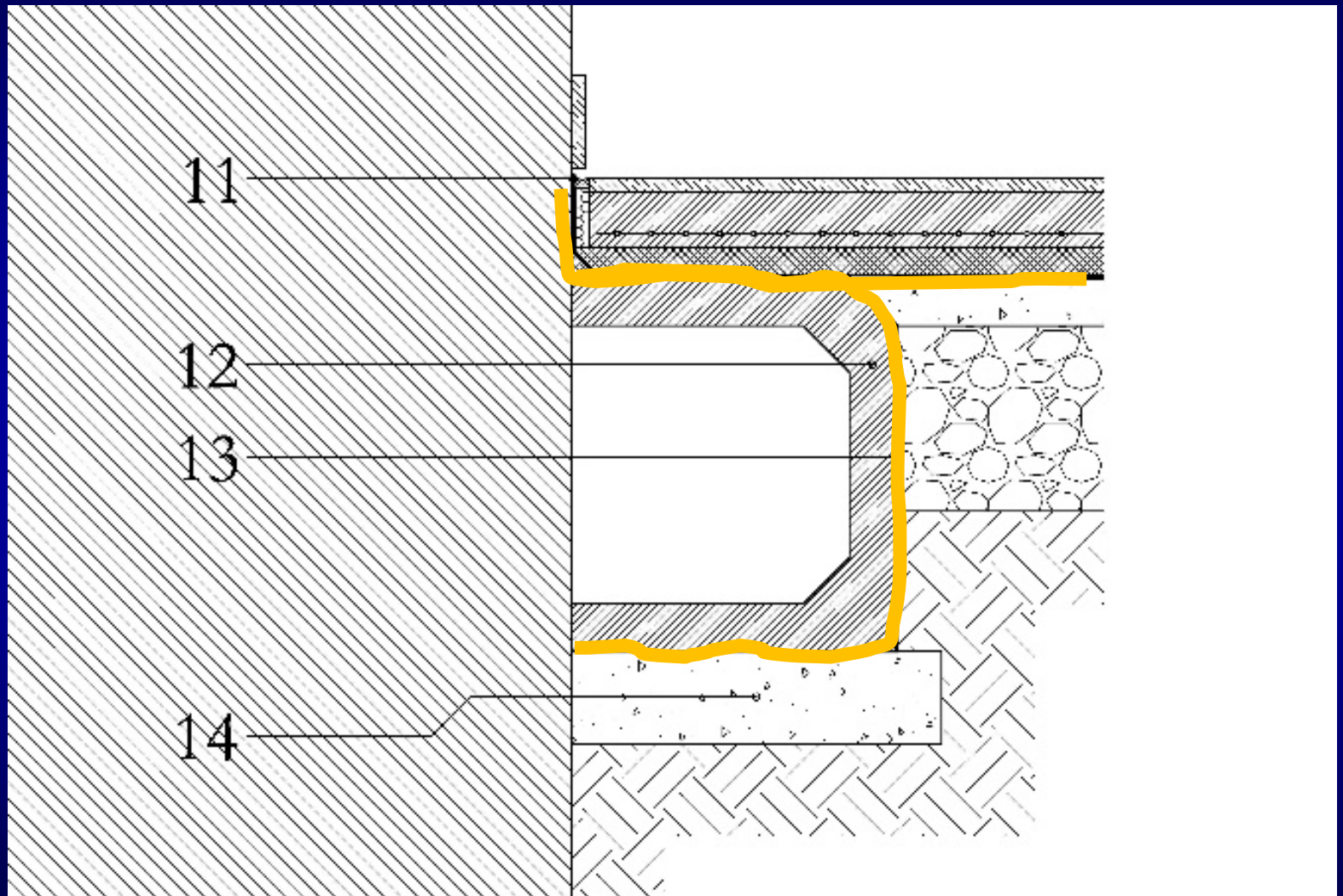
# Passo 1 - Definir $h_{max}$



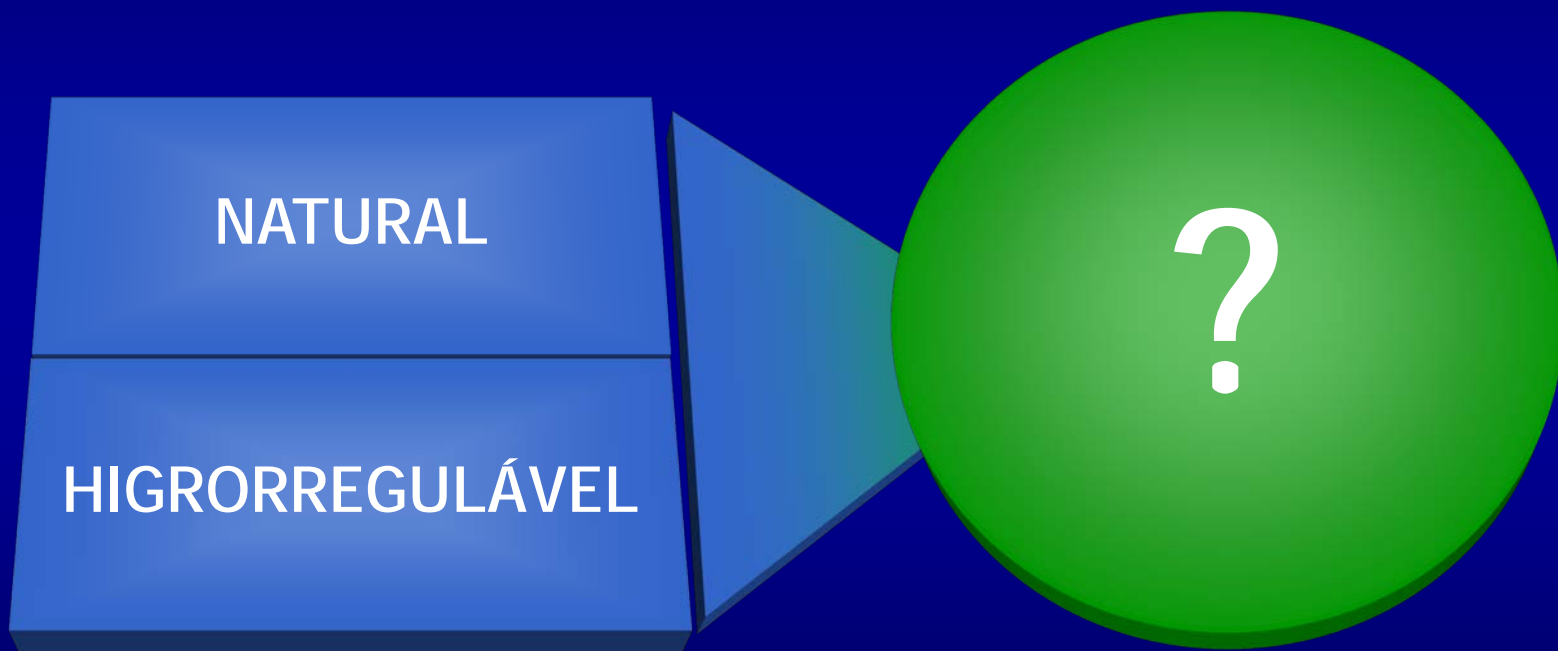
# Impermeabilização - Pára-vapor



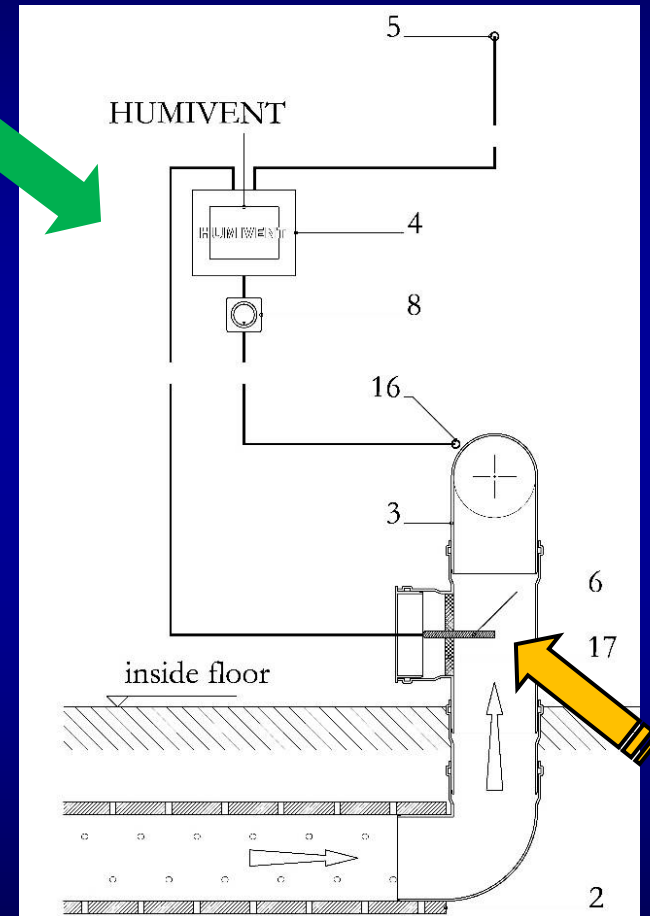
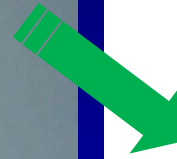
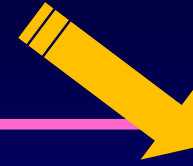
# Canal



# QUE TIPO DE VENTILAÇÃO



# HUMIVENT



# DIMENSIONAMENTO?

---

**SIMPLES...  
CONHECIMENTO**



# Após execução do canal





# CANAL



# ANTES... E DEPOIS...

---



# PROTEÇÕES SOLARES

---

# IDENTIFICAÇÃO DO EDIFÍCIO



U. PORTO

FACULDADE DE ENGENHARIA  
UNIVERSIDADE DO PORTO



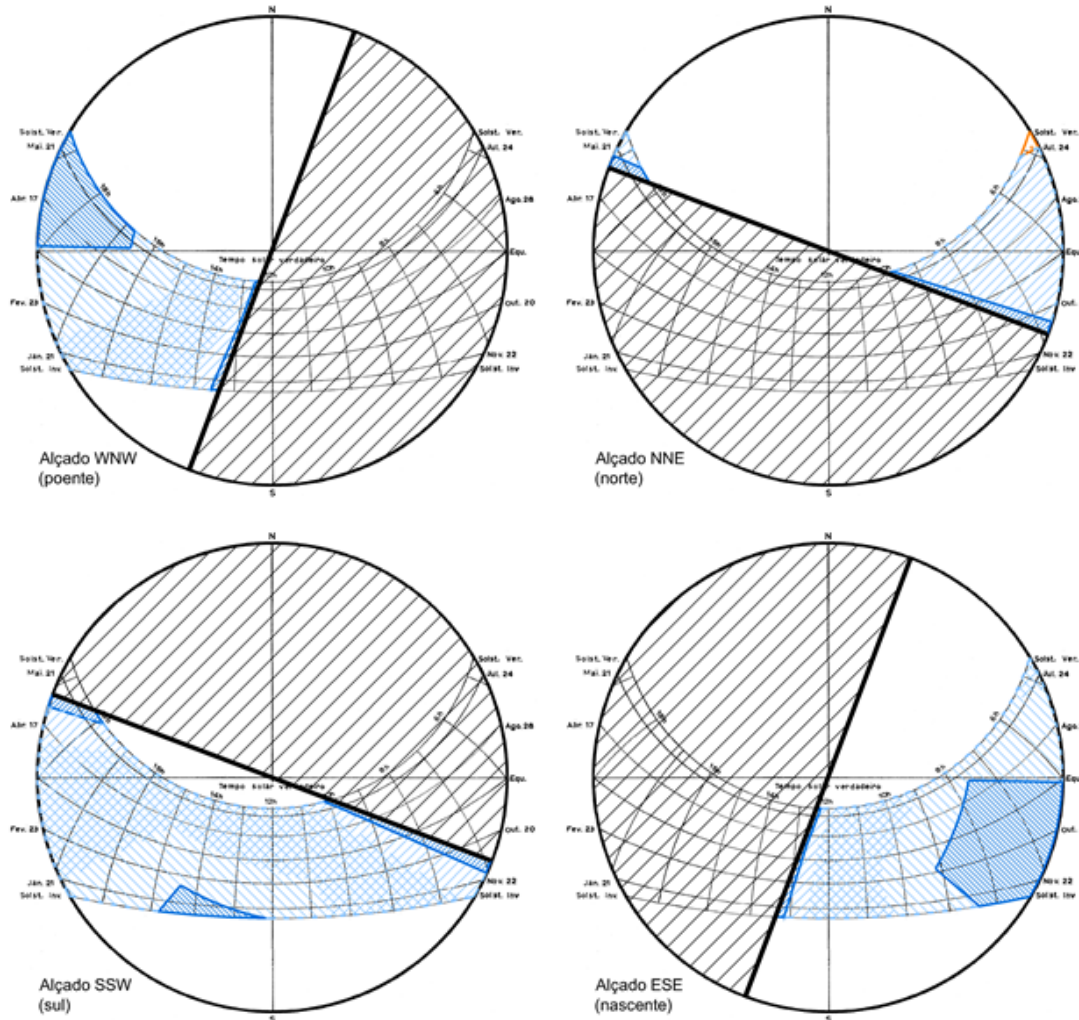
CONSTRUCT








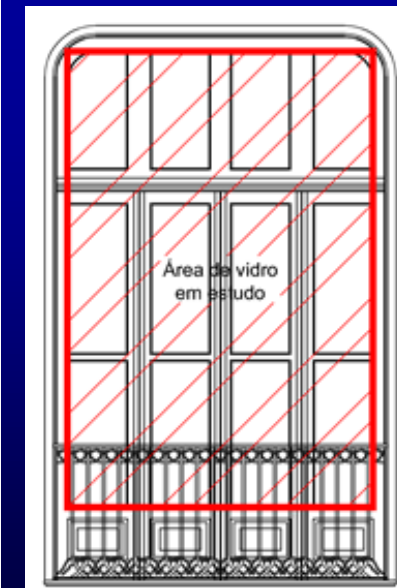
LFC

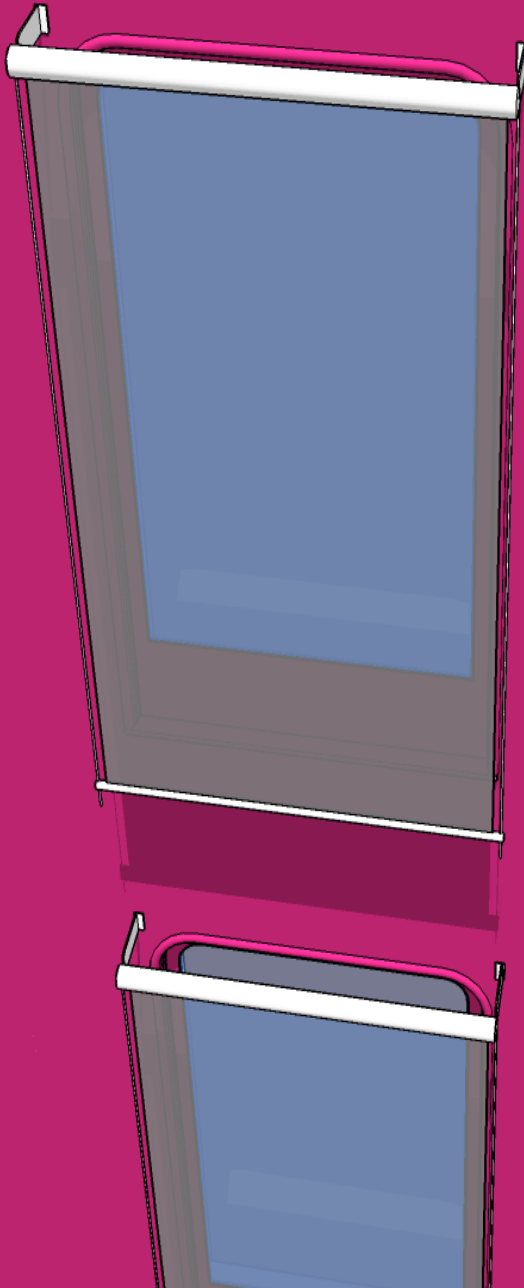
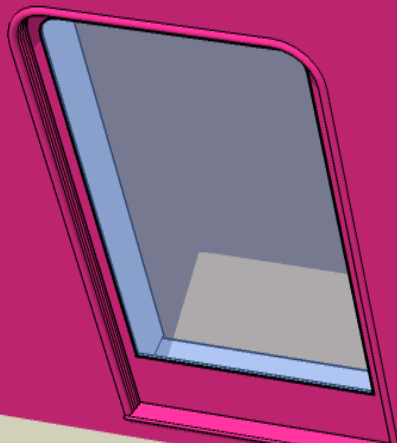
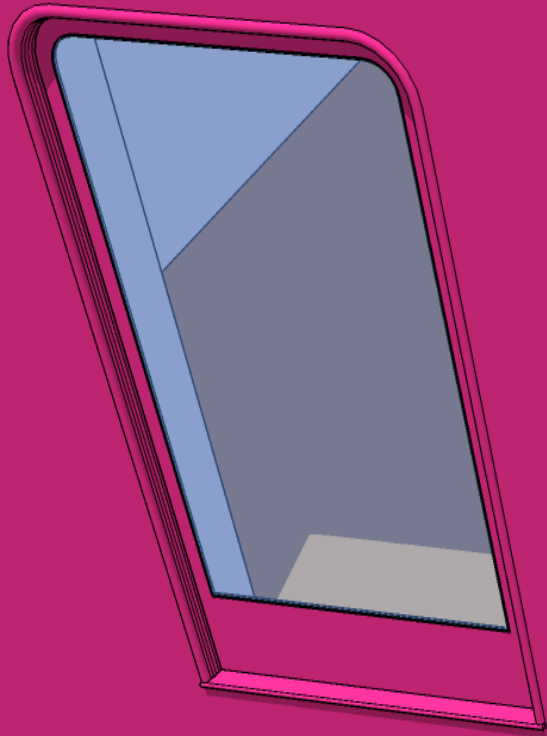
## SOBREAQUECIMENTO NO VERÃO

# PROTEÇÕES SOLARES - ESTUDOS

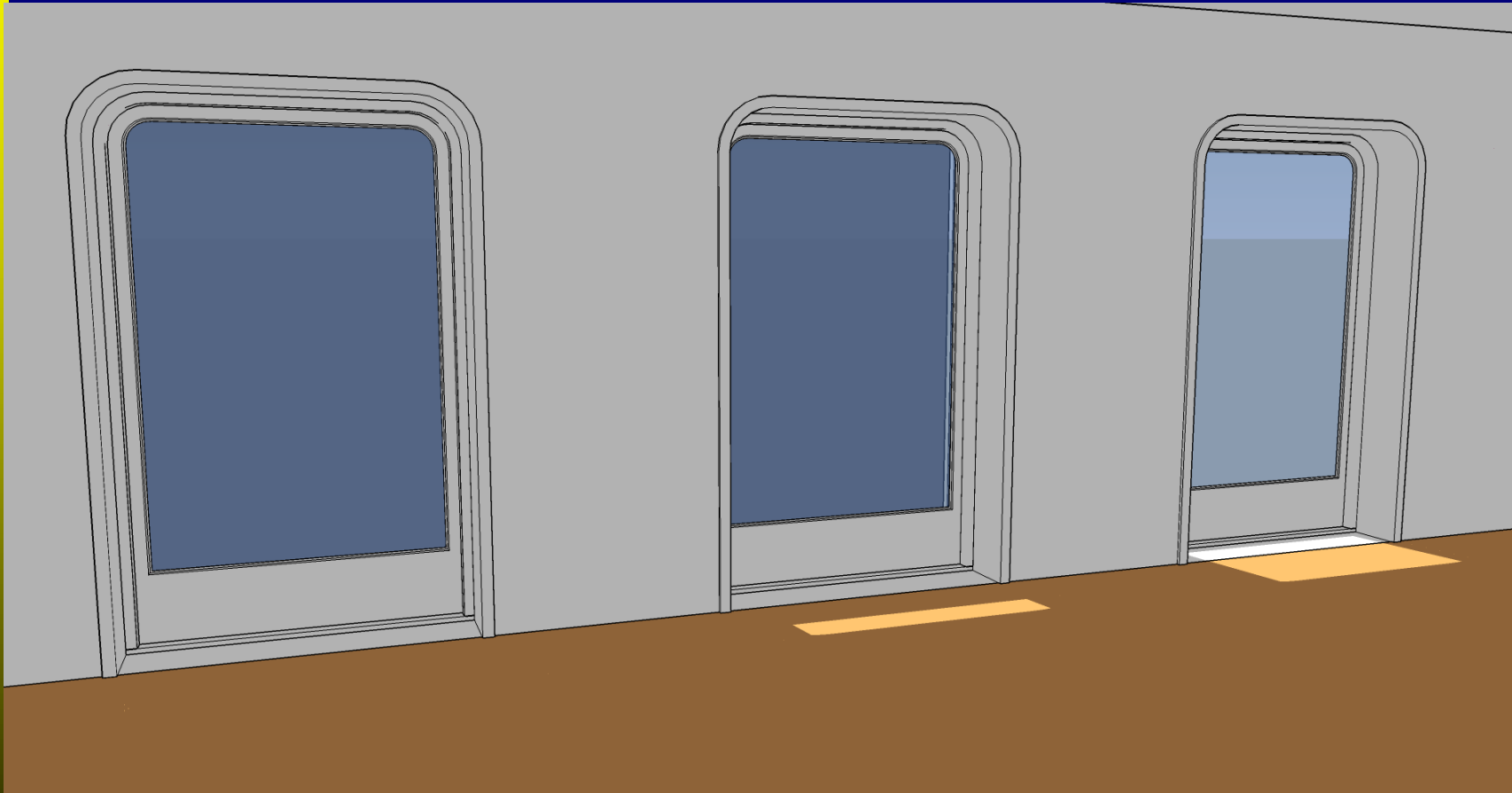


-  Insolação total dos vidros (ignorando o sombreamento de obstáculos exteriores ao vão)
-  Vidros parcialmente sombreados pela moldura exterior do vão
-  Vidros totalmente sombreados pela moldura exterior do vão
-  Vidros parcialmente sombreados pelos estores exteriores (100% ativos)
-  Vidros totalmente sombreados pelos estores exteriores (100% ativos)





# PROTEÇÕES SOLARES



# Edifícios de concreto SéculoXX



U. PORTO

FACULDADE DE ENGENHARIA  
UNIVERSIDADE DO PORTO



CONSTRUCT



LFC



# COBERTURAS VERDES

---

**U. PORTO**

FACULDADE DE ENGENHARIA  
UNIVERSIDADE DO PORTO



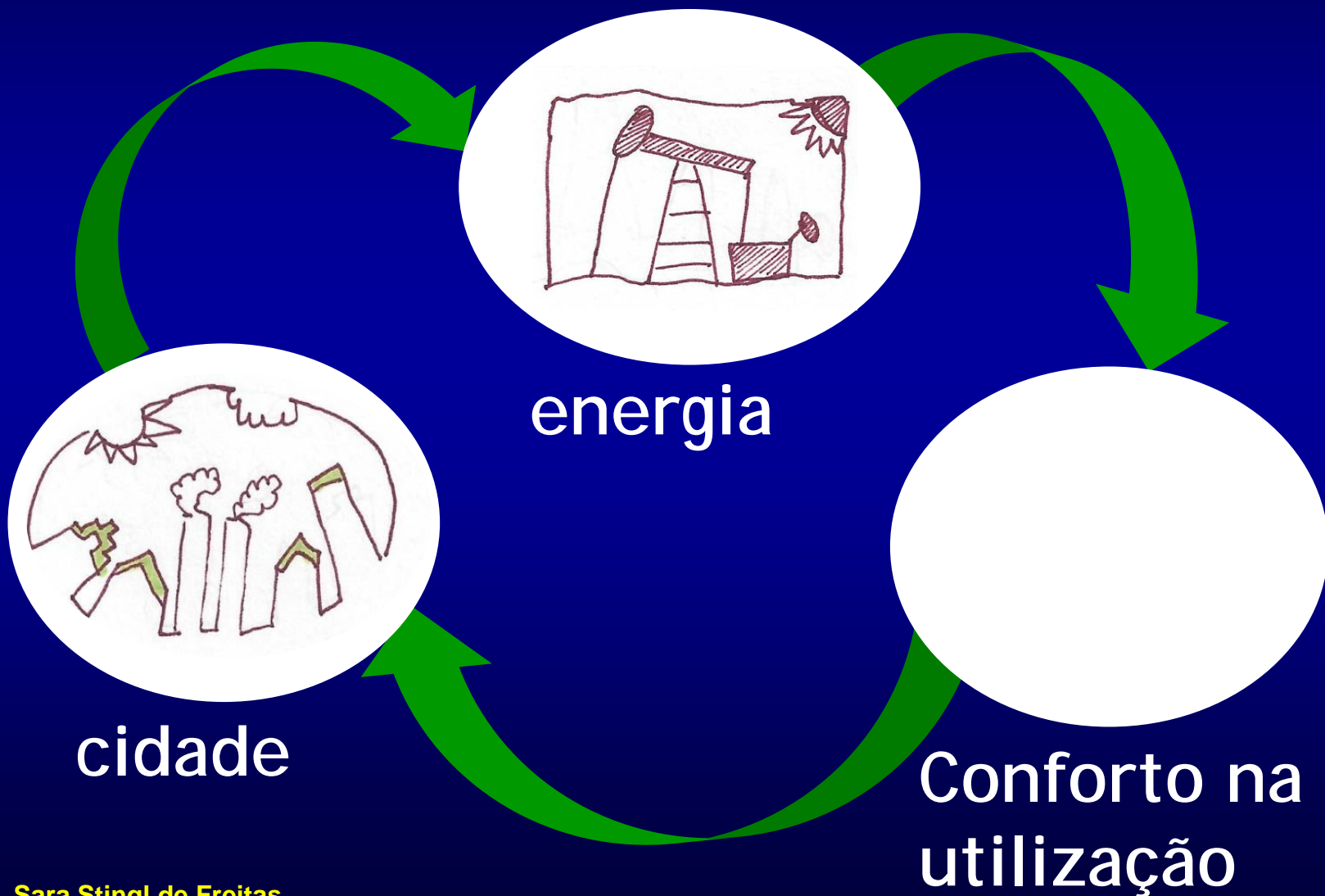
CONSTRUCT



LFC



# Coberturas Verdes



# COBERTURA VERDES

---

ILHAS DE CALOR

AGUAS PLUVIAIS - REDUÇÃO DOS CAUDAIS

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

U. PORTO

FACULDADE DE ENGENHARIA  
FEUP  
UNIVERSIDADE DO PORTO



CONSTRUCT

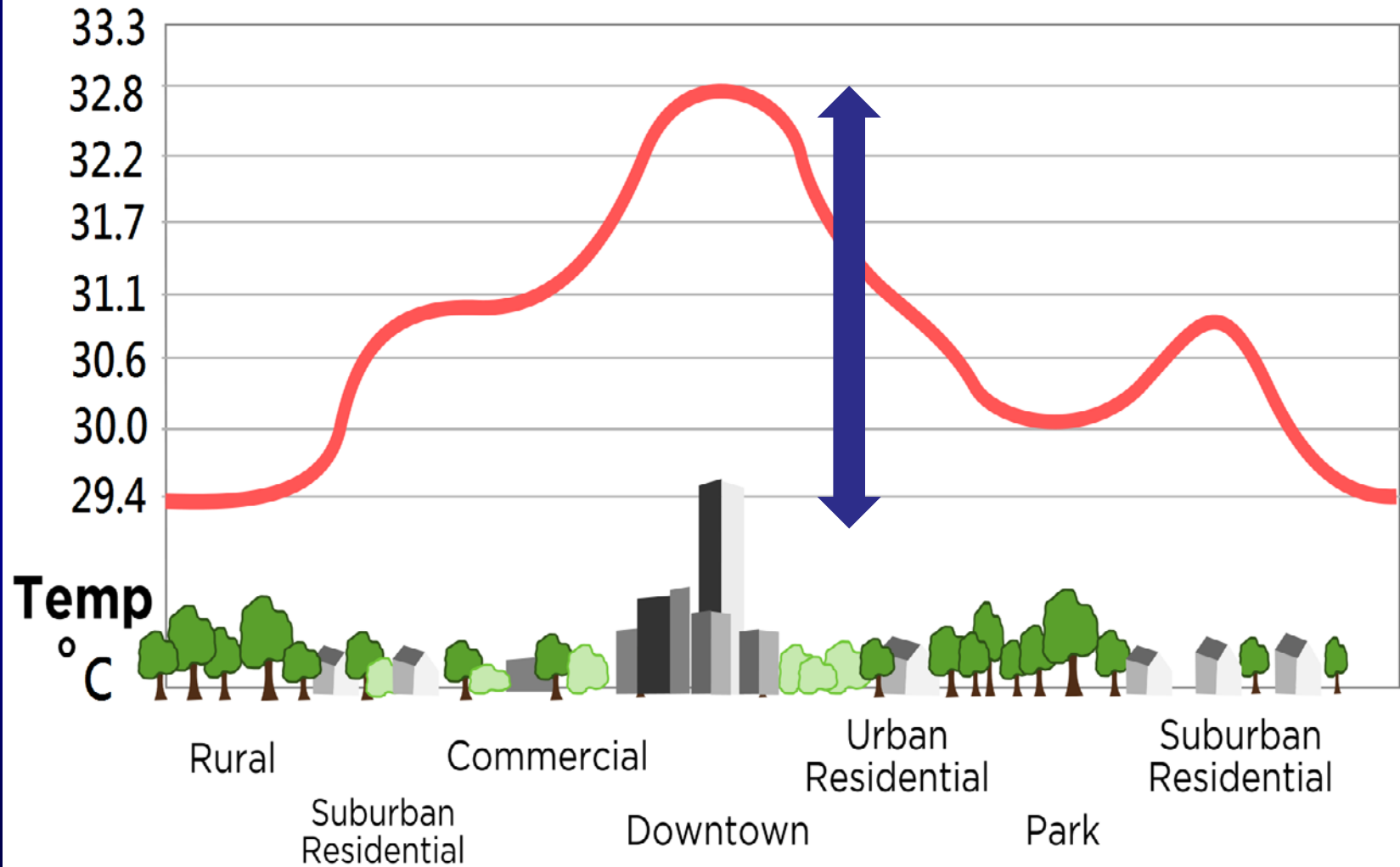


LFC



# ILHA DE CALOR

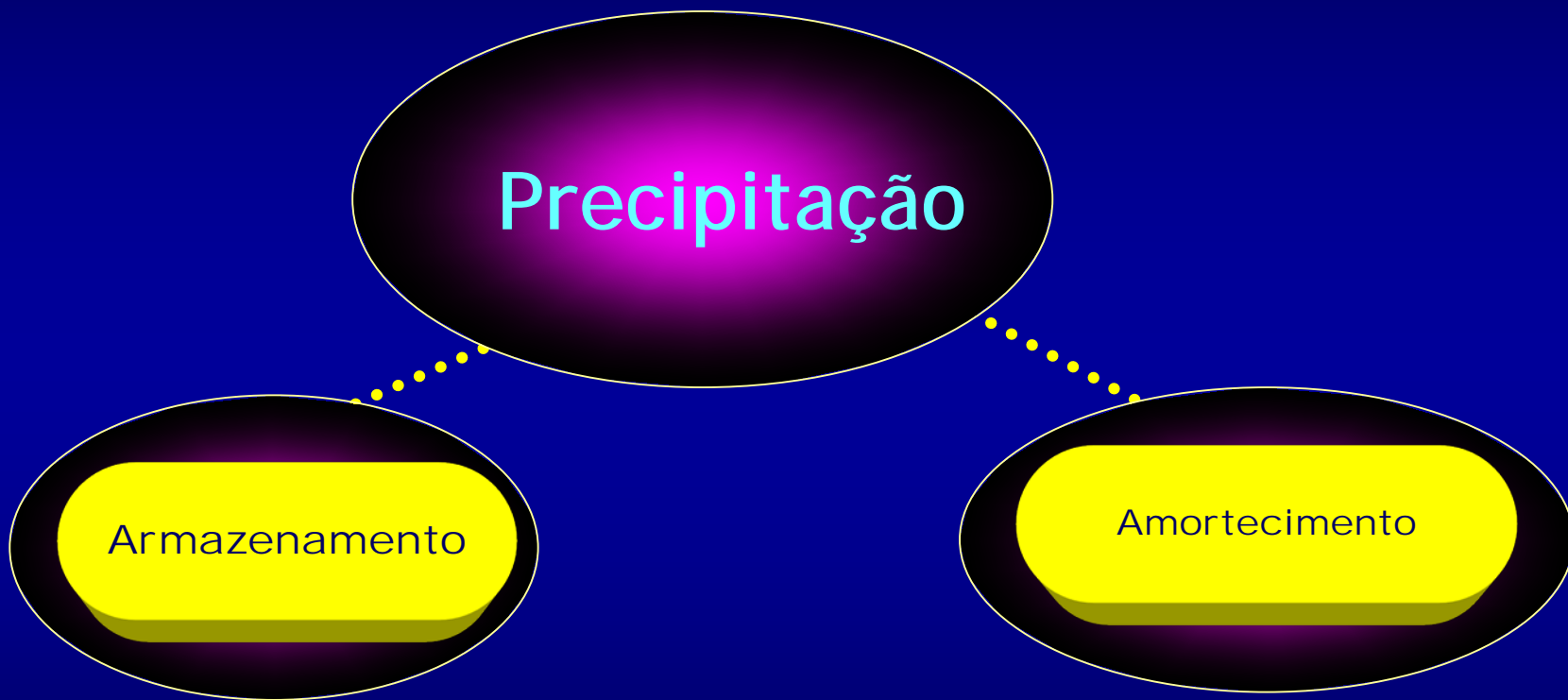
# Até 6°C





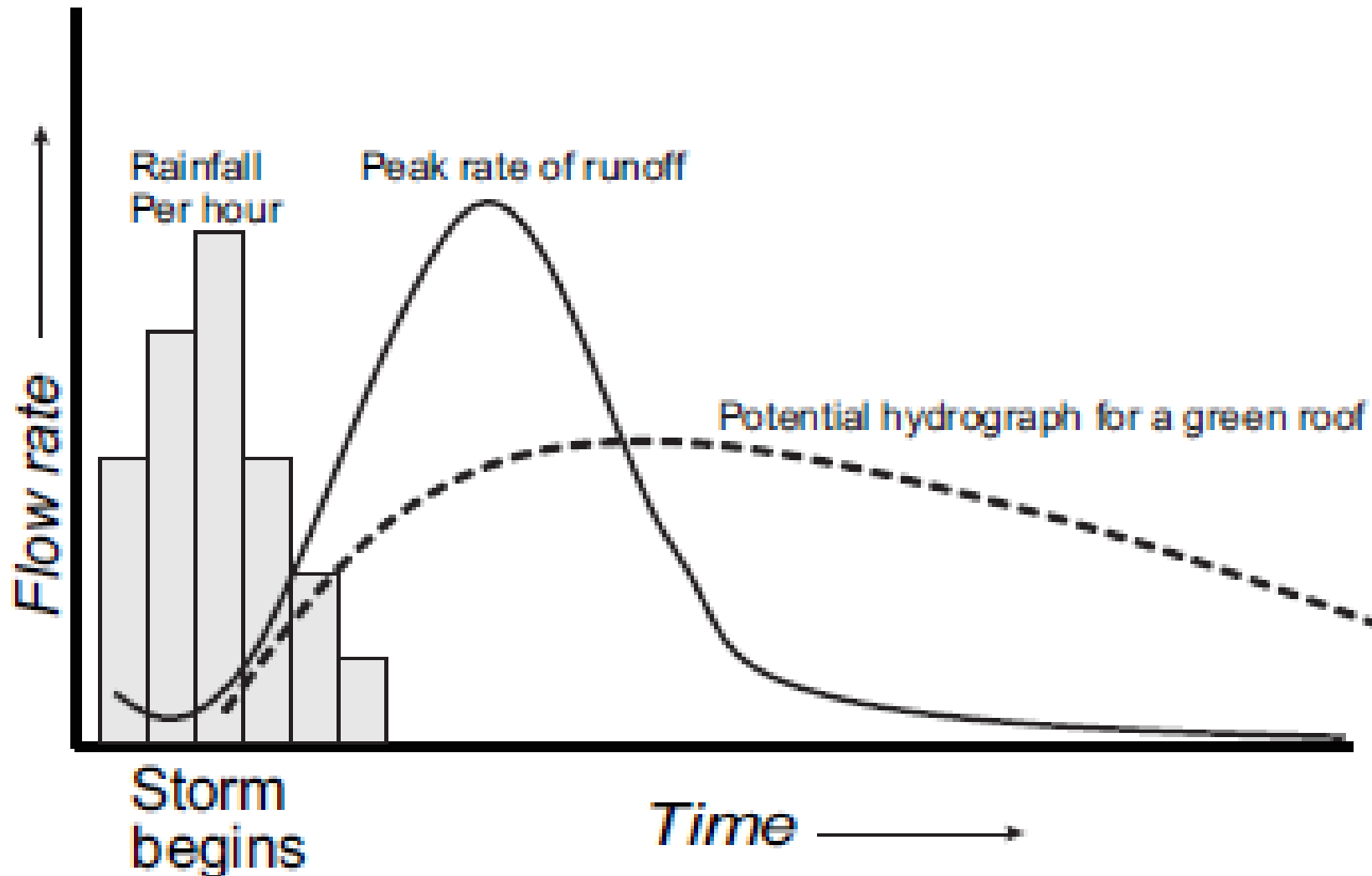
# Águas Pluviais

# Redução do pico águas pluviais





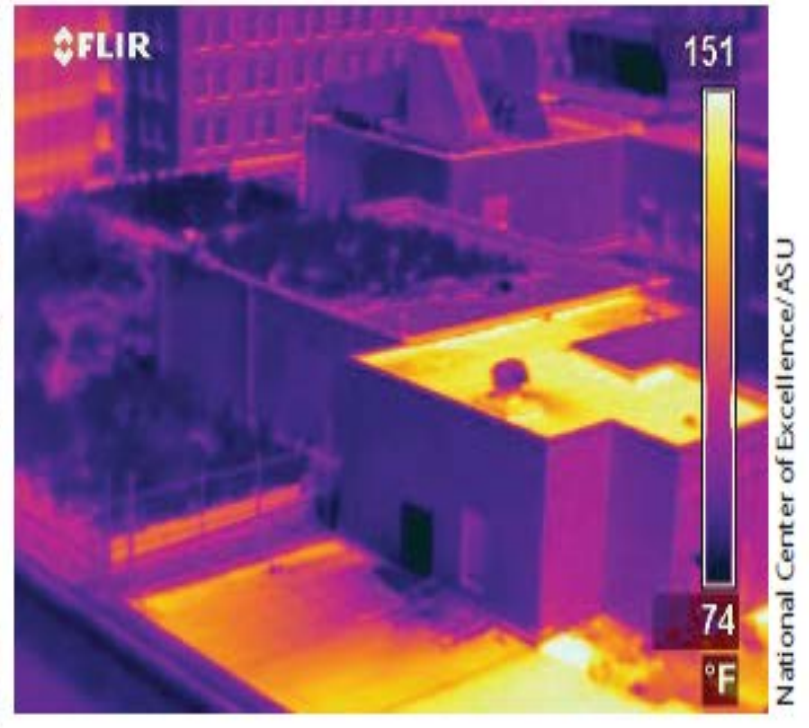
# Comparação hidrológica do escoamento superficial em coberturas tradicionais e em coberturas verdes





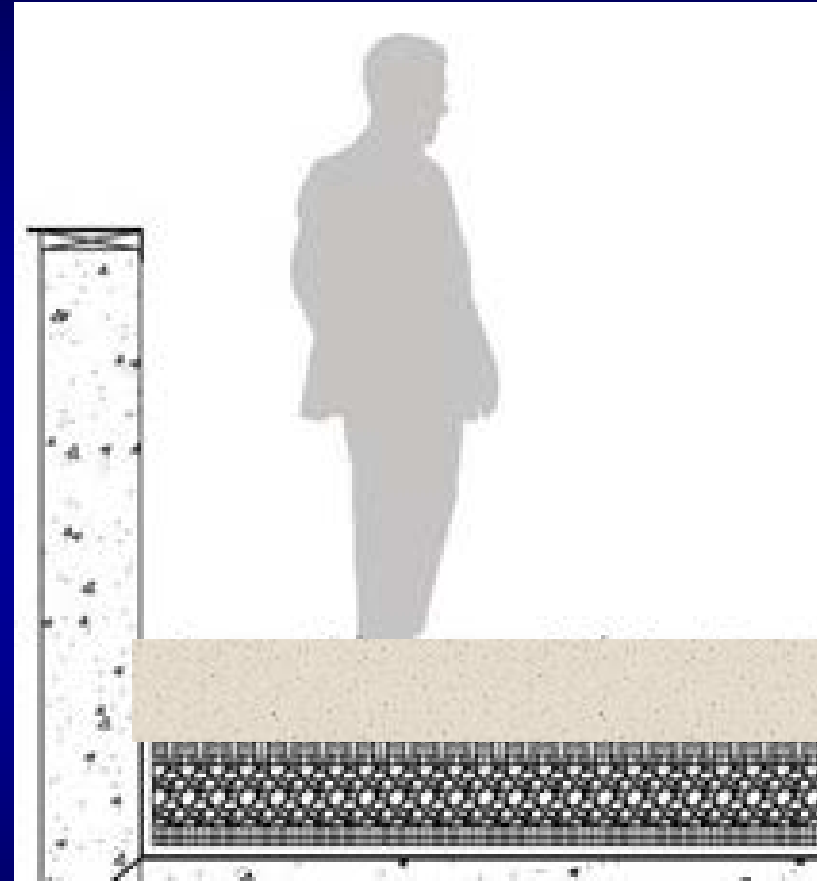
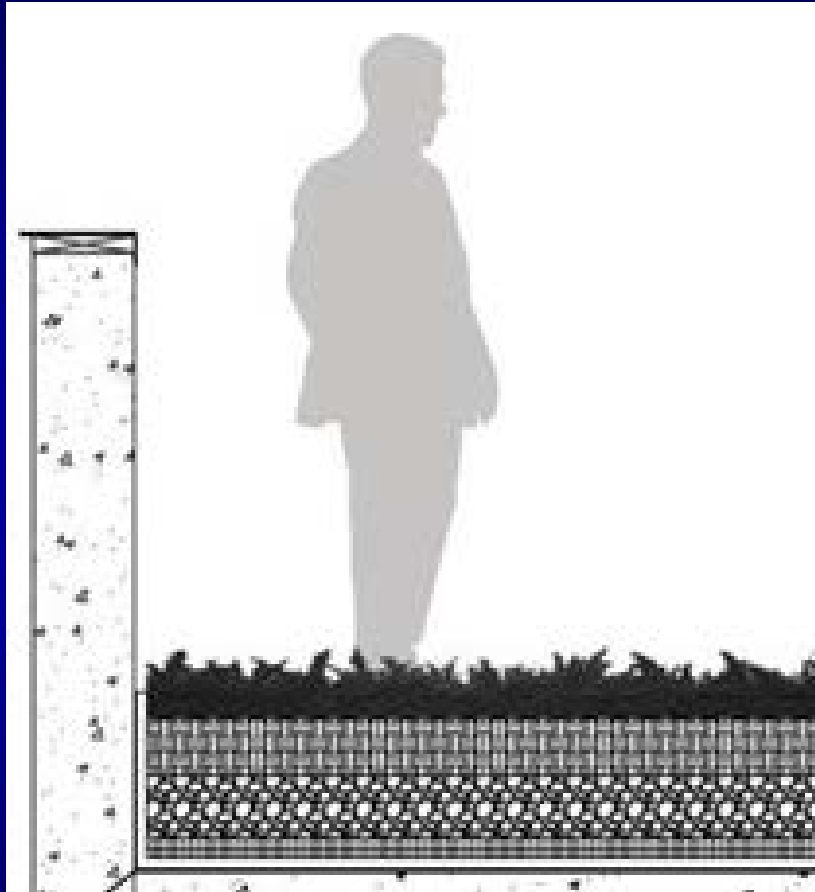
# ENERGIA e CONFORTO

# Influência da temperatura superficial



cobertura jardim vs cobertura tradicional em Chicago no City Hall

# CONFORTO



Conforto do Utilizador?



---

# Medição de edifícios em serviço

# Vista geral



U. PORTO

FACULDADE DE ENGENHARIA  
UNIVERSIDADE DO PORTO



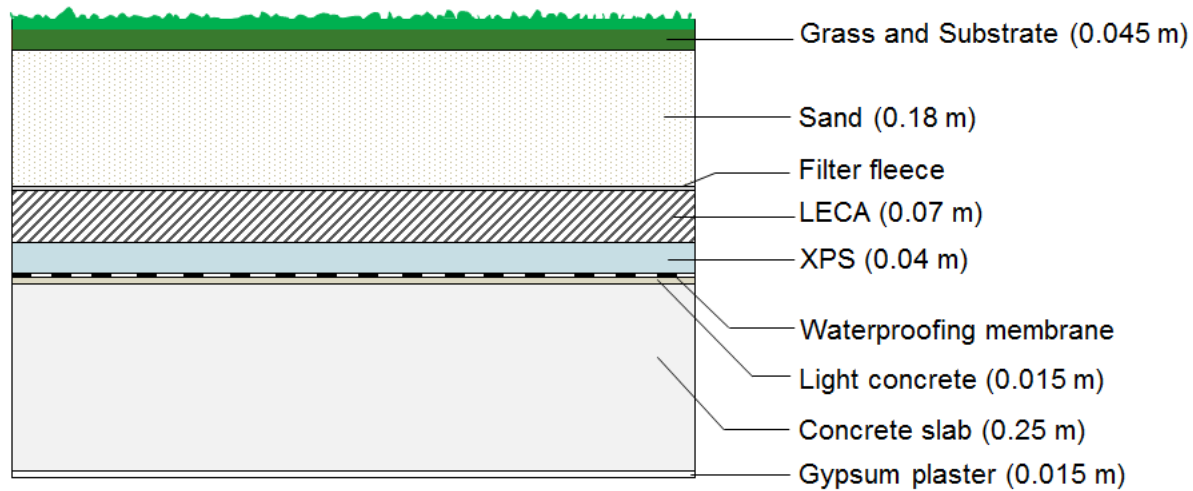
CONSTRUCT



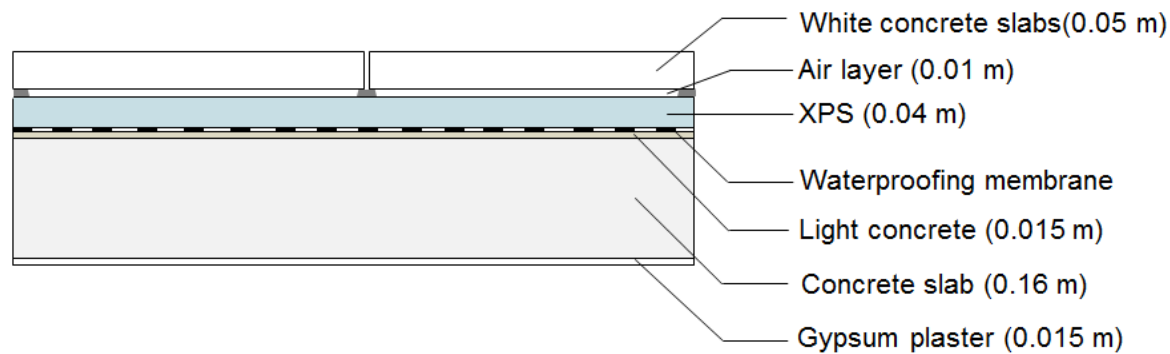
LFC

Sara Stingl de Freitas

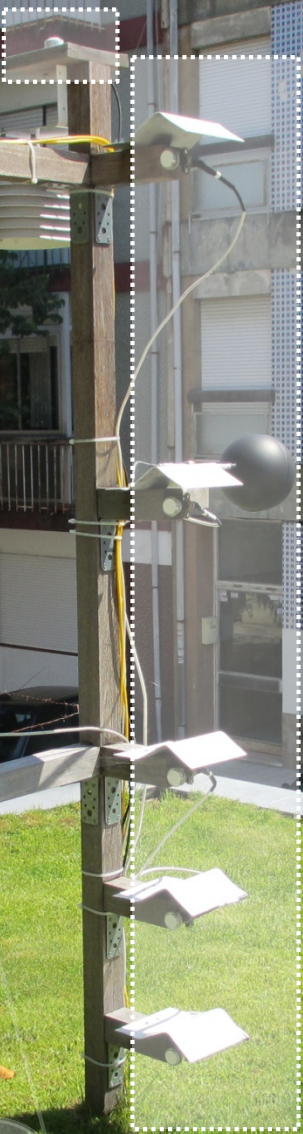
# Composição



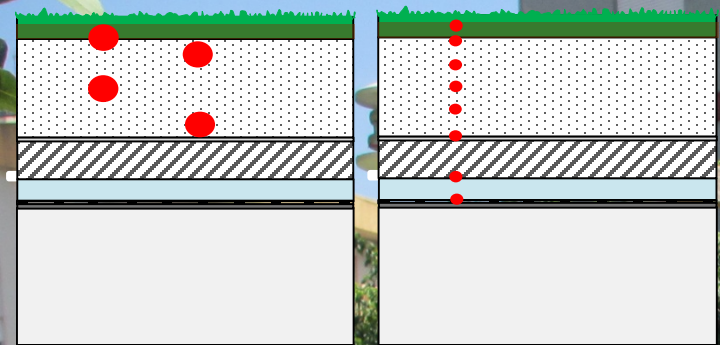
Green  
Roof



Traditional  
Roof

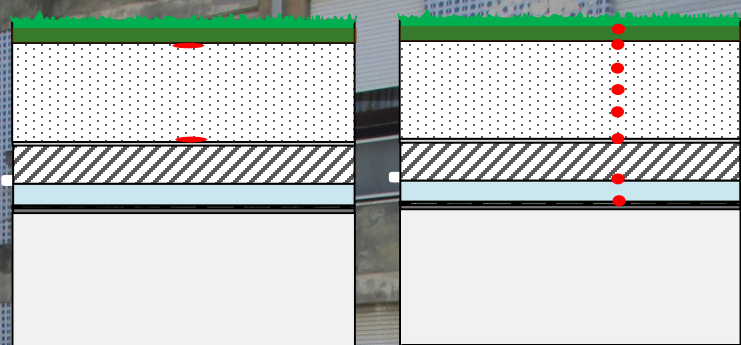






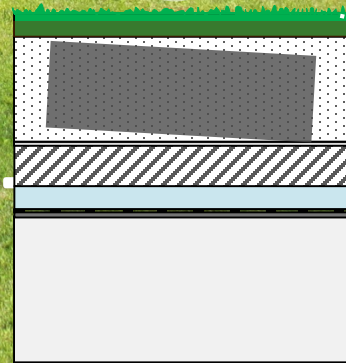
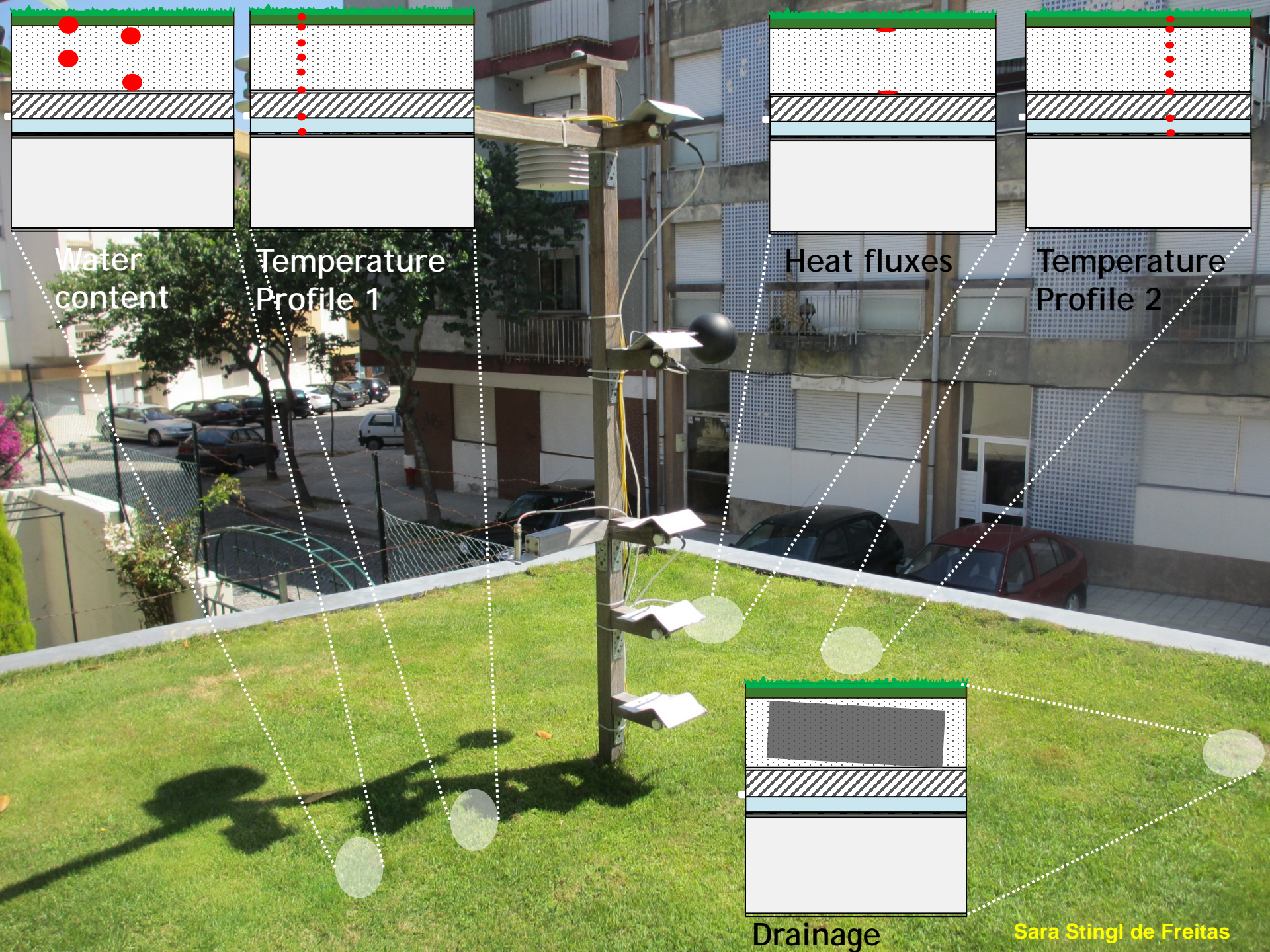
Water content

Temperature Profile 1



Heat fluxes

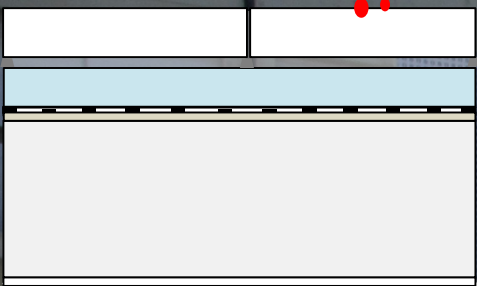
Temperature Profile 2



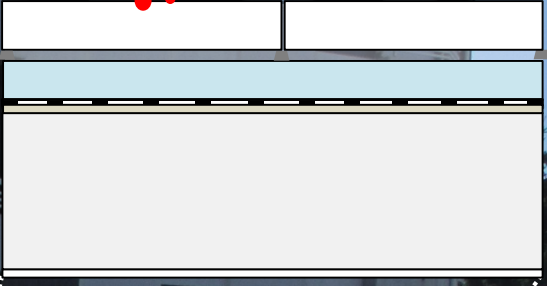
Drainage



Sara Stingl de Freitas



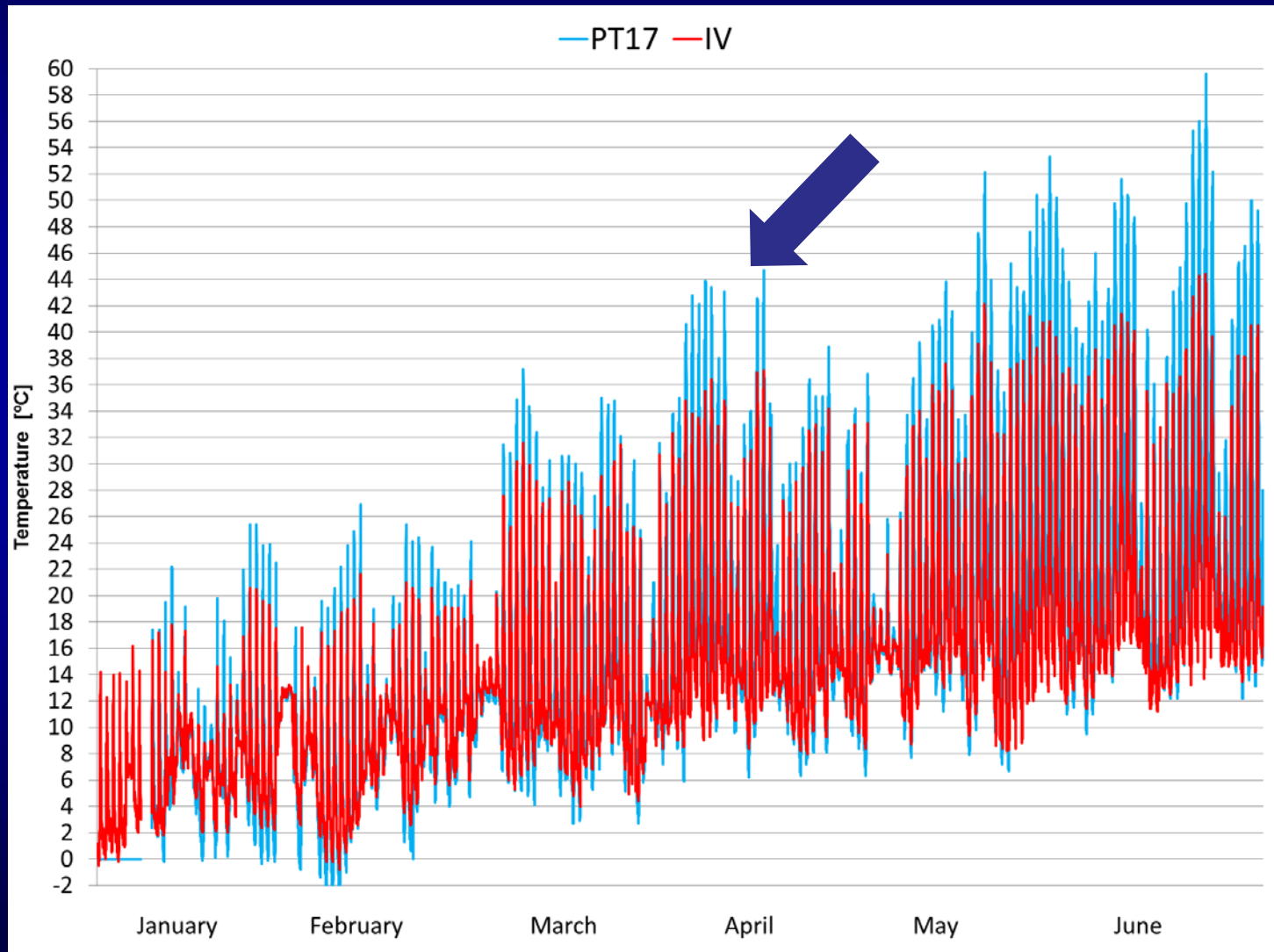
Surface  
Temperature 1



Surface  
Temperature 2



# Temperatura superficial



# Fissuração de fachadas

---

**U. PORTO**

FACULDADE DE ENGENHARIA  
FEUP  
UNIVERSIDADE DO PORTO



CONSTRUCT



LFC

# FISSURAÇÃO DA ENVOLVENTE EXTERIOR DA ALVENARIA EM TIJOLO

Risco de queda

# Após 1990



Alteração da configuração da alvenaria

U. PORTO

FACULDADE DE ENGENHARIA  
UNIVERSIDADE DO PORTO



CONSTRUCT



LFC

# Diagnóstico

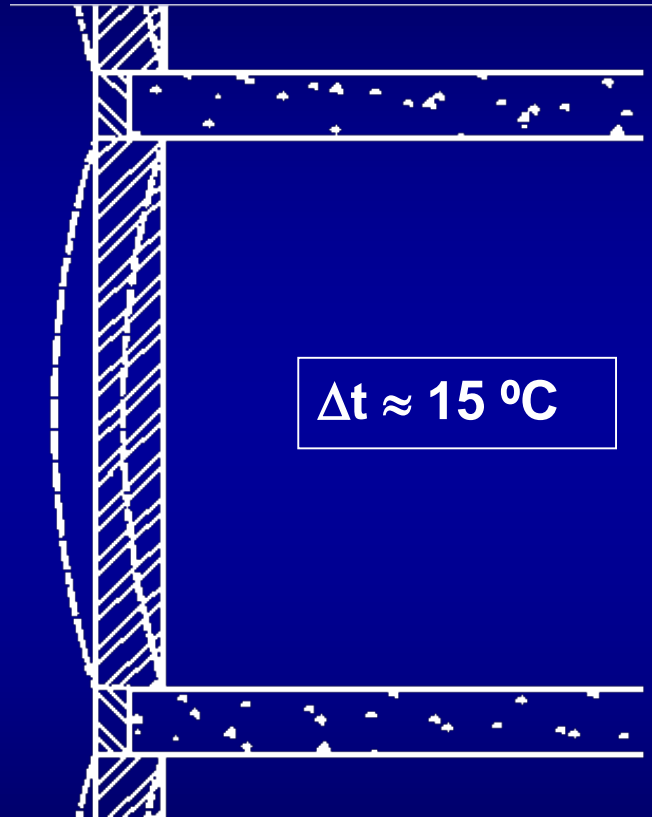
$\Delta t \approx 60 \text{ }^\circ\text{C}$



$\Delta l \approx 0,3 \text{ mm/m}$

$\Delta l \approx 1,0 \text{ mm/m}$

$\Delta t \approx 15 \text{ }^\circ\text{C}$



Expansão Higrotérmica das alvenarias



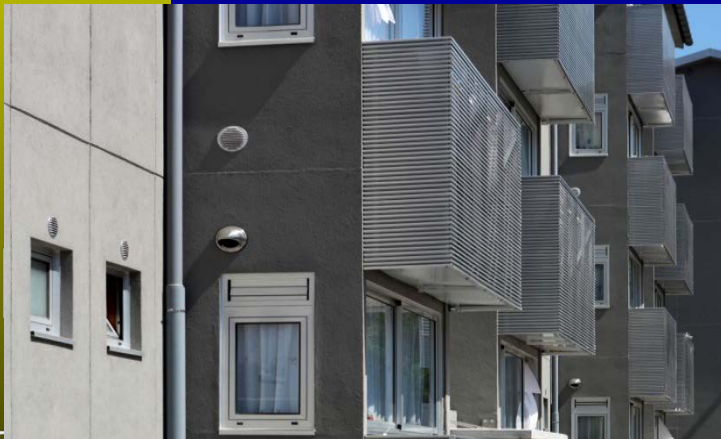
# Destacamento e queda da alvenaria de fachada



# “Barriga” claramente visível ao nível do topo das lajes



# Reabilitar sem estabilizar... Não

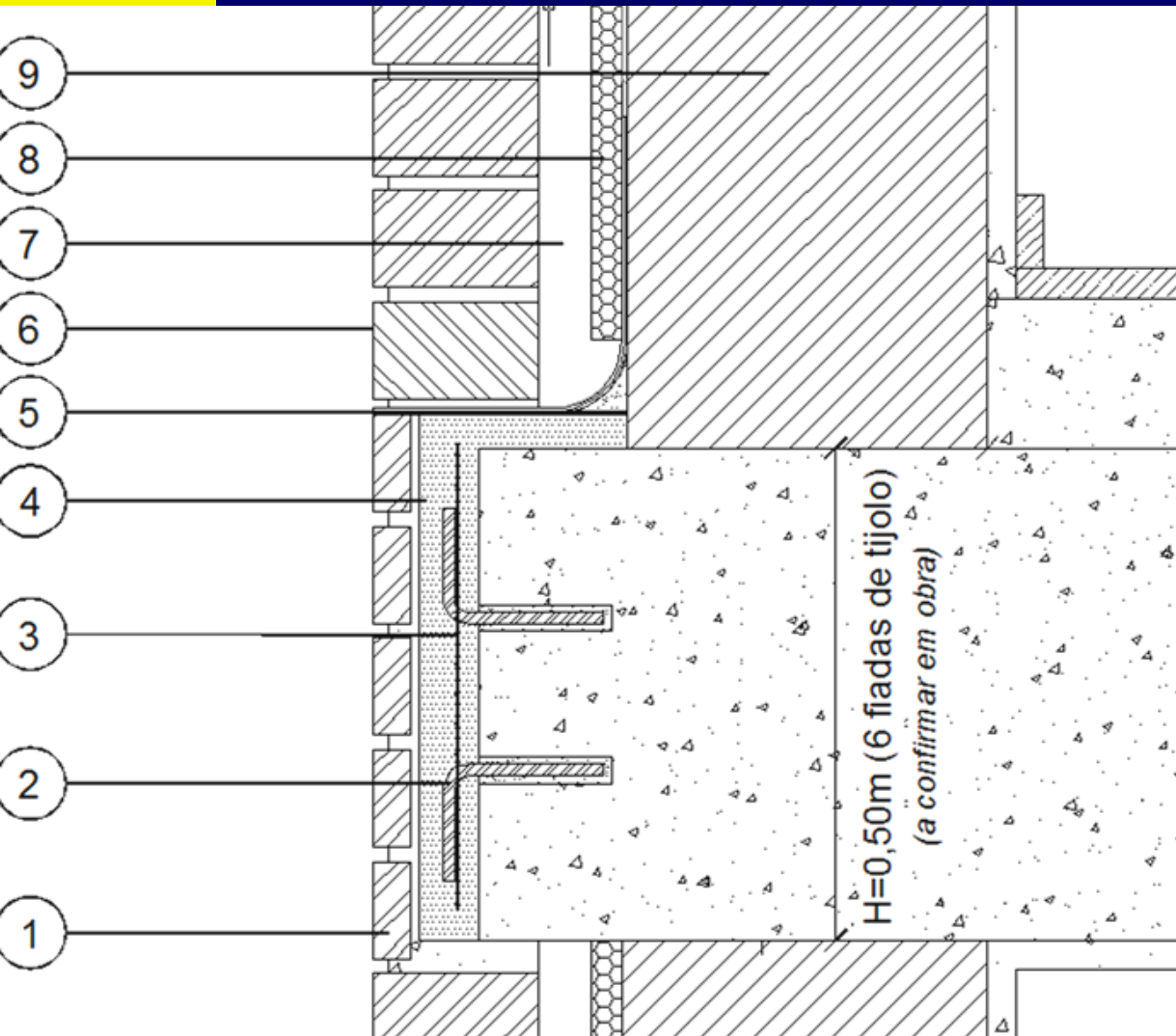


CONSTRUC



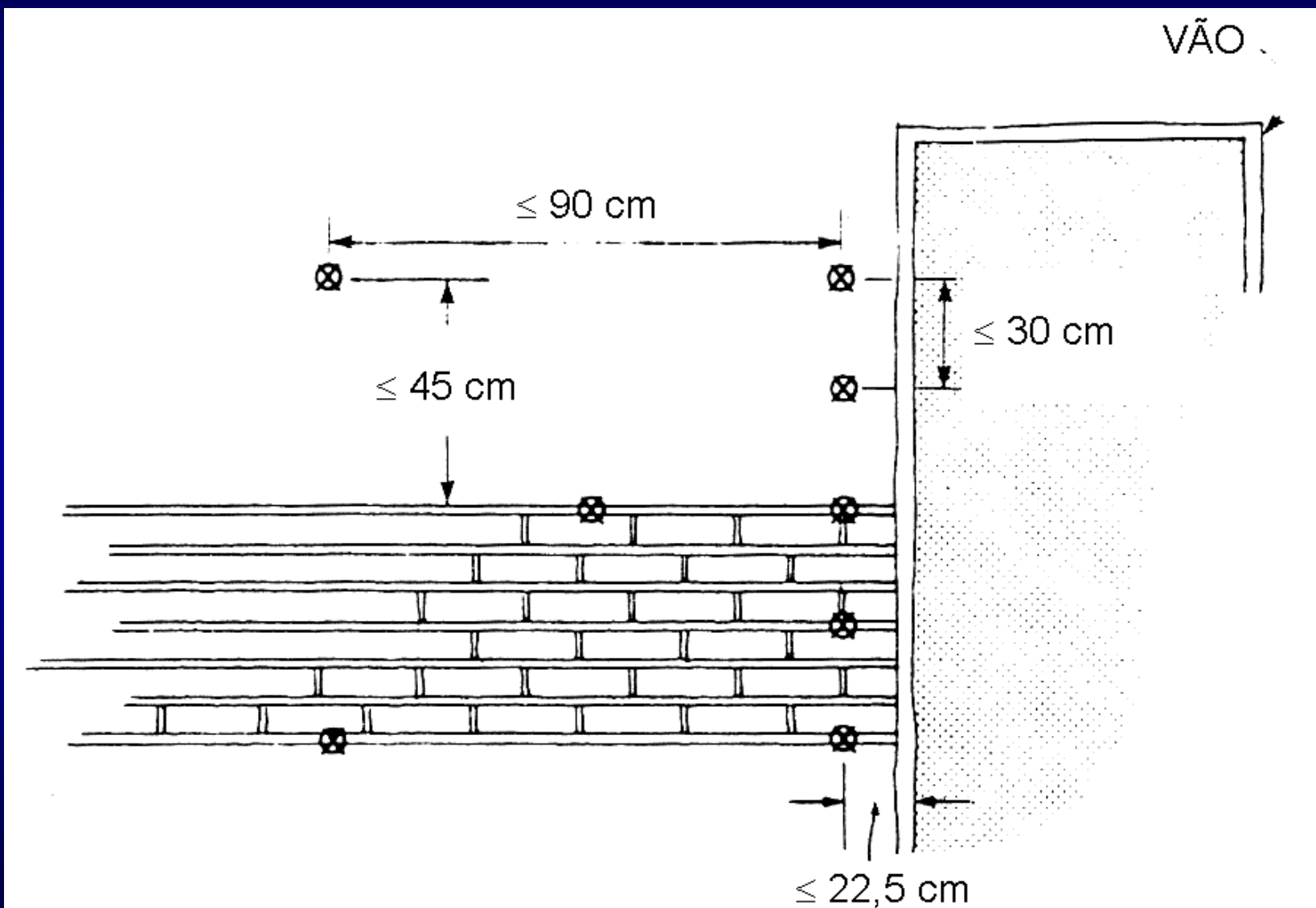
LFC

# Correção do Topo das Lajes e Vigas



1. Forras de tijolo de face à vista
2. Grampos de aço inox ( $\varnothing 8@0,10$  m)
3. Malha de aço inox
4. Argamassa não retrátil
5. Impermeabilização da caixa-de-ar
6. Alvenaria de tijolo de face à vista
7. Espaço de ar
8. Isolamento térmico
9. Pano interior de parede

# Critério de fixação



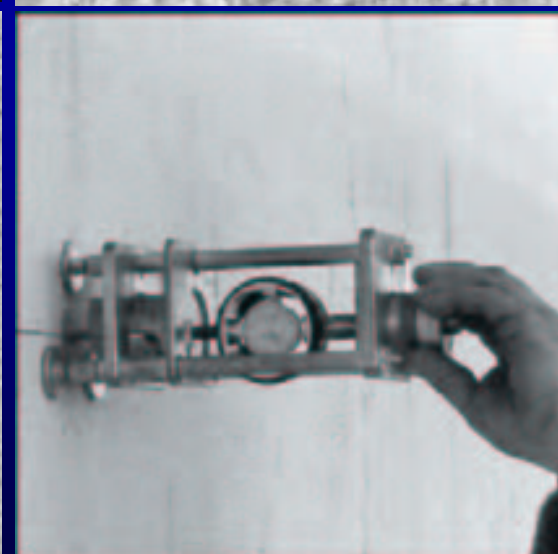
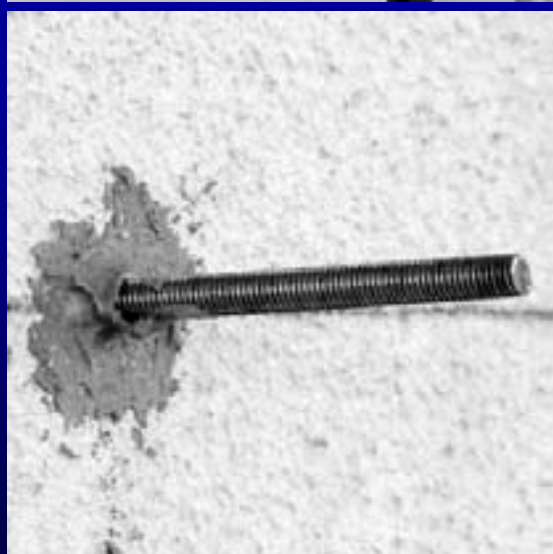
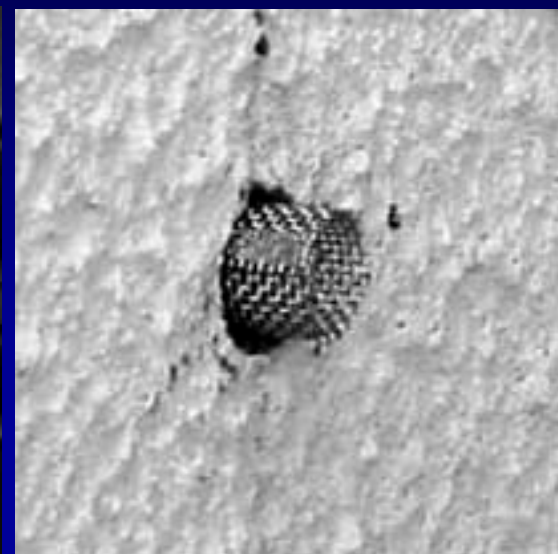
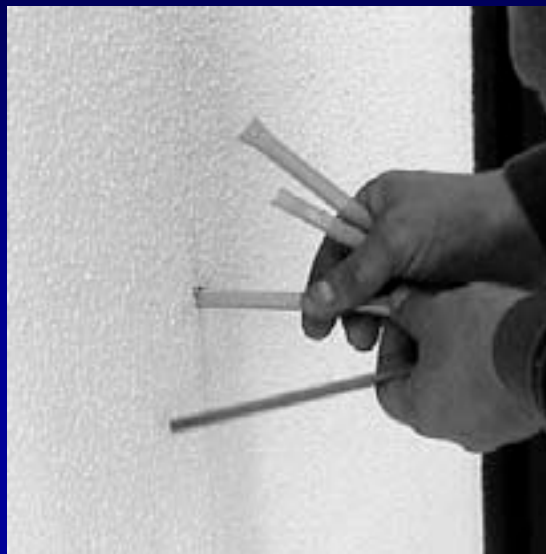
# Fixação - Caixa de ar / Isolamento



# Fixação do pano exterior



# Execução





# Tijolo face à vista



# Tijolo face à vista



# Controlo de qualidade



4.

---

# CONCLUSÕES

 U. PORTO

FACULDADE DE ENGENHARIA  
FEUP UNIVERSIDADE DO PORTO

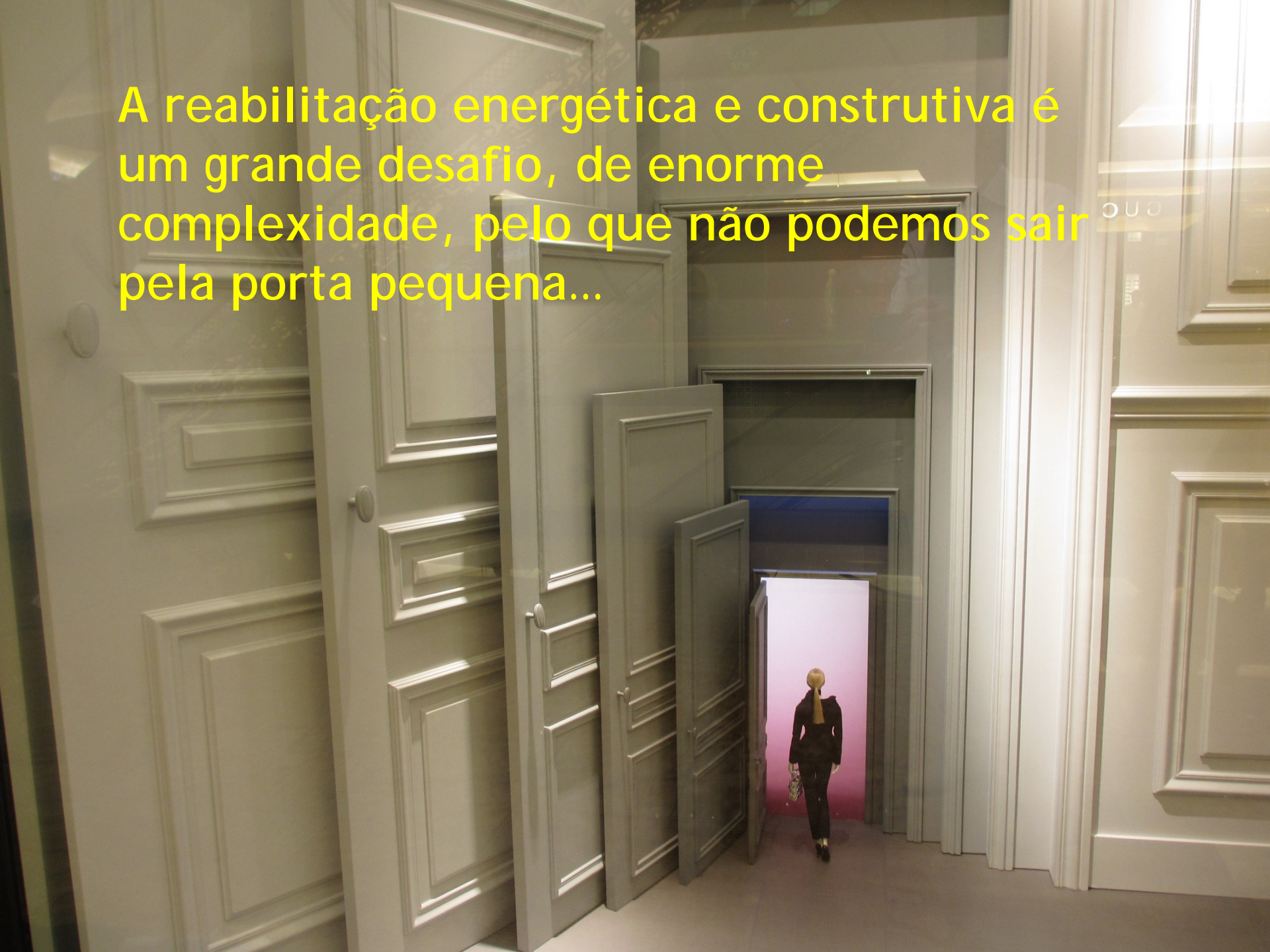


CONSTRUCT



LFC

A reabilitação energética e construtiva é um grande desafio, de enorme complexidade, pelo que não podemos sair pela porta pequena...



**Muito obrigado pela atenção dispensada**



**Vasco Peixoto de Freitas**  
**[vpfreita@fe.up.pt](mailto:vpfreita@fe.up.pt) ou [mail@vpfreitas.com](mailto:mail@vpfreitas.com)**