



# Obra de Conservação e Restauro da Torre da Universidade de Coimbra

*PARIS  
1866*



**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**



A close-up photograph of a clock face. The clock has a white dial with black Roman numerals. A green patinated metal hand is visible, pointing towards the bottom right. The text "PARIS 1866" is printed on the dial. A semi-transparent red banner is overlaid across the middle of the image.

# Desígnio

Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012



A photograph of a stone bell tower, likely part of a church or monastery. The tower is constructed from light-colored stone blocks and features a large arched opening in the center, through which a bell is visible. The tower is topped with a decorative cornice and a small dome. The base of the tower is integrated into a roof structure with red tiles. A small stone statue of a figure with wings is visible on the right side of the roof. A blue semi-transparent horizontal band is overlaid across the middle of the image, containing the word "Paixão" in white text.

# Paixão

Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012





Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012





**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





Dúvida



Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012





# Desafio

**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**



A close-up photograph of a clock face. The clock has a white face with black Roman numerals. A decorative, ornate hand is visible, pointing towards the bottom right. The text "PARIS 1866" is inscribed on the clock face. A semi-transparent blue horizontal band is overlaid across the middle of the image.

# Actores

Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012



## PROJECTISTAS

CONSERVAÇÃO E RESTAURO

**Fernando Marques**

ARQUITECTURA

**Victor Mestre**

INFRAESTRUTURAS ELÉCTRICAS

**Luís Ribeiro**

OUTROS APOIOS TÉCNICOS

**GCU | DGEEI | GNI | DEC-FCTUC | In-Situ**

## FISCALIZAÇÃO

COORDENAÇÃO GERAL

**Fernando Marques**

ARQUEOLOGIA

**Sónia Filipe**

ELECTROTECNIA

**Fernando Martins**

COORDENAÇÃO DE SEGURANÇA

**Luís Monsanto, Unipessoal, Lda**

ACOMPANHAMENTO ARQUEOLÓGICO

**DRYAS Arqueologia, Lda**

## EMPRESA ADJUDICATÁRIA

**AOF**

**Augusto de Oliveira Ferreira & Cª Lda**

DIRECTOR TÉCNICO

**Filipe Oliveira Ferreira**

## ESTALEIRO PEDAGÓGICO

COORDENAÇÃO/ EQUIPA

**Raimundo Mendes da Silva**

**Nuno Lopes | Fernando Marques | Victor Mestre | Sónia Filipe**

APOIO CIENTÍFICO

**António Pimentel | Eduardo Júlio**

FOTOGRAFIAS

**GCU | DGEEI | Manuel Ribeiro | Luís Ferreira Alves**

DESIGN GRÁFICO

**Luísa Beato | Nuno Campos**

**Milideias-comunicação visual, Lda**

OUTROS APOIOS

**GCI | Museu da Ciência**

**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**



# Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012



Santander Totta

REDE  
UC  
REDE DE ANTIGOS ESTUDANTES  
DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA



The image shows the upper portion of a church building. On the left, a dark, tiled roof with a cross on top is visible. To the right, a stone tower is being restored, surrounded by a complex network of metal scaffolding. A semi-transparent red rectangular area is superimposed over the middle of the image, containing the word 'Projecto' in white. The sky is a clear, pale blue.

# Projecto

**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





ALÇADO NASCENTE

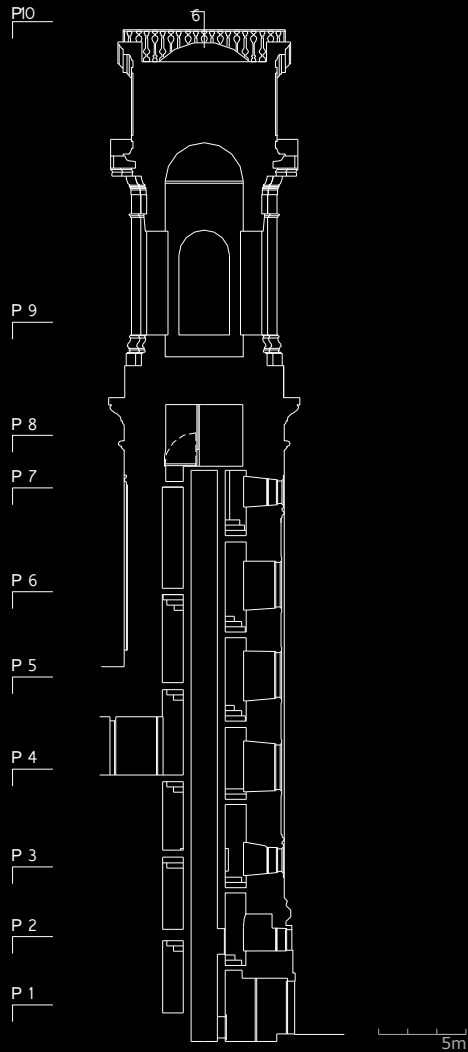
ALÇADO SUL

ALÇADO NORTE

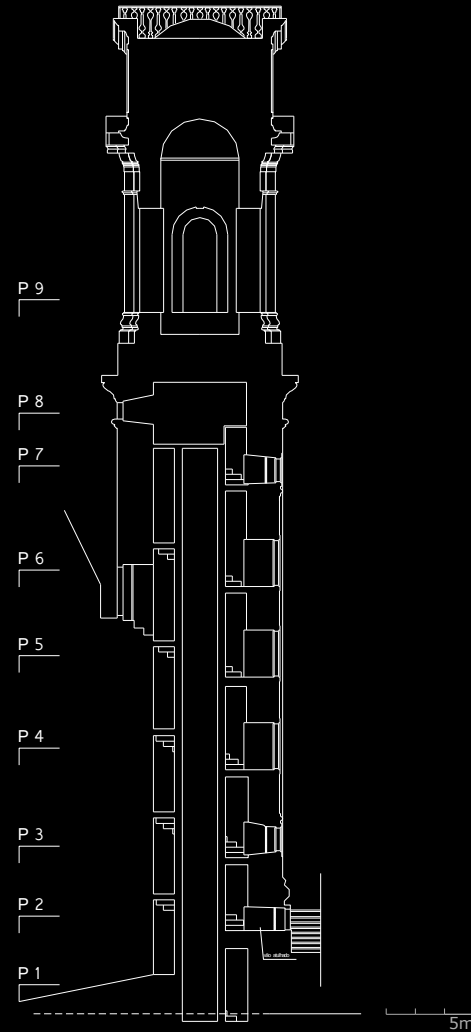
ALÇADO POENTE

Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012

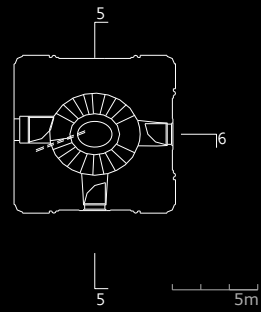




CORTE 5



CORTE 6







Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012





**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012



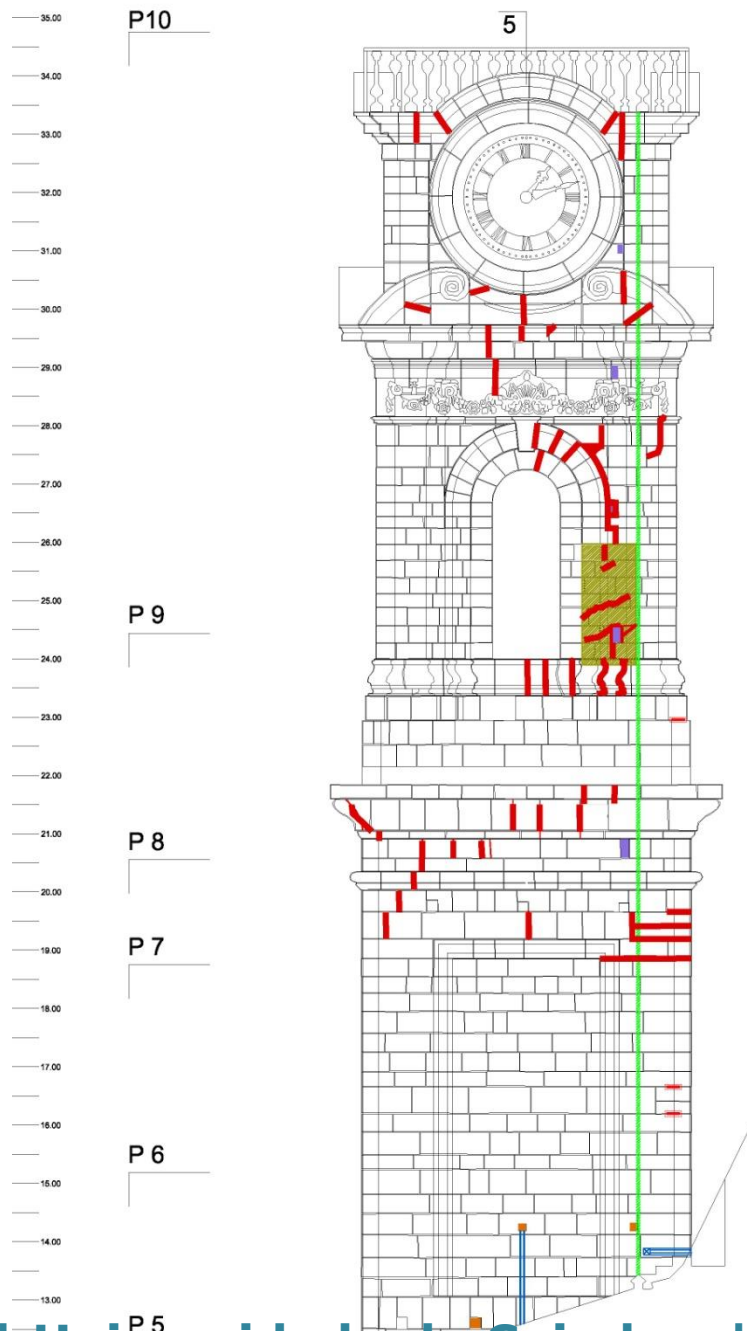
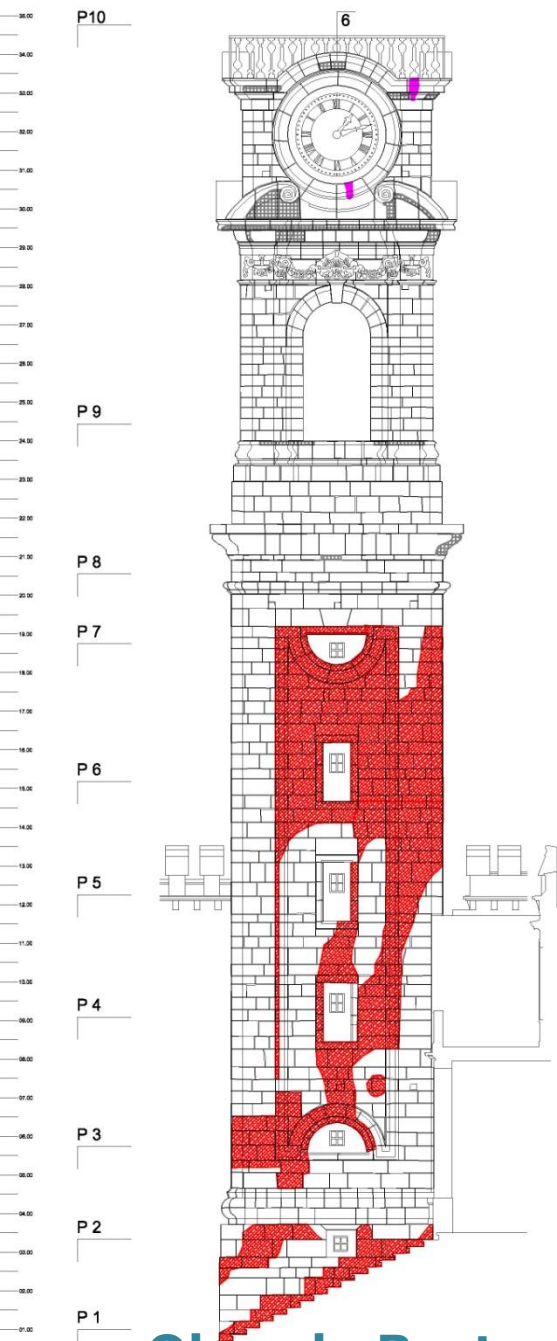






**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





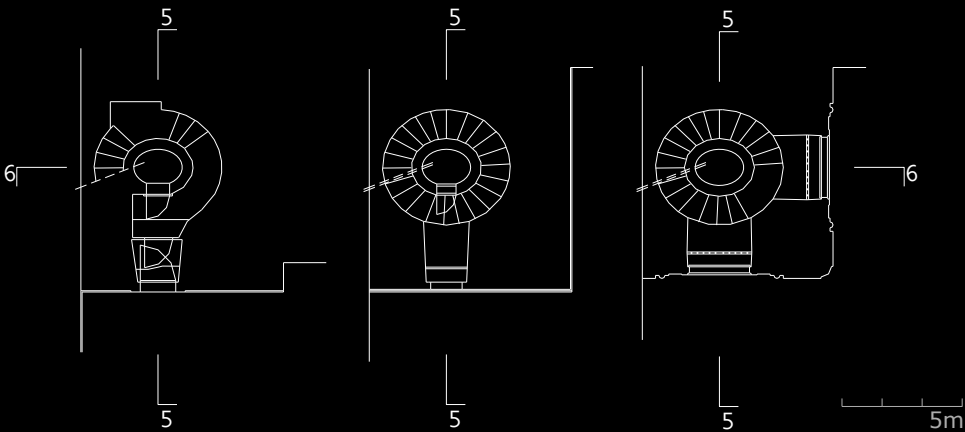
Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012



PLANTA 1 (ENTRADA)

PLANTA 2 (POSTIGO)

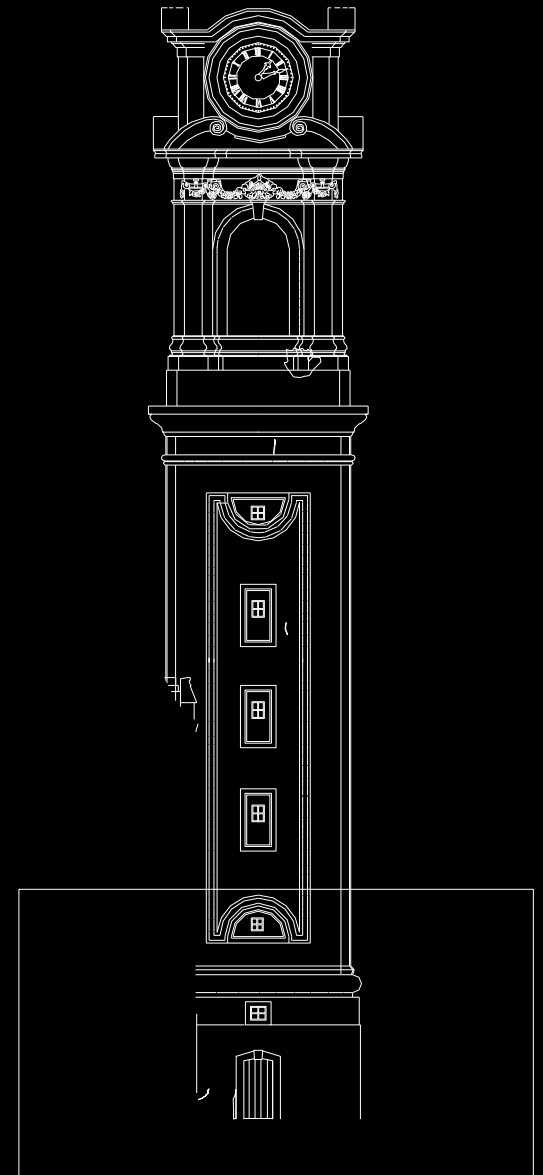
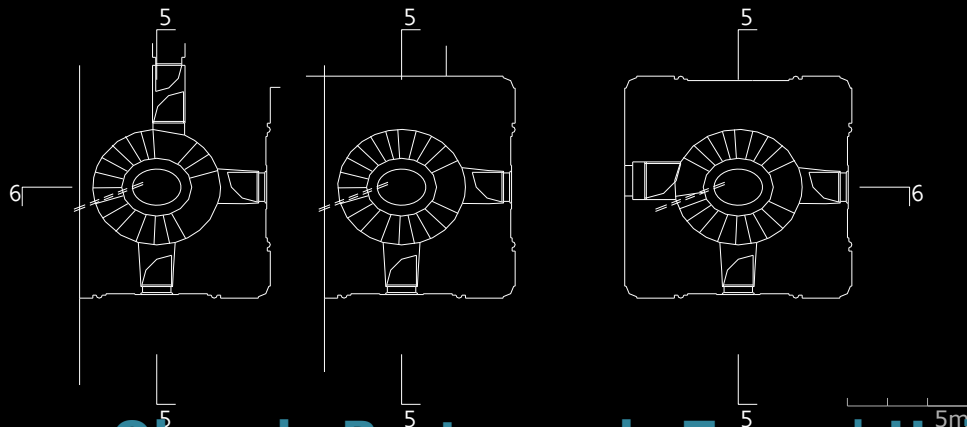
PLANTA 3 (JANELÃO)



PLANTA 4 (1ª PORTA)

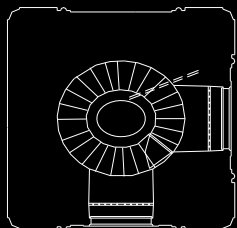
PLANTA 5 (2ª PORTA)

PLANTA 6 (3ª PORTA)

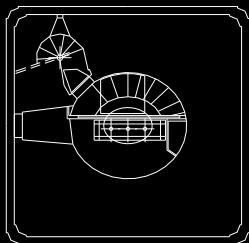




PLANTA 7 (2º JANELÃO)

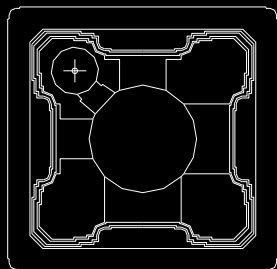


PLANTA 8 (RELÓGIO)

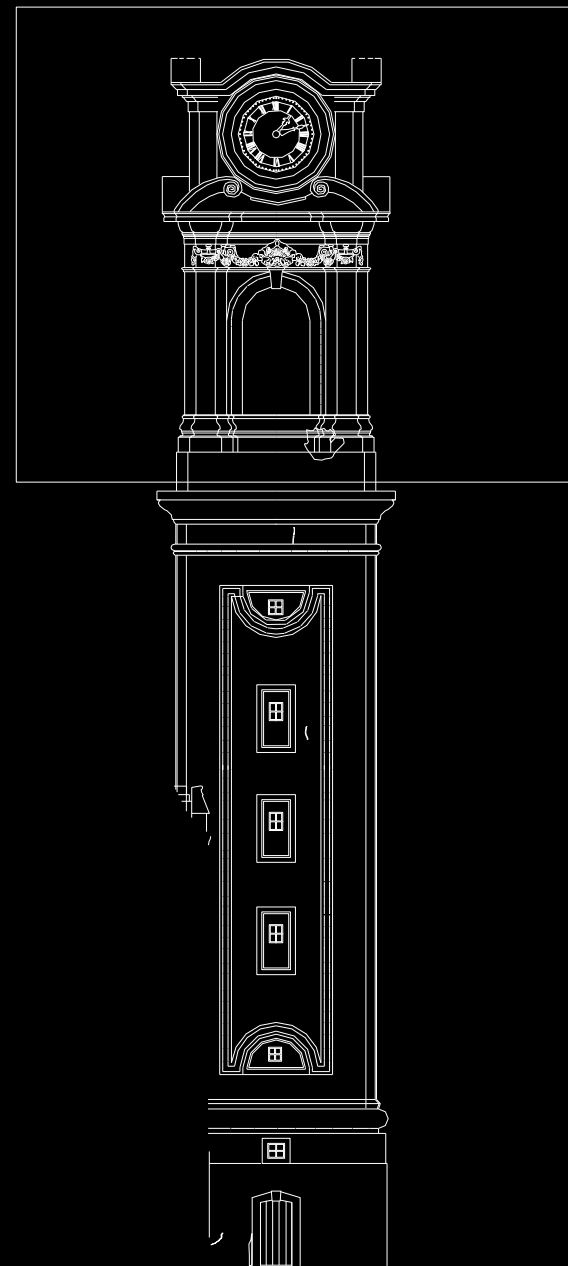
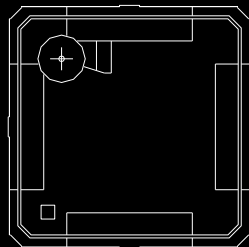


5m

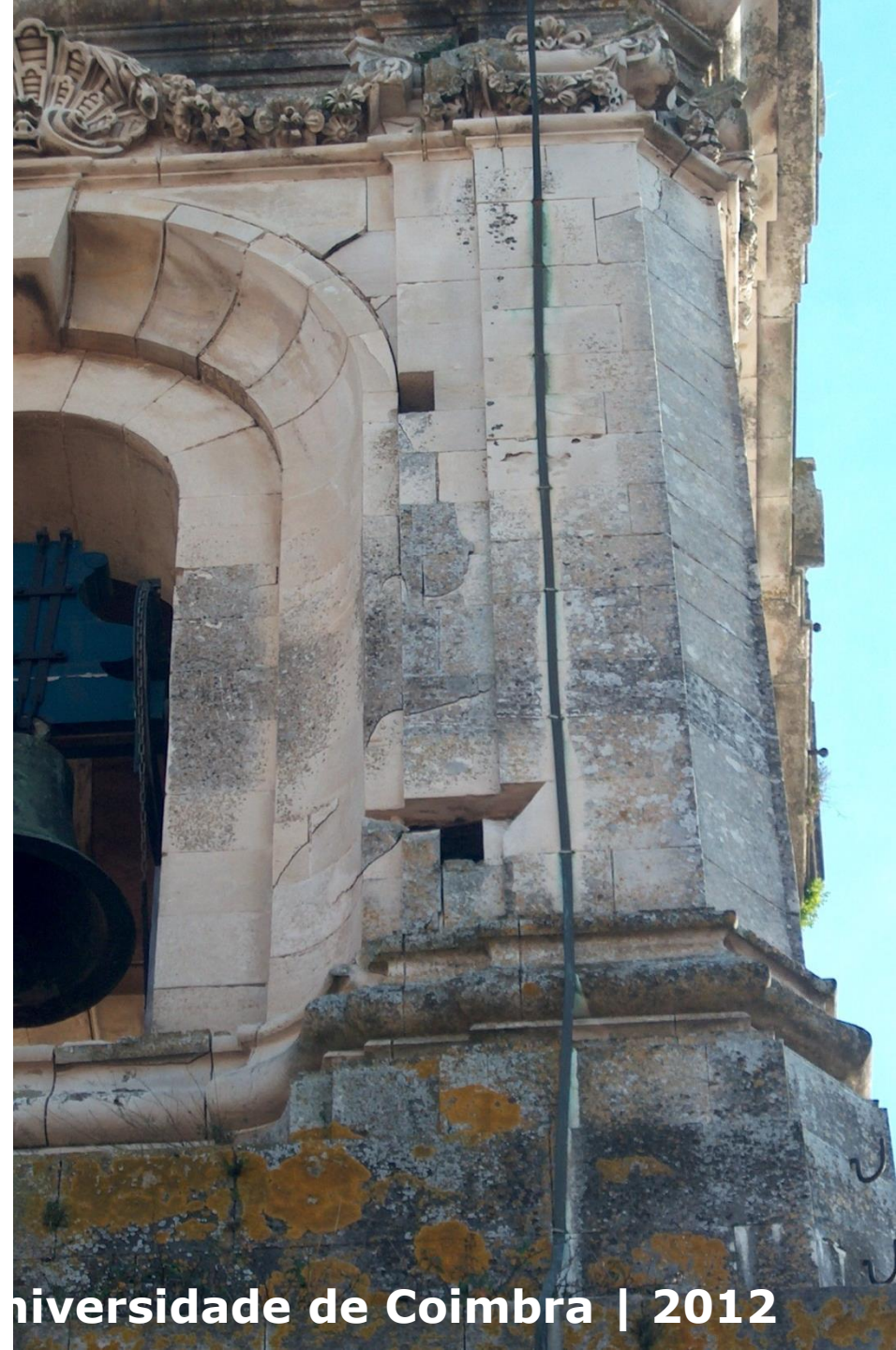
PLANTA 9 (SINOS)



PLANTA 10 (COBERTURA)







**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012

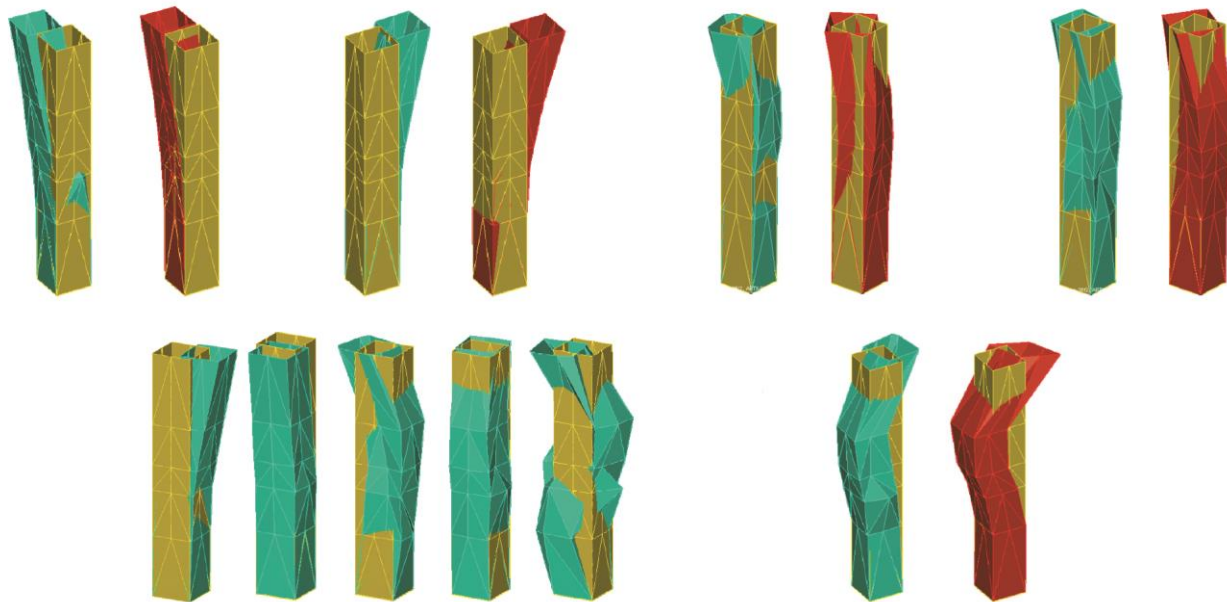


The background of the slide is a close-up photograph of a stone wall, likely made of limestone or a similar light-colored stone. The stones are rectangular and arranged in a regular pattern, with visible mortar joints. A dark blue, semi-transparent horizontal band runs across the middle of the image, serving as a backdrop for the title text.

# Investigação

**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**



**MODAL IDENTIFICATION OF THE COIMBRA UNIVERSITY TOWER**

ISISE  
...  
Department of Civil Engineering  
...  
University of Coimbra

Carlos Rebelo, Eduardo Júlio,  
Daniel Dias da Costa  
presented at the:



JÚLIO, E., REBELO, C., DIAS-da-COSTA, D., *Structural Diagnosis of the Tower of the University of Coimbra by Modal Identification*, Elsevier, Engineering Structures 30 (12): 3468-3477 DEC 2008.

**MODAL IDENTIFICATION OF THE COIMBRA UNIVERSITY TOWER**

**Introduction**

**History**

- The University of Coimbra was founded in 1290
- The Tower was erected between 1728 and 1733
- Located on the top of the highest hill of Coimbra
- Ex-libris of the university and of the city itself.



**MODAL IDENTIFICATION OF THE COIMBRA UNIVERSITY TOWER**

**Introduction**

**History**

- A proposal was submitted to include the cluster of buildings in UNESCO's World Heritage List
- The tower is part of that cluster of buildings dedicated to the production and dissemination of knowledge



**MODAL IDENTIFICATION OF THE COIMBRA UNIVERSITY TOWER**

**Introduction**

**Motivation for this research study**

- Recently, an inspection was undertaken to evaluate the state of conservation of the tower.
- Some anomalies, such as degradation of joints and cracked or missing stone blocks, were identified.



**MODAL IDENTIFICATION OF THE COIMBRA UNIVERSITY TOWER**

**Introduction**

**Structural identification and FE model calibration**

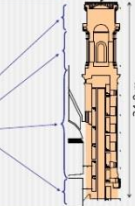
- Assess possible structural damages
- Safety concerning extreme (seismic, wind) events
- Possibility of opening the Tower for tourist visits.



**MODAL IDENTIFICATION OF THE COIMBRA UNIVERSITY TOWER**

**Description of the Tower**

- The tower has a rectangular plant and equal side views
- From top to bottom, the tower presents:
  - the terrace;
  - the zone of the clock;
  - the zone of the bells;
  - the main body;
  - the base with the entrance



**MODAL IDENTIFICATION OF THE COIMBRA UNIVERSITY TOWER**

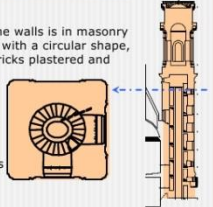
**Description of the Tower**

**cross sections**

The outer leaflet of the walls is in masonry and the inner leaflet, with a circular shape, is made of ceramic bricks plastered and whitewashed.

On the centre of the tower there is a wall also made of ceramic bricks

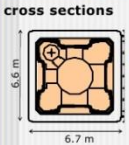
Connecting both walls, limestone steps form a spiral stairs leading to the last window.



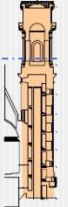
**MODAL IDENTIFICATION OF THE COIMBRA UNIVERSITY TOWER**

**Description of the Tower**

**cross sections**



At this level, a new spiral stairs begins through the Northwest pillar of the bells zone to the top of the tower.

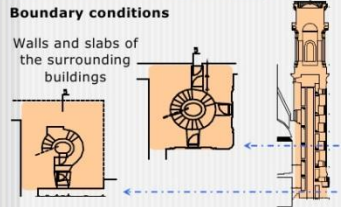


**MODAL IDENTIFICATION OF THE COIMBRA UNIVERSITY TOWER**

**Description of the Tower**

**Boundary conditions**

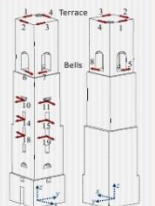
Walls and slabs of the surrounding buildings



**MODAL IDENTIFICATION OF THE COIMBRA UNIVERSITY TOWER**

**Measurements**

- 8-channel acquisition unit
- 20 degrees of freedom
- 14 locations conditioned by the accessibility from inside of the tower
- Four reference transducers at the terrace level
- Four setups:
  - bell level;
  - top semi-circular window;
  - third rectangular door;
  - second rectangular door.

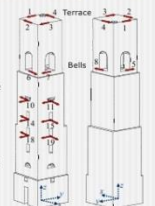


**MODAL IDENTIFICATION OF THE COIMBRA UNIVERSITY TOWER**

**Measurements**

**Dynamic loading**

- particularly windy day
- short periods of bell electromechanical operation
- some setups included bell swaying; those time periods were excluded from the analyzed time series
- There were two masts on the top of the tower
- an heavy mast introduced an almost harmonic signal in its first natural frequency (~1Hz)

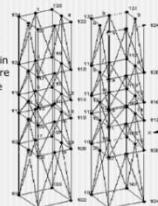


**MODAL IDENTIFICATION OF THE COIMBRA UNIVERSITY TOWER**

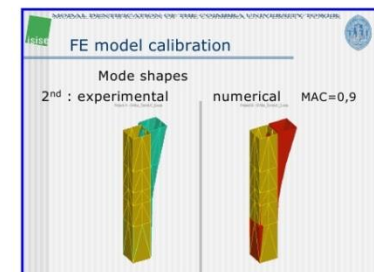
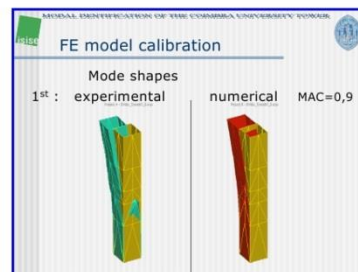
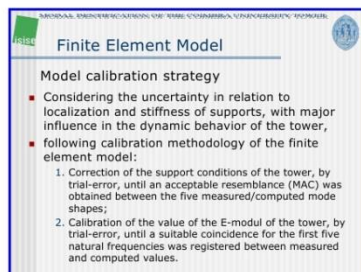
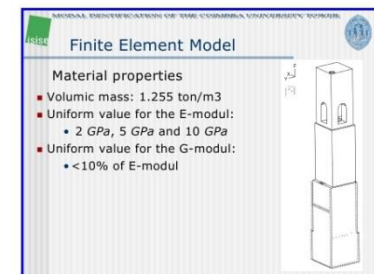
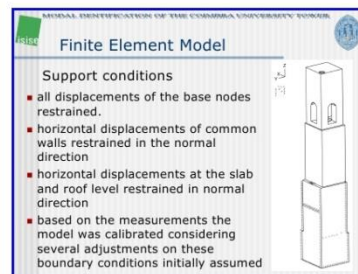
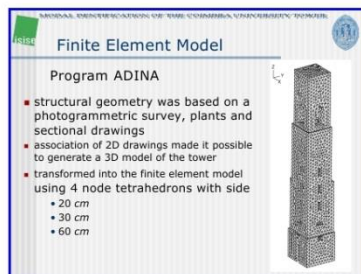
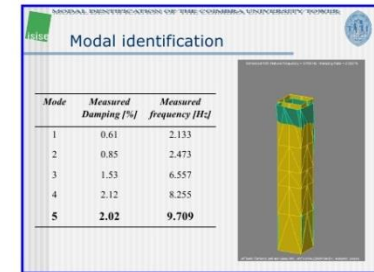
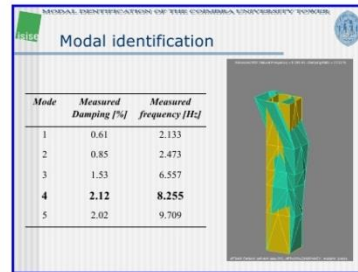
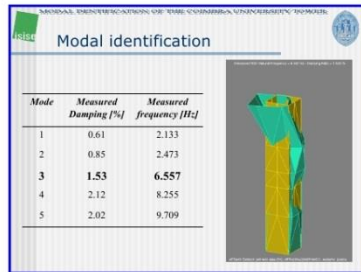
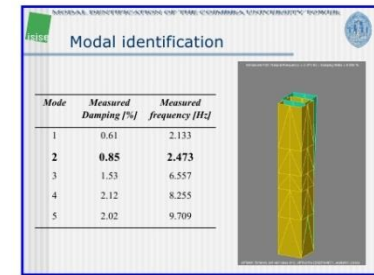
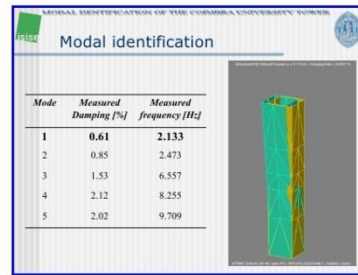
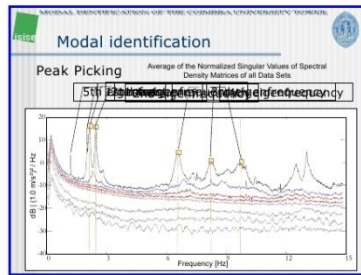
**Modal identification**

**Analysis of the data**

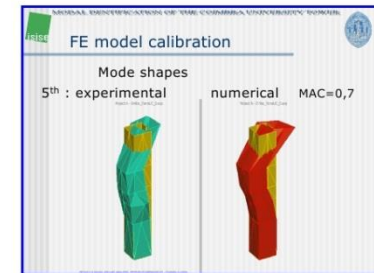
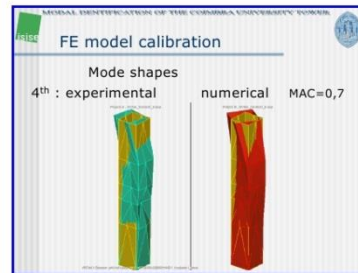
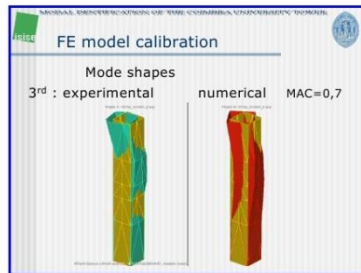
- decimation and low-pass filtering of the time series
- EFD - enhanced frequency domain decomposition - ARTeMIS software
- mesh used to visualize the mode shapes include 'slave' nodes











MODAL IDENTIFICATION OF THE COIMBRA UNIVERSITY TOWER

### FE model calibration

Uniform E-modul E=5.0GPa

| Mode | Measured frequency [Hz] | Computed frequency [Hz] | Error % |
|------|-------------------------|-------------------------|---------|
| 1    | 2.133                   | 2.152                   | -0.89   |
| 2    | 2.473                   | 2.403                   | 2.83    |
| 3    | 6.557                   | 6.581                   | -0.37   |
| 4    | 8.255                   | 8.160                   | 1.15    |
| 5    | 9.709                   | 9.583                   | 1.30    |

MODAL IDENTIFICATION OF THE COIMBRA UNIVERSITY TOWER

### Conclusions

- Despite the lack of knowledge concerning the support conditions and the mechanical characteristics of materials, the results allow the conclusion that **the numerical model satisfactorily reproduces the dynamic response of the tower.**

MODAL IDENTIFICATION OF THE COIMBRA UNIVERSITY TOWER

### Conclusions

- Furthermore, it can be stated that, from this analysis, **there is not any evidence that the structural integrity of the tower is compromised.** In fact, if inadmissibly lower values had been obtained for the Young's modulus and/or shear modulus or if a different level of accuracy had been registered for one or more modal frequencies, one could have concluded that the integrity of the tower might be affected.

MODAL IDENTIFICATION OF THE COIMBRA UNIVERSITY TOWER

### Conclusions

- Further investigations were also proposed to the owner:
  - Geometric survey of elements common to the tower and adjacent buildings, including connections;
  - Soundings to characterize the materials and their state of conservation of both exterior and interior walls of the tower, especially in the bells zone;
  - In situ and laboratorial testing for mechanical characterization of the structural materials of the tower;



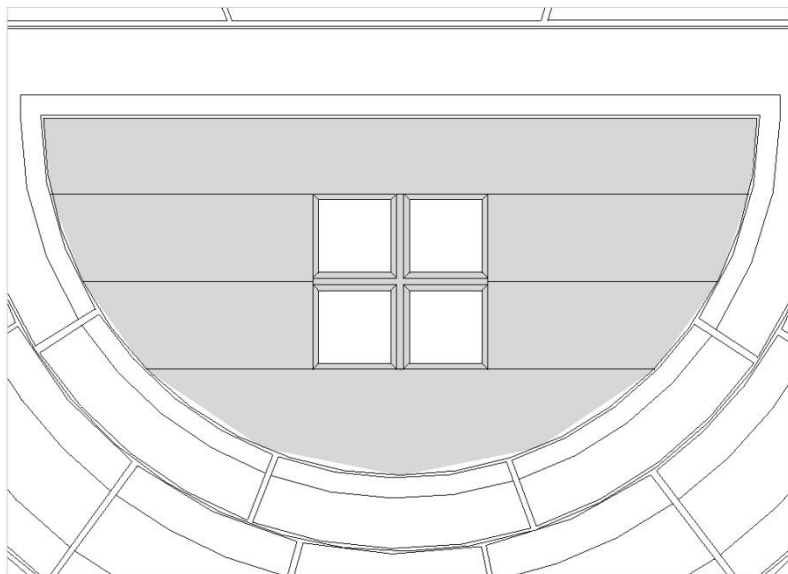


A 3D architectural rendering of the Torre do Relógio (Clock Tower) in Coimbra, Portugal. The image shows a cross-section of the tower's upper part, highlighting the restoration work. A green-painted metal railing with decorative balusters is shown around the top of the tower. Inside the tower, there are several wooden benches and a central vertical structure. The clock face is visible at the bottom, featuring Roman numerals and the text 'PARIS 1866' and 'PORREL WAGNER'. The background is a light blue sky with a dark blue horizontal band across the middle.

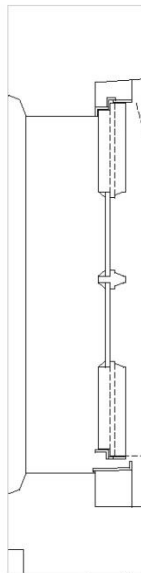
# Arte | Razão

Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012

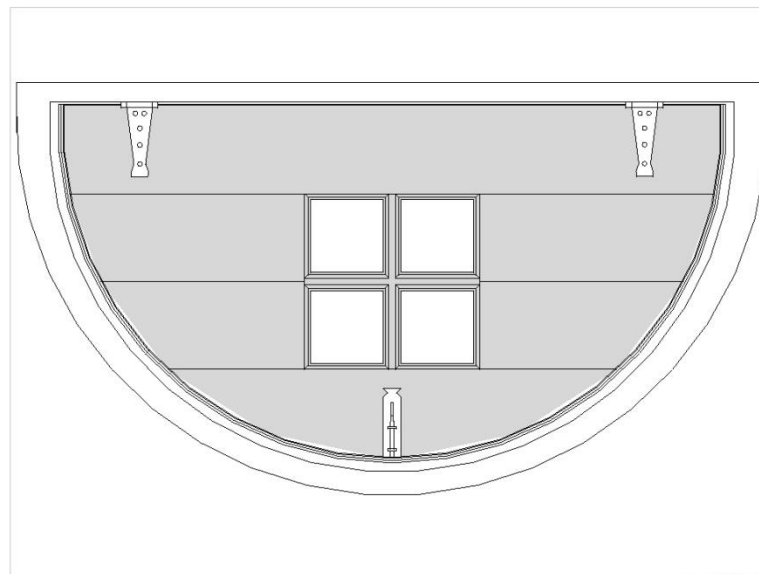




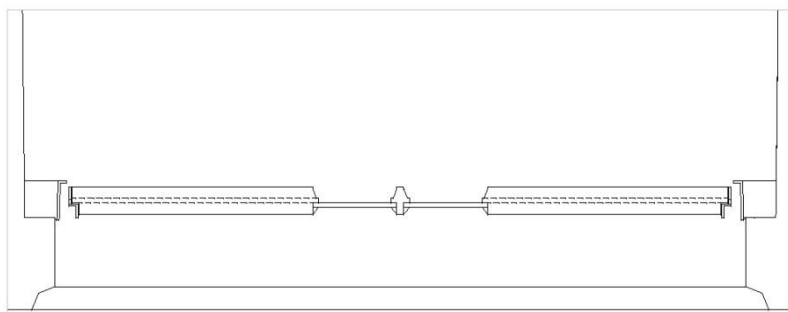
alçado exterior



corte vertical

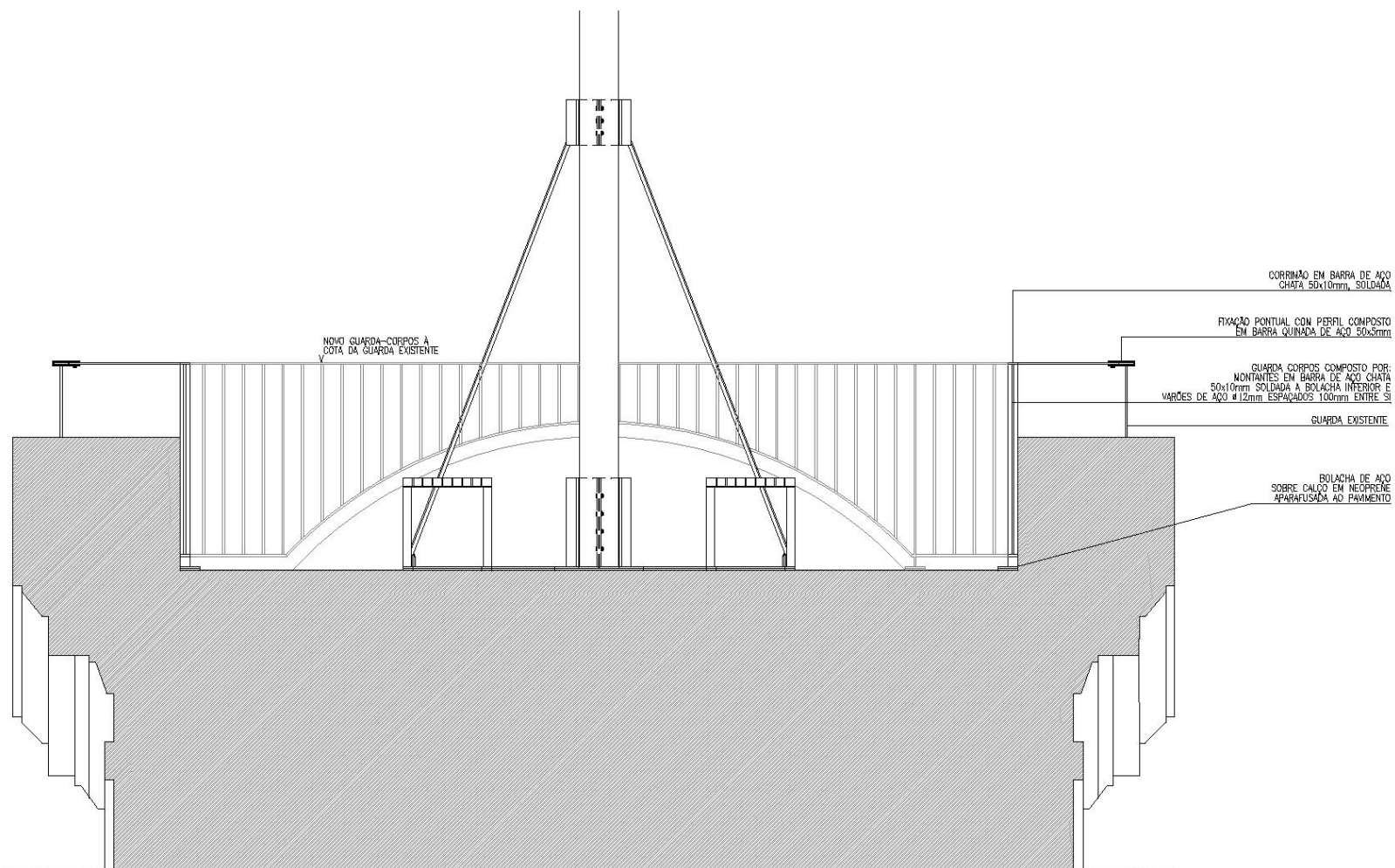


alçado interior



corte horizontal









**NO ALTO**

# Aproximação



**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**



# Estaleiro Pedagógico



**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**



Estar no alto da Torre e pousar o olhar sobre a cidade de Coimbra e sobre o Rio Mondego faz parte do imaginário de universitários e visitantes com poucos minutos de caminhada. A Torre é, portanto, um ponto de vista "mirante" - possibilidade de leitura superior sobre o conjunto arquitetónico que forma a Universidade e um ponto de vista global da cidade, enquanto urbanidade coeclética, integrando as sucessivas edificações ao longo de séculos, e ainda de toda a envolvente paisagística.<sup>10</sup> Daqui se identificam os edifícios históricos mais representativos de Coimbra e se revê, através deles, a evolução da cidade.<sup>11</sup> Subir à Torre pela Universidade tem, também, um sentido de conquista e de sucesso, reforçado pela dificuldade da tarefa, que exige determinação, controlo e esforço físico considerável.<sup>12</sup> A intenção predestina para a Torre a transpor um novo ciclo na sua existência, ampliando a sua função e potenciando o interesse na visita ao Párcos das Escalas.

[illegible]

**EMPREITADA DE CONSERVAÇÃO  
E RESTAURO DA TORRE  
DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA  
CONSERVATION AND RESTORATION  
OF THE UNIVERSITY TOWER**

CONTEXTO HISTÓRICO E ARTÍSTICO  
ARTISTIC AND HISTORICAL CONTEXT

[illegible][illegible]



## 2 NO ALTO DA TORRE DEGRAU A DEGRAU

# REAValiação DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO CHECKING OUT THE CONSERVATION STATE

A Torre está construída em cascalho branco da zona de Colúmbia, encontrando-se em condições de conservação, apesar de apresentar diversos problemas. Já previamente identificados, os danos da intervenção, e o colapso da superfície pétrea em muito heterogênea devido a diversos factores: colonização biológica (mosses, líquens, fungos e algas), plantas e crustáceos negros, manchas de oxidação de elementos metálicos e a presença de estruturas naturais, típicas do encaixeamento das rochas calcárias.

The tower is built of white limestone from the region of Colúmbia, and is in reasonable condition, in spite of several anomalies already known in previous inspections. Before this intervention the stone colonisation was quite heterogeneous as a result of organic factors: the various mosses (liverworts, fungi, algae and lichens), black crusts, stains of oxidation of metal elements and the presence of natural structures, typical of aging limestone.

FACTORES DE LACNO  
A Torre está construída em cascalho branco da zona de Colúmbia, encontrando-se em condições de conservação, apesar de apresentar diversos problemas. Já previamente identificados, os danos da intervenção, e o colapso da superfície pétrea em muito heterogênea devido a diversos factores: colonização biológica (mosses, líquens, fungos e algas), plantas e crustáceos negros, manchas de oxidação de elementos metálicos e a presença de estruturas naturais, típicas do encaixeamento das rochas calcárias.

FACTORES DE LACNO  
A Torre está construída em cascalho branco da zona de Colúmbia, encontrando-se em condições de conservação, apesar de apresentar diversos problemas. Já previamente identificados, os danos da intervenção, e o colapso da superfície pétrea em muito heterogênea devido a diversos factores: colonização biológica (mosses, líquens, fungos e algas), plantas e crustáceos negros, manchas de oxidação de elementos metálicos e a presença de estruturas naturais, típicas do encaixeamento das rochas calcárias.

## 3 NO ALTO DA TORRE DEGRAU A DEGRAU

# LIMPEZA DA SUPERFÍCIE PÉTREA ORGANIZAÇÃO, ESTALEIRO E SEGURANÇA

O trabalho de conservação e restauro da superfície pétrea foi iniciado pela remoção dos agentes biológicos que coexistiam toda a área de espaço exterior. Os estudos de carácter realístico na fase de projecto foram analisados e expostos-se a metodologia mais eficaz, que visasse a garantir uma leitura homogênea e que não removeu a petra natural desta peça arquitectónica. A Torre apresentava, essencialmente, algas, musgos, líquens e vegetação superior, esta necessariamente no fim da zona dos muros e da rede.

ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO  
O trabalho de conservação e restauro da superfície pétrea foi iniciado pela remoção dos agentes biológicos que coexistiam toda a área de espaço exterior. Os estudos de carácter realístico na fase de projecto foram analisados e expostos-se a metodologia mais eficaz, que visasse a garantir uma leitura homogênea e que não removeu a petra natural desta peça arquitectónica. A Torre apresentava, essencialmente, algas, musgos, líquens e vegetação superior, esta necessariamente no fim da zona dos muros e da rede.

ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO  
O trabalho de conservação e restauro da superfície pétrea foi iniciado pela remoção dos agentes biológicos que coexistiam toda a área de espaço exterior. Os estudos de carácter realístico na fase de projecto foram analisados e expostos-se a metodologia mais eficaz, que visasse a garantir uma leitura homogênea e que não removeu a petra natural desta peça arquitectónica. A Torre apresentava, essencialmente, algas, musgos, líquens e vegetação superior, esta necessariamente no fim da zona dos muros e da rede.







Subir, ver, tocar, compreender,  
participar ...

**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**









**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





Ir mais longe

**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**



Filipe Pimentel



Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012



A photograph of a worker in a white hard hat and yellow gloves using a blue cable on a stone wall. The worker is positioned on the left side of the frame, facing right. The wall is made of large, grey stone blocks. A red horizontal band is overlaid on the image, containing the word 'Intervenção' in white text. The background shows a curved stone structure and some scaffolding.

# Intervenção

**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012





Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012





**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**









Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012





**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012









Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012





**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





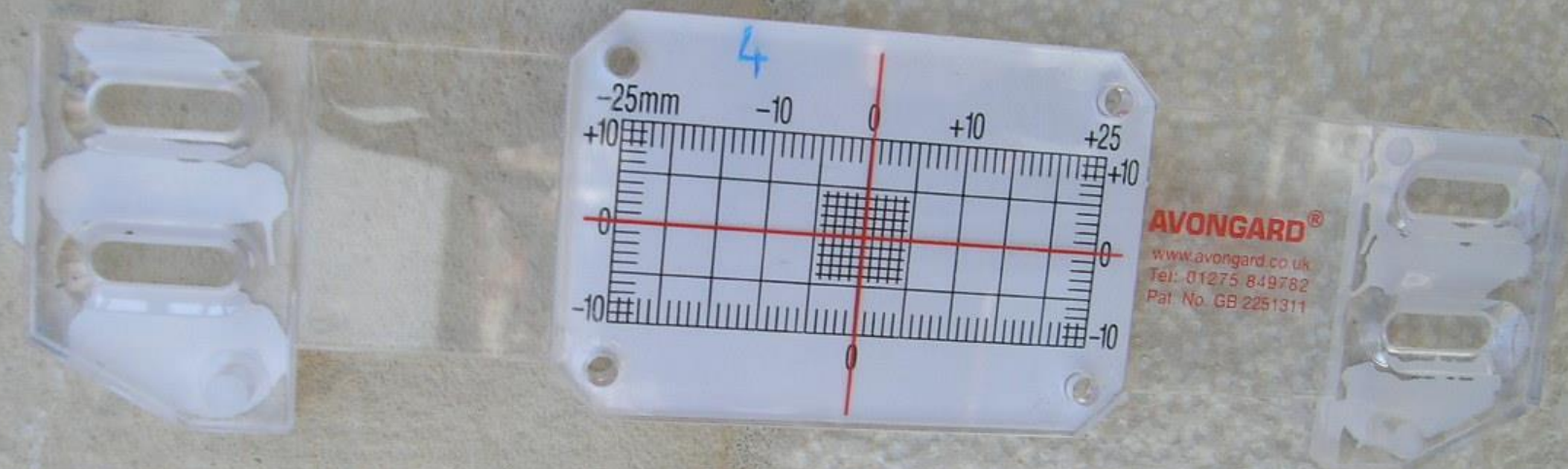
**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**









Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012





Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012





**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012





**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012





**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





Presente | Futuro

Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012





# Usufruir

**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





Cuidar

**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





Consumir  
de preferência  
antes de

13

FEV

2011

13

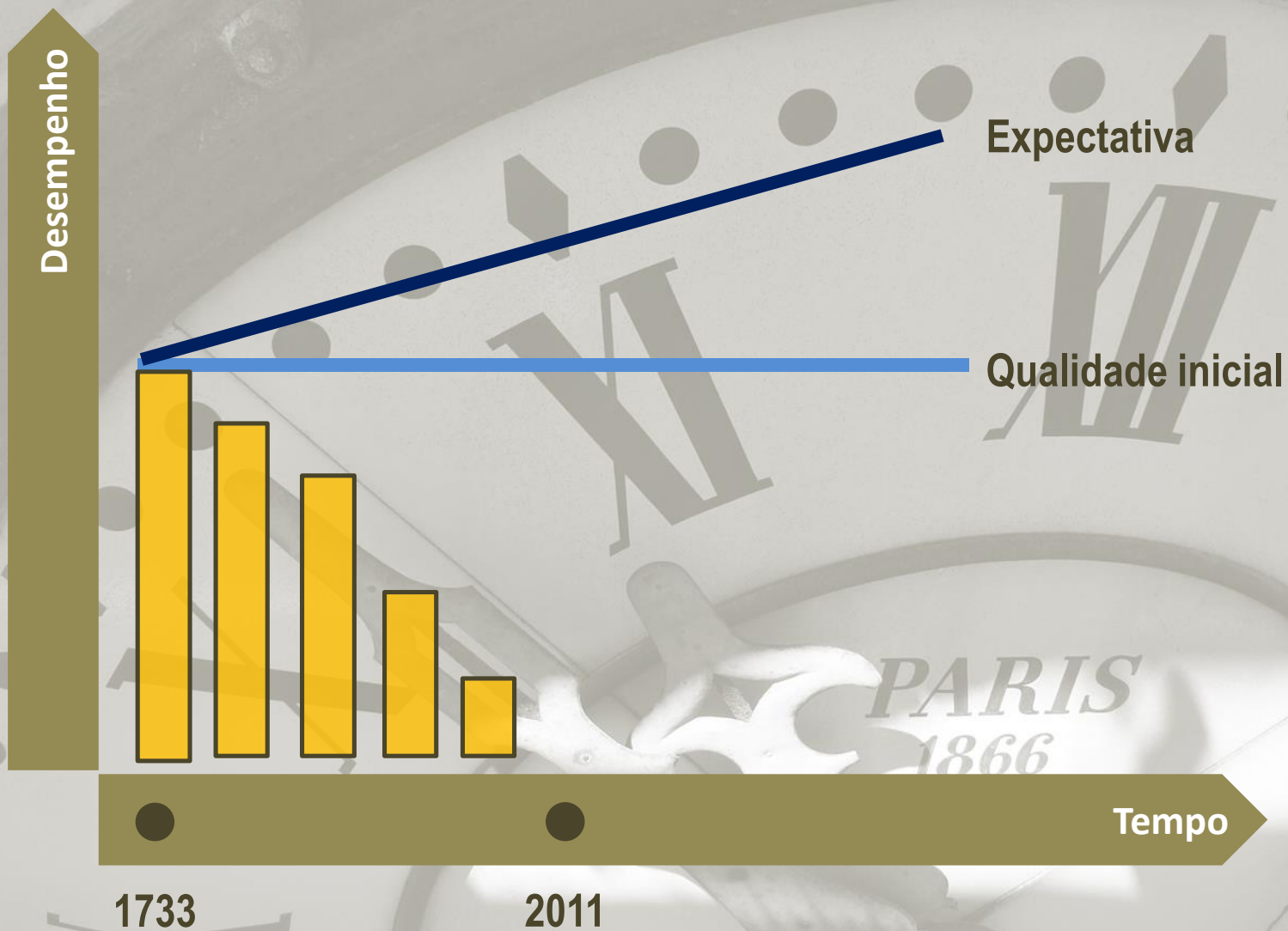
FEV

2289

?

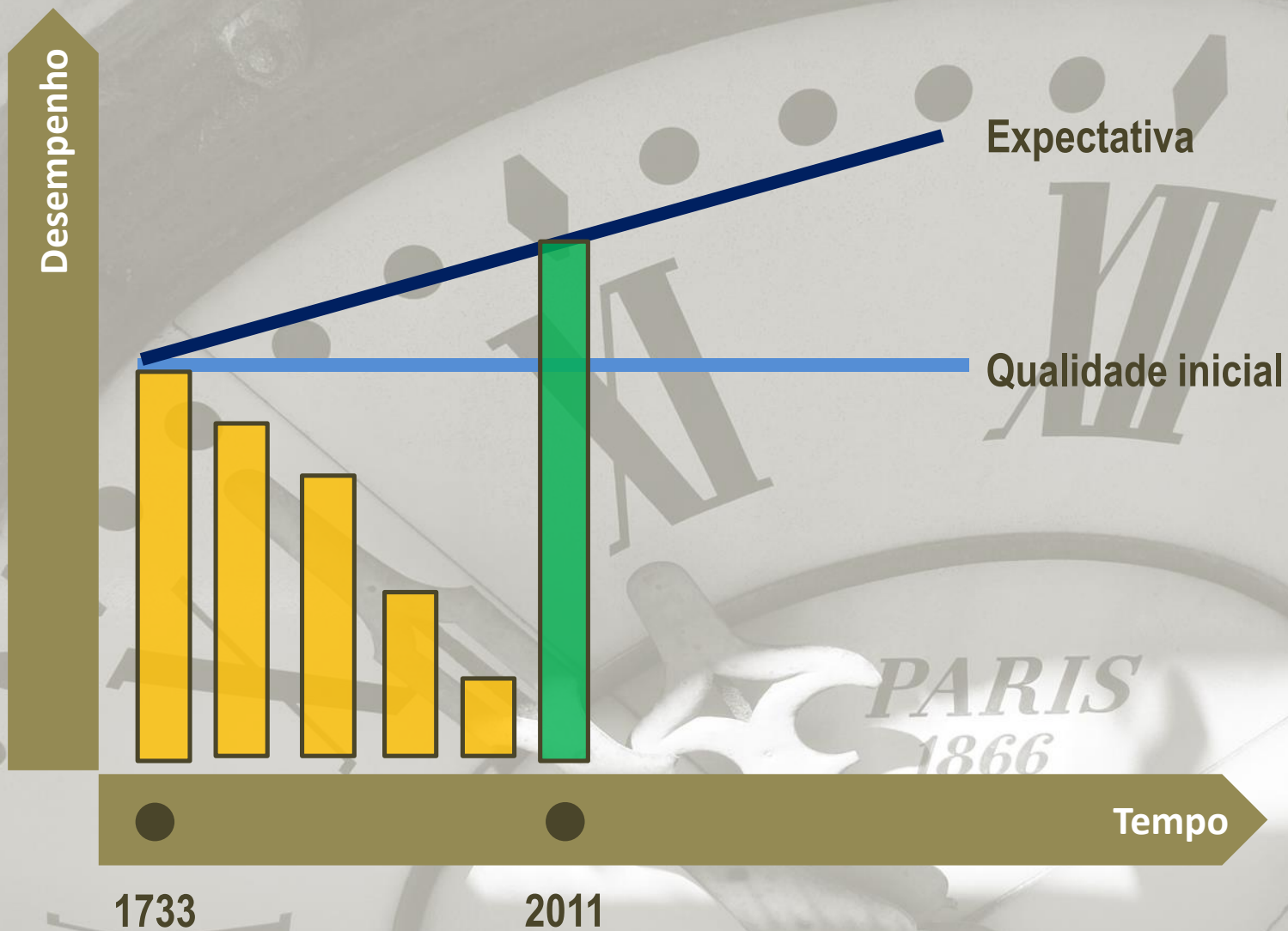
**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**



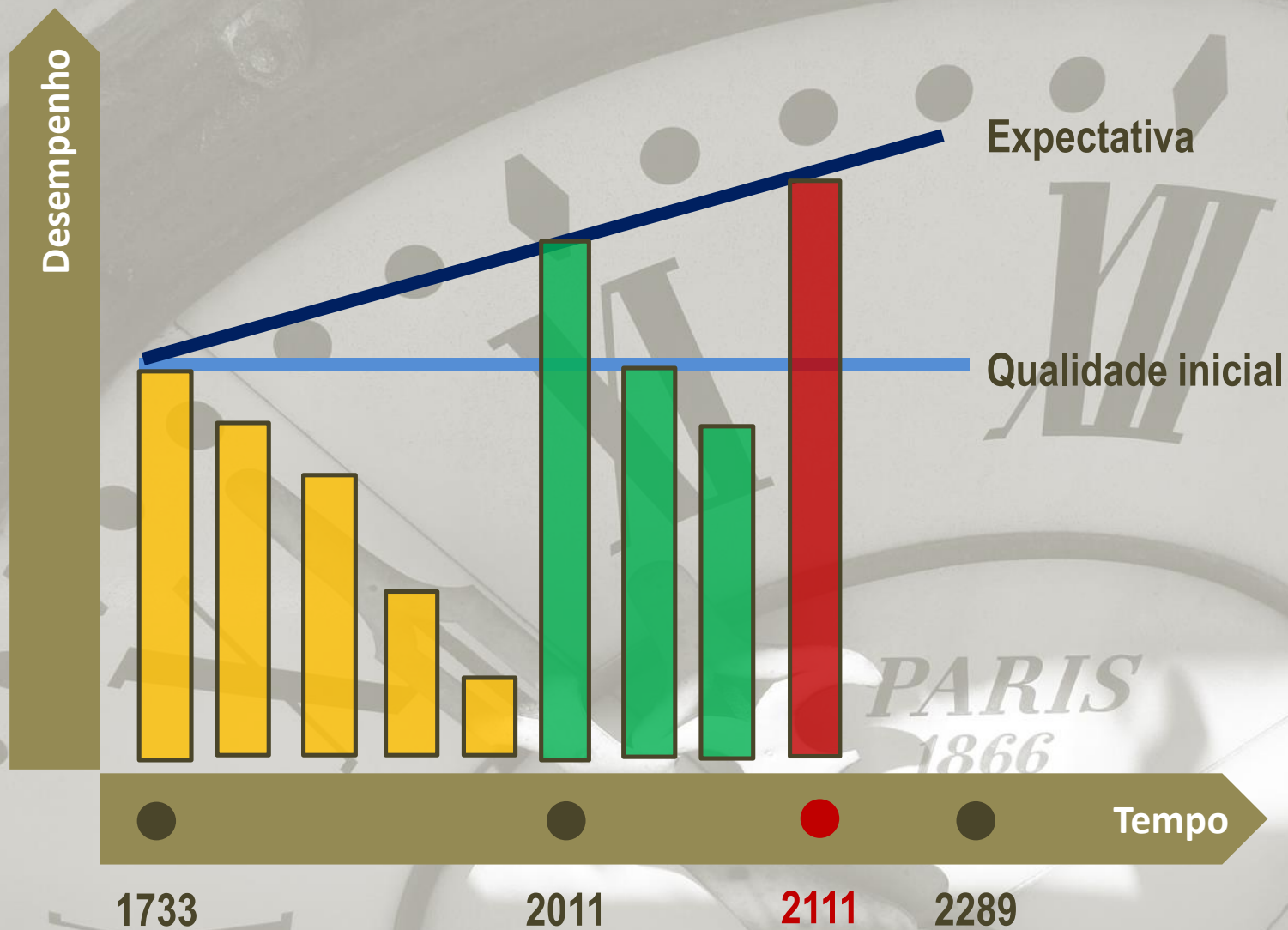


**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**

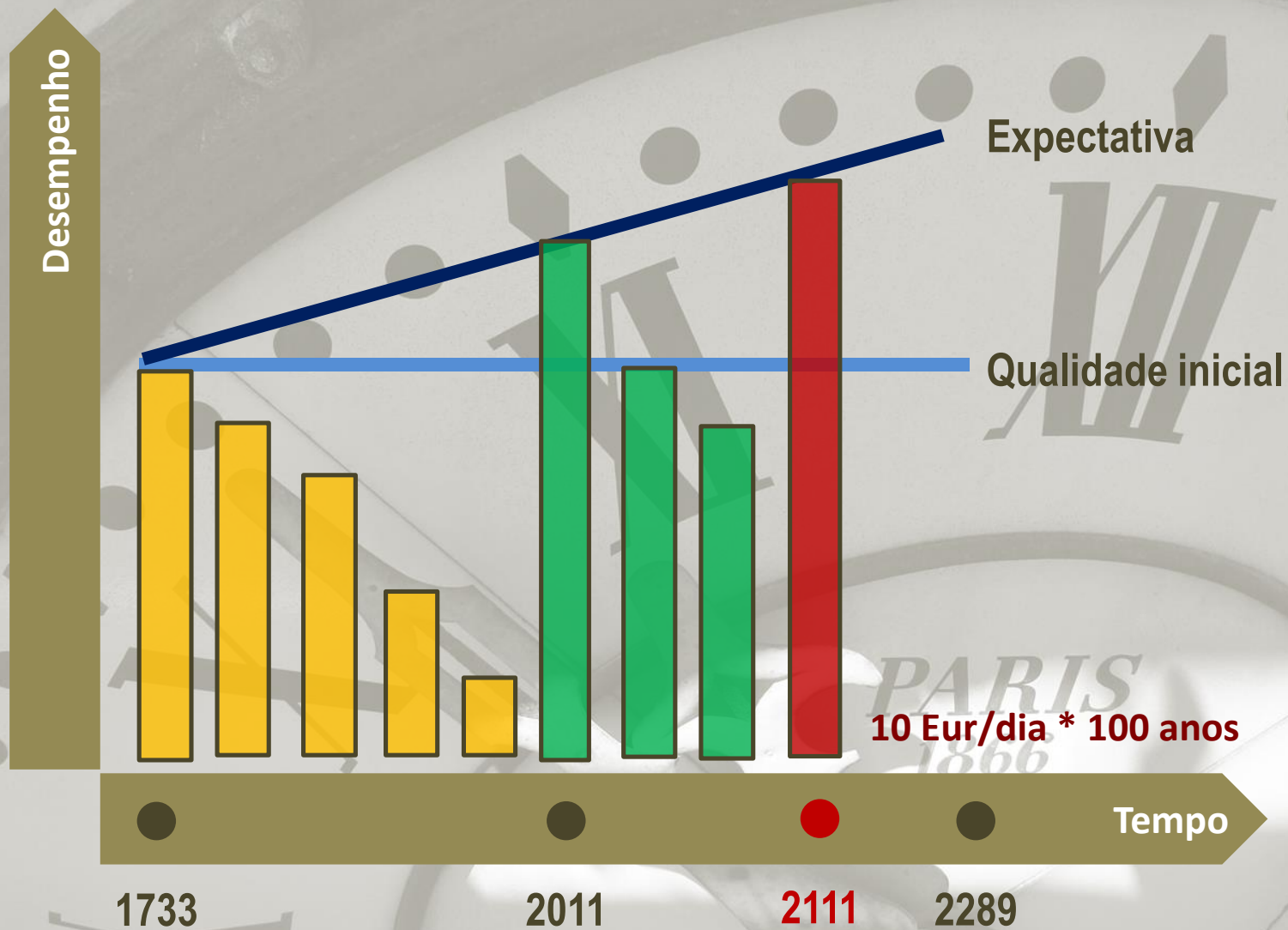
















Subir...

Obra de Restauo da Torre | Universidade de Coimbra | 2012





**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





**Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012**





Obra de Restauro da Torre | Universidade de Coimbra | 2012



*PARIS*  
*1866*

Obra de Conservação e Restauro  
da Torre da Universidade

. U



C .

2012