



SEGURANÇA SÍSMICA DAS CONSTRUÇÕES INFORMAÇÃO DE SUPORTE COM RECURSO A ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS "IN-SITU"

Carlos Mesquita, Eng^o. / Oz-Ida
Direcção Técnica



1. Introdução

Levantamento construtivo/estrutural

- Levantamento arquitectónico
- Levantamento dimensional
- Caracterização dos materiais
 - Natureza
 - Propriedades mecânicas
- Caracterização do solo/fundação

Levantamento de anomalias estruturais

- Detecção de sintomas de deficiente desempenho



Avaliação do risco de corrosão activa das armaduras através da medição das potências eléctricas

2.2 – Levantamento dimensional

- Termografia (ASTM C1060)

Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"

Avaliação do risco de corrosão activa das armaduras através da medição das potências eléctricas

2.2 – Levantamento dimensional

- Impacto-eco – medição da espessura de betão (ASTM C1383-98a)

Impact-echo principle

Surface displacement

Frequency spectrum

kHz	A	B	C
1	4.39	4.39	4.39
2	4.39	4.39	4.39
3	4.39	4.39	4.39
4	4.39	4.39	4.39

Test Name	Record Type	kHz	m/s	mm
E1	Speed	4115		
E2	Speed	3680		
E3	Speed	4363		
E4	Speed	3420		

Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"

Avaliação do risco de corrosão activa das armaduras através da medição das potências eléctricas

2.3 – Caracterização dos materiais

- Constituição – observações boroscópicas



Furo de inspecção FI-1
Escala: 1:5

Betonilha de regularização
Revestimento do pavimento
Leca
Betão
Revestimento do tecto

[cm]

7

0% Diagnóstico, Levantamento e Controlo de Qualidade em Estruturas

Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"

apcer INCI

Avaliação do risco de corrosão activa das armaduras através da medição das potências eléctricas

2.3 – Caracterização dos materiais

- Constituição – Levantamento de armaduras com o pacómetro (BS 1881: Part 204)

Calibração



Correlação entre a medição real e a efectuada com o micro-covermeter

micro (mm)

real (mm)

$y = 0,8166x + 1,8458$
 $R^2 = 0,9098$

0% Diagnóstico, Levantamento e Controlo de Qualidade em Estruturas

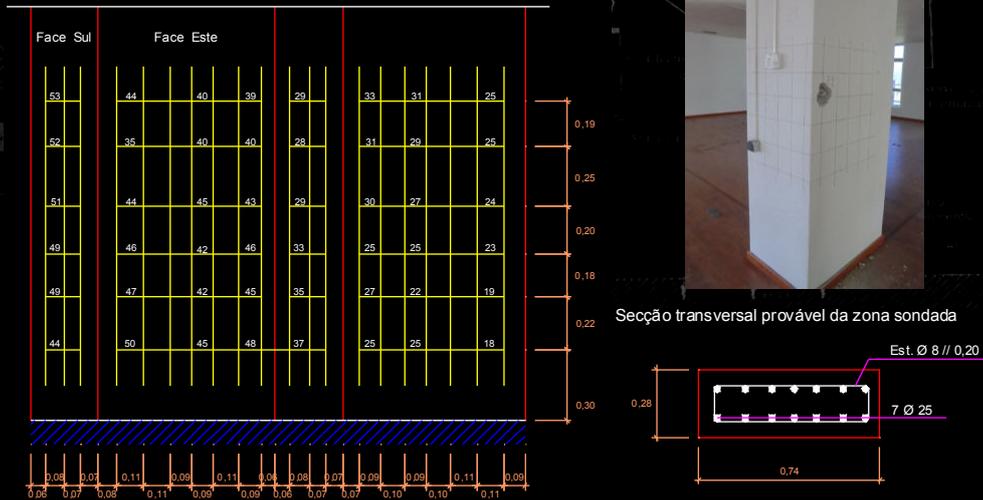
Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"

apcer INCI

2.3 – Caracterização dos materiais

- Constituição – Levantamento de armaduras com o pacómetro

Zona Z1 - Pilar Tipo P2



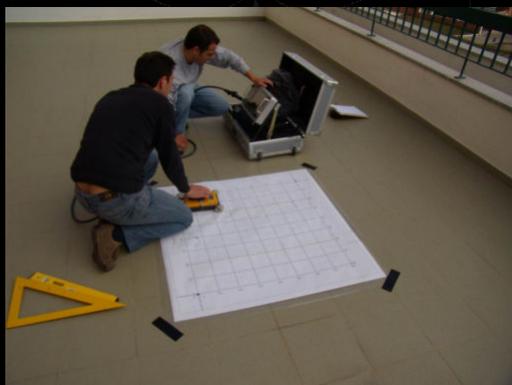
Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"



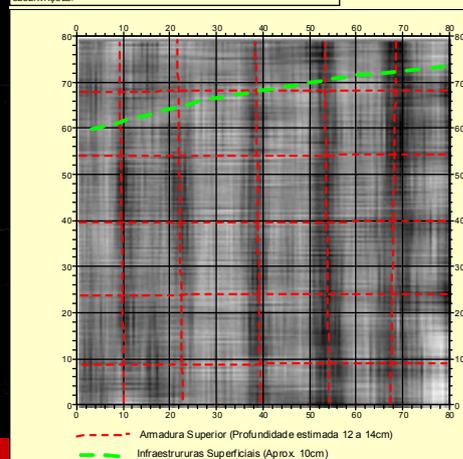
2.3 – Caracterização dos materiais

- Constituição – Levantamento de armaduras através de georadar (ASTM D6432)

Técnica de detecção e inspeção não destrutiva baseada na emissão e na recepção de radiação electromagnética



REF: GRELHA: G3 - AREA A3	DIMENSÕES: X: 80cm	Y: 80cm
ESP. ENTR E PERF IS: 0,1m	AMOSTRAGEM ESPACIAL: 0,05m	
FREQUENCIA CENTRAL: 1,8GHz		
DATA EXECUÇÃO:		
OBSERVAÇÕES:		



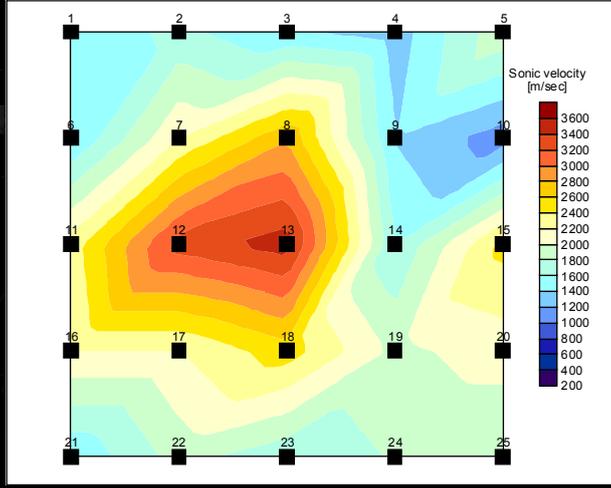
Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"



2.3 – Caracterização dos materiais

- Constituição/resistência – Ensaios sónicos em alvenaria

Igreja de São Francisco, Horta



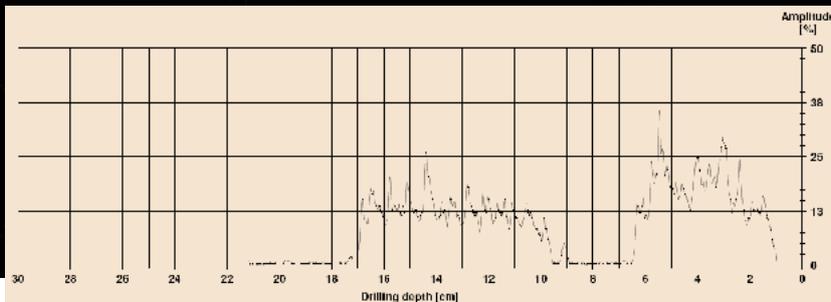
Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"



11

2.3 – Caracterização dos materiais

- Resistência - ensaios de resistografia em elementos de madeira



Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"



12

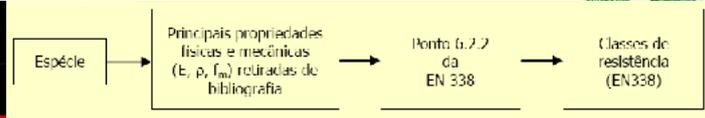
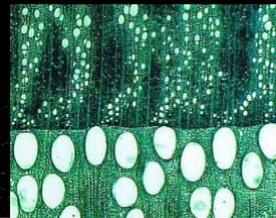
2.3 – Caracterização dos materiais

• Resistência – Classes de resistência de madeira em serviço

- Identificação da espécie botânica e principais propriedades mecânicas (massa volúmica) através de ensaios laboratoriais de provetes de pequeno volume (2x2x5cm) recolhidos de zonas consideradas representativas;
- Identificação das principais características físicas e mecânicas das espécies presentes com base na bibliografia existente;
- Com base no ponto 6.2.2 da norma NP EN 338 e nas características mecânicas assumidas, aferir uma classe resistente.



Castanea sativa, Mill., vulgo castanho
Densidade entre 540 e 650 kg/m³



13



Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"



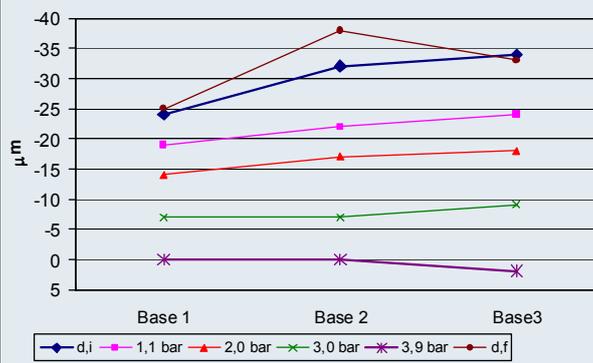
2.3 – Caracterização dos materiais

• Resistência - ensaios das alvenarias com macacos planos SFJ

(ASTM C1196-09)



Grafico 1 - Curvas de deformação do ensaio 1



14



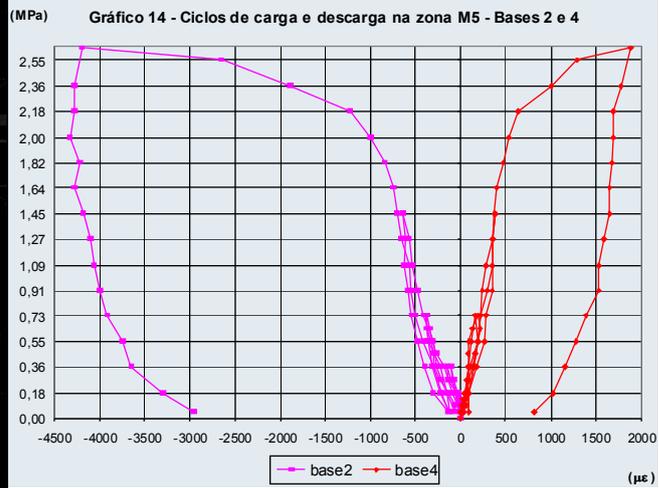
Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"



2.3 – Caracterização dos materiais

- Resistência - ensaios das alvenarias com macacos planos SFJ

(ASTM C1197-09)



Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"



15

2.3 – Caracterização dos materiais

- Resistência - ensaios de rotura sobre amostras de grande dimensão



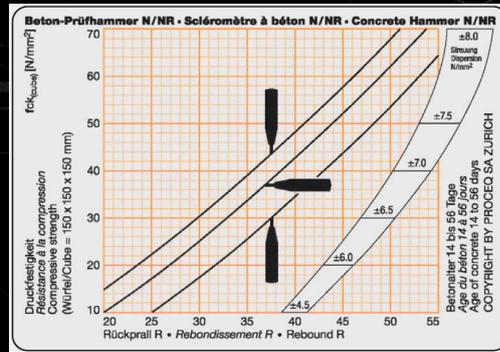
Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"



16

2.3 – Caracterização dos materiais

- Resistência - ensaios esclerométricos em betões (NP EN 12504-2)



17

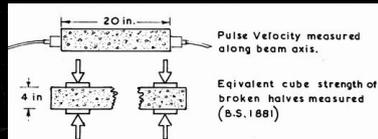


Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"



2.3 – Caracterização dos materiais

- Resistência – ensaios ultra-sónicos em betões (NP EN 12504-4)



The Correlation graph below was obtained by measuring pulse velocity and equivalent cube strength of beams as shown above

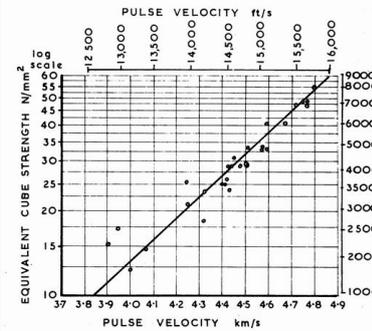


Fig.11 TYPICAL Strength-Velocity Correlation for Concrete

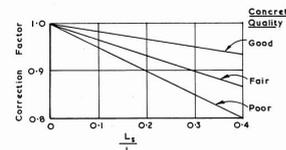
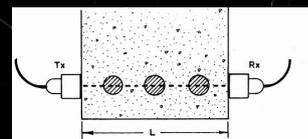


Fig.5: Influence of steel reinforcement on pulse velocity. Bars at right angles to path.

18

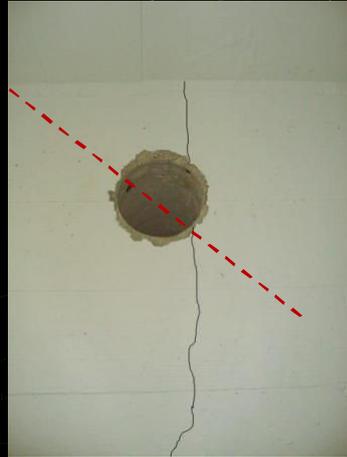


Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"



2.3 – Caracterização dos materiais

- Resistência - ensaios de rotura de betões sobre carotes (NP EN 12504-1)



19



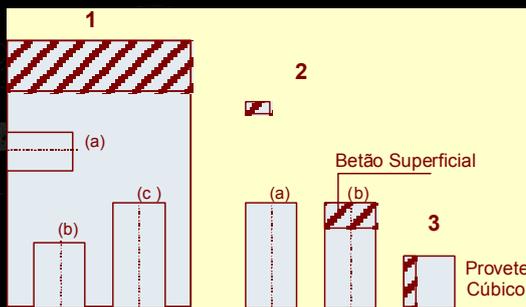
Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"



2.3 – Caracterização dos materiais

- Resistência - ensaios de rotura de betões sobre carotes

Conversão dos resultados segundo a Concrete Society



$$P_{(1b)} \cong 1,08 P_{(1a)}$$

$$P_{(2a)} = 1,06 P_{(1c)}$$

$$P_{(2b)} \cong \frac{1}{1,15} P_{(2a)}$$

$$f_{cm} = f_{cm,cl} \times \left(1 \pm \frac{12\%}{\sqrt{n}}\right) \times 1,25 \times 1,25$$

$$f_{ck} = f_{cm} \times (1 - 1,64 \times \delta) = 0,75 \times f_{cm}$$

$$P_{(1c)} \cong \frac{2}{1,5 + \frac{\ell}{\varnothing}} P_{(1b)}$$

$$P_{(3a)} \approx 1,25 P_{(2b)}$$

Processamento dos resultados segundo a NP EN 13791-2008

$$f_{ck, is} = f_{m(n), is} - k \quad \text{ou} \quad f_{ck, is} = f_{is, menor} + 4$$

n	3 a 6	7 a 9	10 a 14
k	7	6	5

20

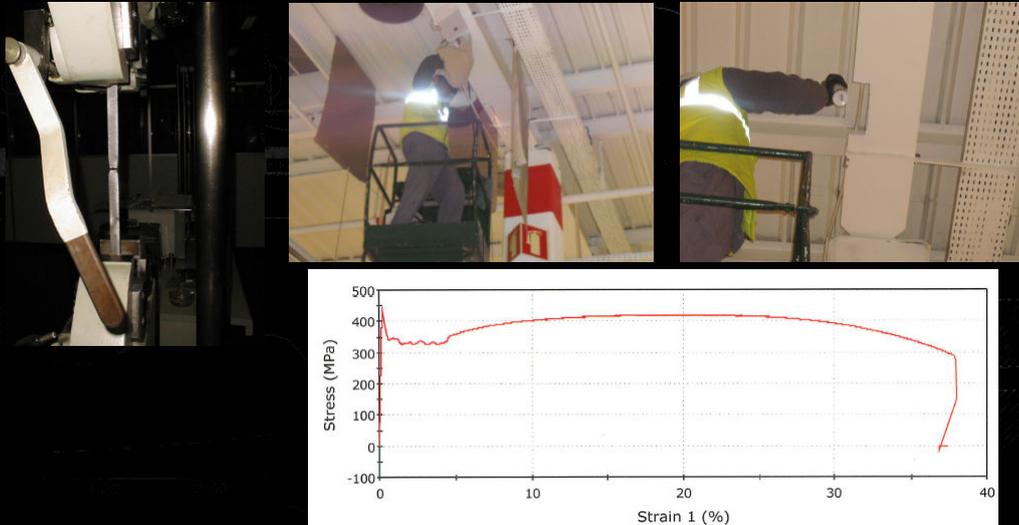


Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"



2.3 – Caracterização dos materiais

- Resistência - ensaios de rotura de aço sobre amostras (ISO 6892-1:2009)



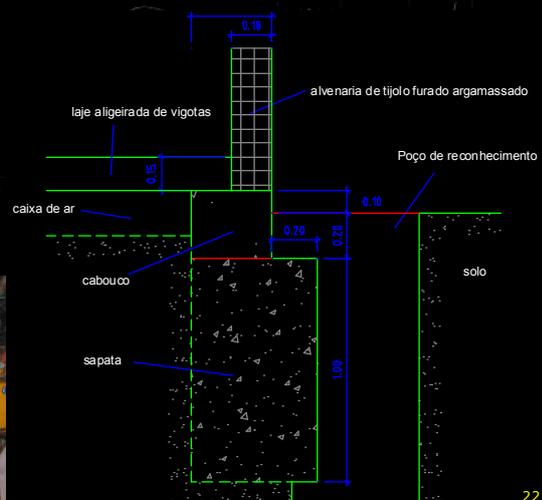
Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"



21

2.4 – Caracterização do solo/fundação

- Geometria – poços/sondagens



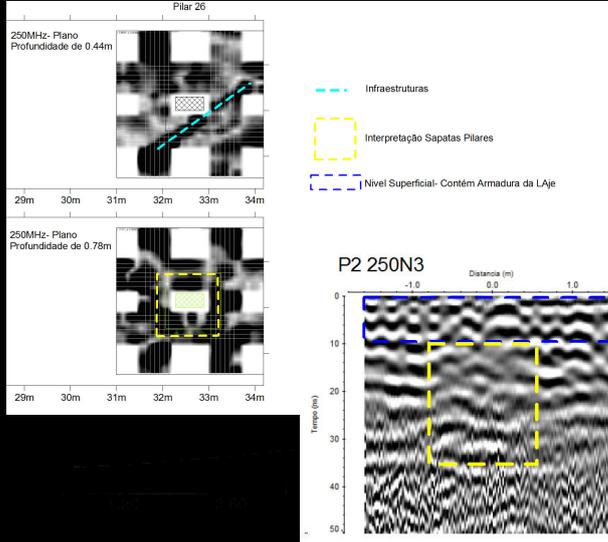
Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"



22

2.4 – Caracterização do solo/fundação

• Geometria - Georadar



Avaliação do risco de corrosão activa das armaduras através da medição das potências eléctricas

Medição da resistência eléctrica das armaduras



23



Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"



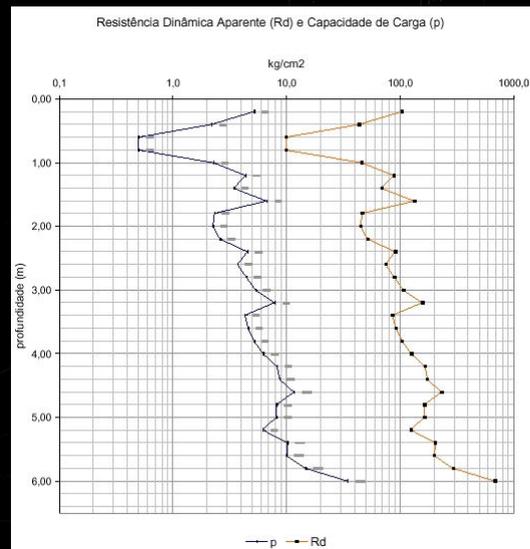
2.4 – Caracterização do solo/fundação

• Ensaios geotécnicos



Avaliação do risco de corrosão activa das armaduras através da medição das potências eléctricas

Medição da resistência eléctrica das armaduras



24

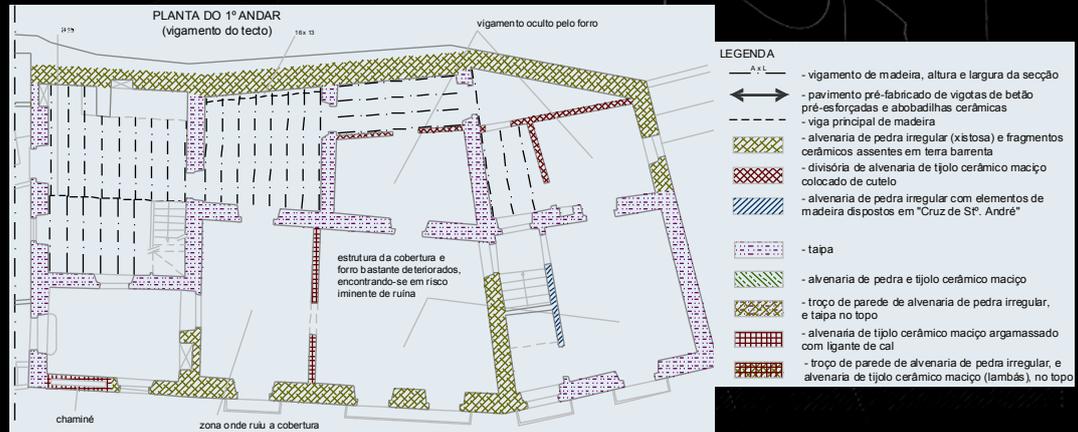


Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"



2.5 – Exemplos de levantamentos estruturais

Casa do Lanternim, Mértola



25



Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"



2.5 – Exemplos de levantamentos estruturais

Edifício pombalino



26



Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"



Avaliação do risco de corrosão activa das armaduras através da medição das potencialidades electricas

2.5 – Exemplos de levantamentos estruturais

Edifício pombalino

7

Diagnóstico,
Levantamento
e Controlo de Qualidade
em Estruturas

Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"

Avaliação do risco de corrosão activa das armaduras através da medição das potencialidades electricas

2.5 – Exemplos de levantamentos estruturais

Antiga Fábrica FEU, Portimão

28

Diagnóstico,
Levantamento
e Controlo de Qualidade
em Estruturas

Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"

3. Levantamento de anomalias estruturais

- Inspeção visual
 - Fissuras com orientação bem definida
 - Deformações excessivas de pavimentos
 - Desaprumos de elementos verticais
 - Empolamento e descolamento de revestimentos
 - Corrosão severa das armaduras
 - Lacunas da secção resistente

29

Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"

3. Levantamento de anomalias estruturais

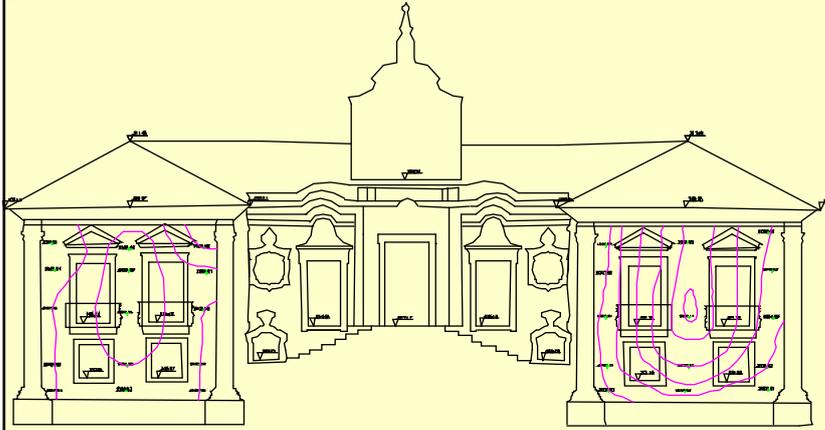
Fissuras e deformações

30

Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"

3. Levantamento de anomalias estruturais

Casa de Mateus, Vila Real



31

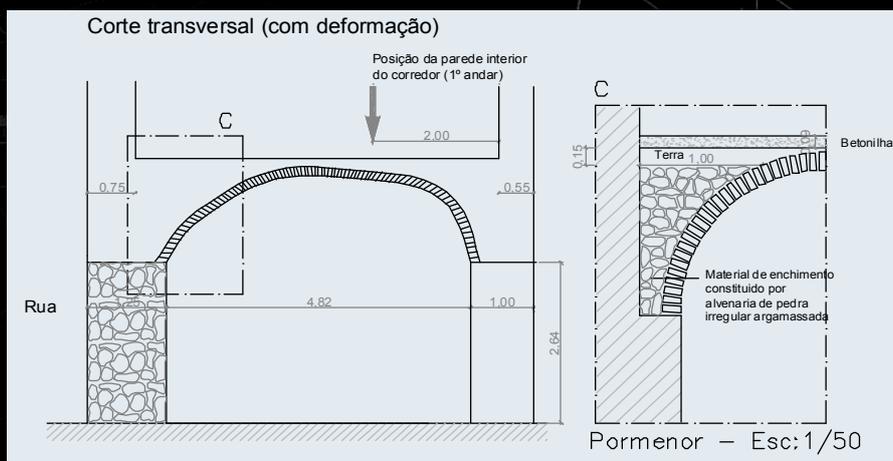


Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"



3. Levantamento de anomalias estruturais

Convento de S. Francisco, Elvas



32



Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"



Avaliação do risco de corrosão activa das armaduras através da medição das potências electricas

3. Levantamento de anomalias estruturais

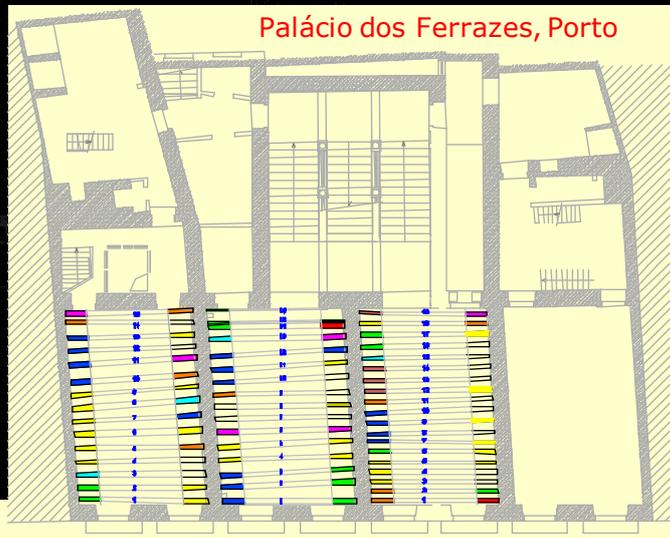
Módulo 3



ataque biótico de fungos



ataque activo de térmitas



Palácio dos Ferrazes, Porto

LEGENDA:

<ul style="list-style-type: none"> Vestígios de ataque localizado/ligeiro (<1cm de perimetral) de larvas de ciclo larvar Vestígios de ataque intenso (>1cm de perimetral) de insectos de ciclo larvar Ataque intenso activo de insectos sociais (térmitas) - redução de secção > 50% 	<ul style="list-style-type: none"> Vestígios de ataque ligeiro combinado de fungos xilófagos e insectos de ciclo larvar (<1cm) Vestígios de ataque combinado de fungos xilófagos e insectos de ciclo larvar (>1cm) Vestígios de ataque combinado de insectos sociais (térmitas) e larvas de ciclo larvar
---	--

Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"





Avaliação do risco de corrosão activa das armaduras através da medição das potências electricas

3. Levantamento de anomalias estruturais

Módulo 3

Alterações / Deterioração



Corte de armaduras





Corrosão




Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"





4. Qualificação dos agentes

- Dispor de Sistema de Gestão da Qualidade (NP EN ISO 9001:2008)
- Implementação de Planos anuais de Formação para qualificação dos operadores, por técnica de inspecção e ensaio
- Calibração e manutenção dos equipamentos de inspecção, medição e ensaio, de acordo com um plano elaborado anualmente
- Implementação de procedimentos que permitam a avaliação dos fornecedores relevantes para a qualidade
- Realização periódica de Auditorias da Qualidade e, frequentemente, auditorias pontuais às intervenções em obra;
- Definição da forma de controlo das Não Conformidades através do desenvolvimento e acompanhamento de Acções Correctivas e Preventivas.
- Elaboração de Planos da Qualidade, tendo por objectivo localizar e descrever, no ciclo da realização da prestação do serviço, as acções de controlo a efectuar pelo executante, de forma planeada e sistemática.

35

5. Notas finais

- Procurou-se com esta apresentação realçar a importância dos ensaios não destrutivos, "in-situ", no levantamento estrutural e no levantamento de anomalias das construções, indispensáveis para a verificação da segurança estrutural, no caso as acções sísmicas.
- De facto, existe hoje um vasto conjunto de técnicas de ensaio e de métodos de diagnóstico, muitas mostradas na apresentação, que permitem caracterizar, tanto quanto se queira, as construções e o seu desempenho estrutural.
- Procurou-se, igualmente, chamar a atenção para a Qualificação dos agentes intervenientes, devendo dispor de um Sistema de Gestão de Qualidade (NP EN ISO 9001:2008), devidamente implementado, cujo âmbito deverá abranger o tipo de serviço a prestar e que garanta, nomeadamente, a adequada formação dos operadores e a calibração dos equipamentos utilizados.

36

Avaliação do risco de corrosão activa das armaduras através da medição das potencialis eléctricos

37

Obrigado pela V. atenção
www.oz-diagnostico.pt

0z Diagnostico, Levantamento e Controlo de Qualidade em Estruturas

Informação de suporte com recurso a Ensaios Não Destrutivos "in-situ"

apcer TNet