


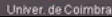



**Qualificação dos agentes e metodologias de
inspecção e ensaio de obras de arte**

Carlos Mesquita, Eng^o. – Oz, Lda/DT

Organização:   Com o apoio de:  




1. INTRODUÇÃO

Inspeções e ensaios na manutenção/conservação

- Boa oferta formativa , comparativamente há uns anos atrás
- Oferta normativa, também, destacando-se nesta área:
 - Fase de projecto:
 - NP EN 206-1: 2007 – Betão. Parte 1: Especificação, desempenho, produção e conformidade
 - NP ENV 13670-1: 2007 – Execução de estruturas em betão
 - Fase de obra:
 - NP EN 1504: 2008 – Produtos e sistemas para a protecção e reparação de estruturas de betão

2




congresso segurança e conservação de pontes Coimbra 29 Junho a 1 Julho 2011

1. INTRODUÇÃO

Inspeções e ensaios na manutenção/conservação

- Competência técnica dos agentes envolvidos por definir
 - NP ENV 13670-1: 2007 – Execução de estruturas em betão
 - A definir no projecto, assim como o plano de inspecção e ensaios
 - NP EN 1504: 2008 – Produtos e sistemas para a protecção e reparação de estruturas de betão
 - Controlo incide maioritariamente nos produtos em fábrica
 - A parte 9 da norma (Princípios gerais para o uso de produtos e sistemas) exige competência dos diferentes agentes, mas sem definir como.
 - A parte 10 da norma (Aplicação de produtos e sistemas e controlo de qualidade da obra) idem. Especifica os ensaios para o controlo de qualidade da obra, mas sem os articular entre si. Remete, também para o projecto as disposições a observar.

3



congresso segurança e conservação de pontes Coimbra 29 Junho a 1 Julho 2011

2. METODOLOGIAS DE INSPECÇÃO E ENSAIO

- 2.1 Levantamento estrutural (exaustivo ou por amostragem)
 - 2.1.1 Levantamento da geometria
 - 2.1.2 Caracterização da secção dos elementos estruturais
 - 2.1.3 Caracterização das propriedades mecânicas
 - 2.1.4 Reconhecimento geotécnico do solo de fundação
- 2.2 Caracterização de pontes com estrutura afectada por corrosão das armaduras
 - 2.2.1 Avaliação sumária da corrosão das armaduras
 - 2.2.2 Medição da intensidade de corrosão das armaduras
- 2.3 Levantamento das anomalias visíveis
 - 2.3.1 Anomalias de índole estrutural
 - 2.3.2 Anomalias de índole não estrutural
- 2.4 Controlo de qualidade de obra nova
- 2.5 Controlo de qualidade de intervenções de reparação ou reforço estrutural
- 2.6 Monitorização de fissuras

4

casco
congresso segurança e conservação de pontes Coimbra 29 Junho a 1 Julho 2011

2.1.1 Levantamento da geometria

- 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

Thickness: 450 mm
Wave Speed: 3950 m/s
Thickness Freq: 4.39 kHz
kHz, Max: 60

5

casco
congresso segurança e conservação de pontes Coimbra 29 Junho a 1 Julho 2011

2.1.2 Caracterização da secção dos elementos estruturais

- Levantamento de armaduras através de georadar (ASTM D6432)

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

1-Cabo Pré-Esforço - Prof. Const.: 0.08m
2-Cabo Pré-Esforço - Prof. Const.: 0.08m

casco
congresso segurança e conservação de pontes Coimbra 29 Junho a 1 Julho 2011

2.1.2 Caracterização da secção dos elementos estruturais

- Observações boroscópicas



Zona de sondagem F2



Dimensões dos tijolos das abóbadas







7

casco
congresso segurança e conservação de pontes Coimbra 29 Junho a 1 Julho 2011

2.1.3 Caracterização das propriedades mecânicas

- Ensaios das alvenarias com macacos planos SFJ (ASTM C1196-09)



Gráfico 1 - Curvas de deformação do ensaio 1



Base	d,i	1,1 bar	2,0 bar	3,0 bar	3,9 bar	d,f
Base 1	-25	-20	-15	-8	0	-25
Base 2	-32	-22	-18	-8	0	-38
Base 3	-35	-25	-18	-10	-2	-35



8



2.1.3 Caracterização das propriedades mecânicas

- Ensaios das alvenarias com macacos planos SFJ (ASTM C1197-09)

Gráfico 23 - Ciclos de carga e descarga do ensaio M2 da ponte sobre o rio Seco - bases 2 e 4




Gráfico 11 - Ciclos de carga e descarga do ensaio M4 - bases 2 e 4



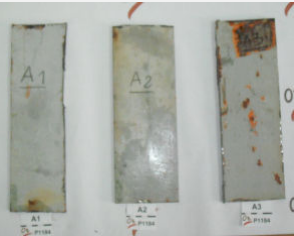


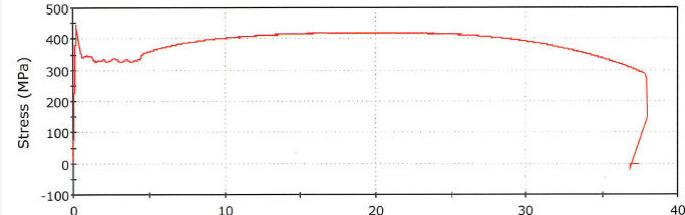

9



2.1.3 Caracterização das propriedades mecânicas

- Ensaios de rotura de amostras de aço (ISO 6892-1:2009)

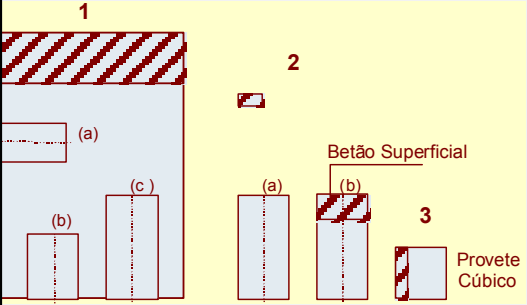
10

casco
congresso segurança e conservação de pontes Coimbra 29 Junho a 1 Julho 2011

2.1.3 Caracterização das propriedades mecânicas

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

Conversão dos resultados segundo a Concrete Society



1
(a) (b) (c)

2
Betão Superficial

3
Provete Cúbico

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

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

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

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

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

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

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

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

casco
congresso segurança e conservação de pontes Coimbra 29 Junho a 1 Julho 2011

2.2.1 Avaliação sumária da corrosão das armaduras (EN1504-9)

- Medição do recobrimento com o pacómetro (BS 1881: Part 204)
- Determinação da profundidade de carbonatação do betão (EN14630-2006)
- Determinação do teor de cloretos do betão (prEN14629-2003)



12

casco
congresso segurança e conservação de pontes Coimbra 29 Junho a 1 Julho 2011

2.2.1 Avaliação sumária da corrosão das armaduras (EN1504-9)

- Medição do recobrimento com o pacómetro (BS 1881: Part 204)
Disposição das malhas de armaduras com valores do recobrimento

Zona 2 - Viga principal

Face inferior: 31, 24, 24, 23, 25, 26, 23, 28, 23, 23, 26, 28, 24, 26, 28, 28

Face lateral: 46, 43, 29, 36, 34, 33, 49, 44, 35, 33, 34, 35

Distâncias: 0,21, 0,22, 0,20, 0,20, 0,16, 0,16, 0,13, 0,03, 0,08, 9,76

13,63 (distância ao girar P4B)

13

casco
congresso segurança e conservação de pontes Coimbra 29 Junho a 1 Julho 2011

2.2.1 Avaliação sumária da corrosão das armaduras (EN1504-9)

- Recobrimento versus profundidade de carbonatação

Frequência acumulada dos valores de recobrimento das armaduras e valor médio da profundidade de carbonatação das carlingas

face lateral — PH lateral - - - face inferior

Solução alcoólica de fenolftaleína

Evolução da profundidade de carbonatação do betão

$x = k \cdot \sqrt{t}$

K1 = 21 — K5 = 32 — K10 = 1,8

casco
congresso segurança e conservação de pontes Coimbra 29 Junho a 1 Julho 2011

2.2.1 Avaliação sumária da corrosão das armaduras (EN1504-9)

- Determinação do teor de cloretos do betão

Gráfico 5 - Perfil do teor de cloretos na zona 1

Profundidade (cm)	% na massa de cimento
0	0,05
1	0,05
2	0,05
3	0,05
4	0,05
5	0,05
6	0,05
7	0,05

Gráfico 3 - estimativa do teor de cloretos na massa de cimento

Profundidade (cm)	% na massa de cimento
0	1,70
1	0,70
2	0,40
3	0,30
4	0,20
5	0,10
6	0,05
7	0,05

Medição com o electrodo de cloretos

15

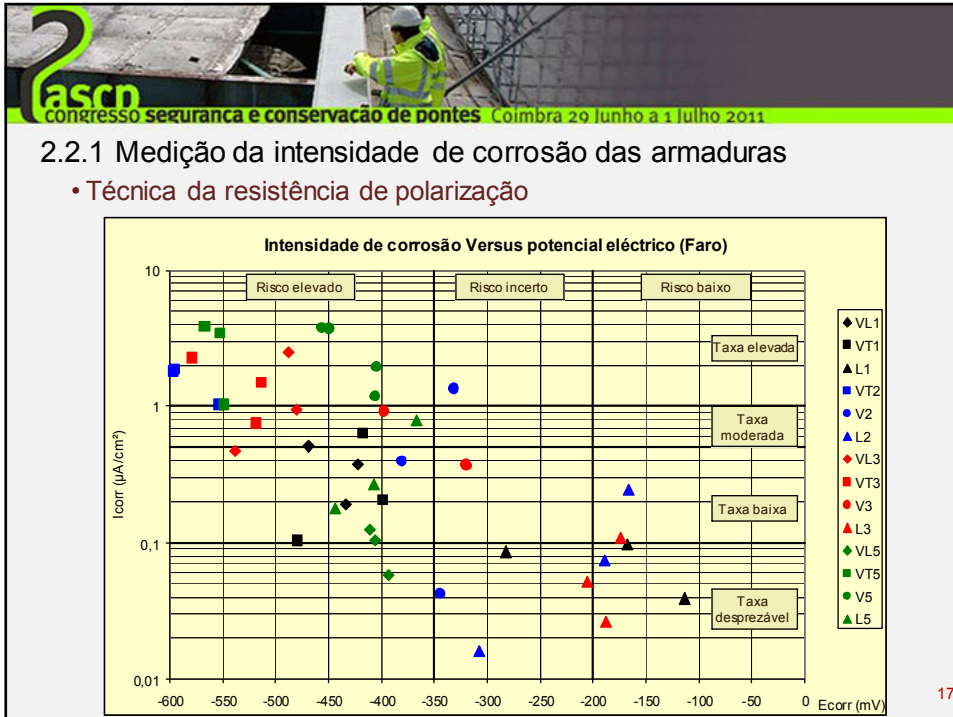
casco
congresso segurança e conservação de pontes Coimbra 29 Junho a 1 Julho 2011

2.2.1 Medição da intensidade de corrosão das armaduras

- Técnica da resistência de polarização

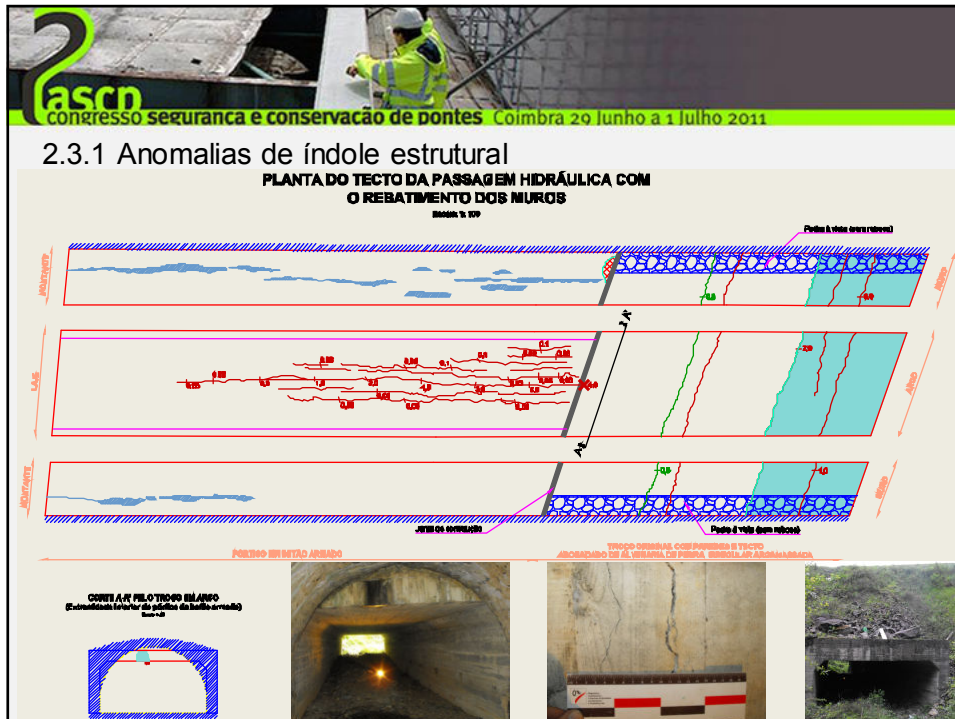
Quadro II - Critério para a avaliação do nível de corrosão através da medição da intensidade de corrosão

Taxa de corrosão ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	Nível de corrosão
$I_{\text{corr}} < 0,1 - 0,2$	Desprezável
$0,1 < I_{\text{corr}} < 0,5$	Baixo a moderado
$0,5 < I_{\text{corr}} < 1$	Moderado a elevado
$I_{\text{corr}} > 1$	Elevado



17





casco congresso segurança e conservação de pontes Coimbra 29 Junho a 1 Julho 2011

2.3.1 Anomalias de índole estrutural

Ponte Filipina sobre o rio Zêzere, Valhelhas, Guarda

Deformação excessiva dum arco obrigou à montagem de escoramento

Ponte Filipina sobre o rio Zêzere, Pedrogão Grande

Deteção tardia de anomalias estruturais (lacunas e fendas da alvenaria) obrigou à adopção de cintagem provisória



2.3.2 Anomalias de índole não estrutural



Corrosão de armaduras





Corrosão de armaduras de pré-esforço

RISCO DE ROTURA FRÁGIL !!!



21



2.3.2 Anomalias de índole não estrutural

Reacções expansivas internas: RAS e RSI








casco
congresso segurança e conservação de pontes Coimbra 29 Junho a 1 Julho 2011

2.4 Controlo de qualidade durante a execução

Resistência do betão
Ensaio esclerométrico (EN12504-2)

Medição do recobrimento (BS 1881: Part 204)

Ensaio de arrancamento (EN1542)

Fig. 11 TYPICAL Strength-Resistance Correlation for Concrete

Fig. 12 TYPICAL Strength-Velocity Correlation for Concrete

23

casco
congresso segurança e conservação de pontes Coimbra 29 Junho a 1 Julho 2011

2.4 Controlo de qualidade durante a execução

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

Fig. 11 TYPICAL Strength-Resistance Correlation for Concrete

Fig. 12 TYPICAL Strength-Velocity Correlation for Concrete

24




congresso segurança e conservação de pontes Coimbra 29 Junho a 1 Julho 2011

3. 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.

25



congresso segurança e conservação de pontes Coimbra 29 Junho a 1 Julho 2011

4. NOTAS FINAIS

- Procurou-se realçar a importância da **inspecção e dos ensaios não destrutivos, "in-situ"**, como suporte para a **tomada de decisão da estratégia das intervenções** de natureza estrutural ou de manutenção e conservação. As **competências** dos diferentes agentes e **disposições técnicas do controlo da execução** deverão ser claramente **especificadas**, em particular ao **nível normativo**, o que, ainda, não acontece.
- Desde há uns anos que existe 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 e funcional**.
- Procurou-se, também, 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.

26



casco
congresso segurança e conservação de pontes Coimbra 29 Junho a 1 Julho 2011

Obrigado pela V. atenção

www.oz-diagnostico.pt

 Diagnóstico, Levantamento e Controlo de Qualidade em Estruturas em Esquadra, Lda
 PME
 apcer 150
 Net