



**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

$\Delta t = 2T / C_p$

Frequency spectrum

$f = \frac{1}{\Delta t}$

$T = C_p / (2f)$

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

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

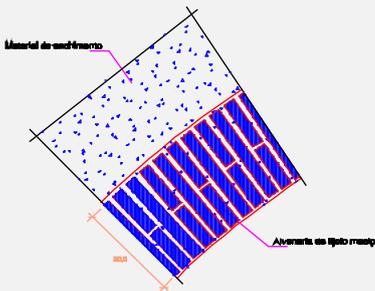
casco
congresso segurança e conservação de pontes Coimbra 29 Junho a 1 Julho 2011

2.1.2 Caracterização da secção dos elementos estruturais

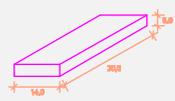
- Observações boroscópicas



Zona de sondagem F2



Dimensões dos tijolos das alvenarias






7

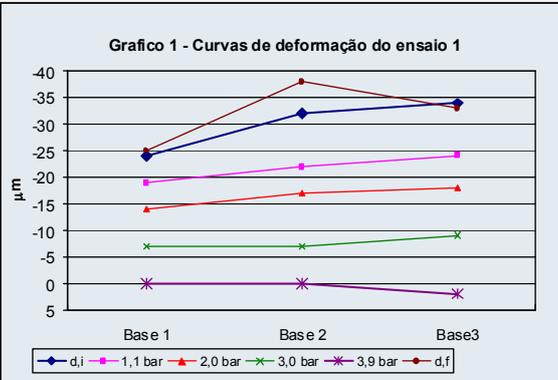
casco
congresso segurança e conservação de pontes Coimbra 29 Junho a 1 Julho 2011

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 (µm)	1,1 bar (µm)	2,0 bar (µm)	3,0 bar (µm)	3,9 bar (µm)	d,f (µm)
Base 1	-25	-20	-15	-8	0	-25
Base 2	-32	-18	-13	-7	0	-32
Base 3	-35	-22	-18	-10	-2	-35

8

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 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



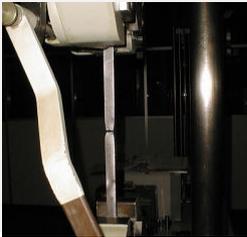

9

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

2.1.3 Caracterização das propriedades mecânicas

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





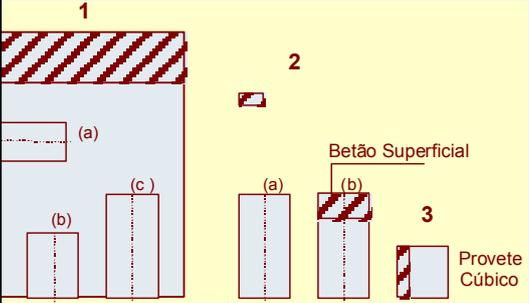
10

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



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

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

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

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

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

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

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

Processamento dos resultados segundo a NP EN 13791-2008

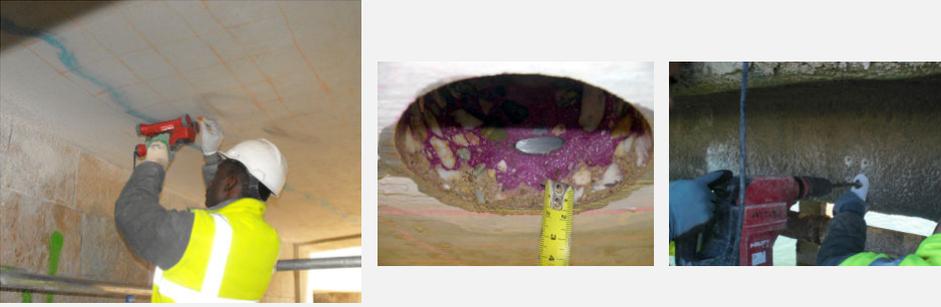
$$f_{ck,is} = f_{m(n),is} - k \quad \text{ou} \quad f_{ck,is} = f_{is,menor} + 4$$

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	Face inferior				Face lateral		
	31	24	24	23	46	43	29
0,16	25	26	23	28	36	34	33
0,21	23	23	26	28	49	44	35
0,16	24	26	28	28	33	34	35

13,63 (distância ao girar P4B)

0,21 0,22 0,20 0,20 0,16 0,16 0,13 0,76

0,03 0,08

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

100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%

0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55

recobrimento (mm)

— face lateral — PH lateral - - - face inferior

Solução alcoólica de fenoftaleína

Evolução da profundidade de carbonatação do concreto

34
32
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

idade - anos

— K1 = 21 — K5 = 32 — K10 = 1,8

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

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

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

Medição com o electrodo de cloretos

15

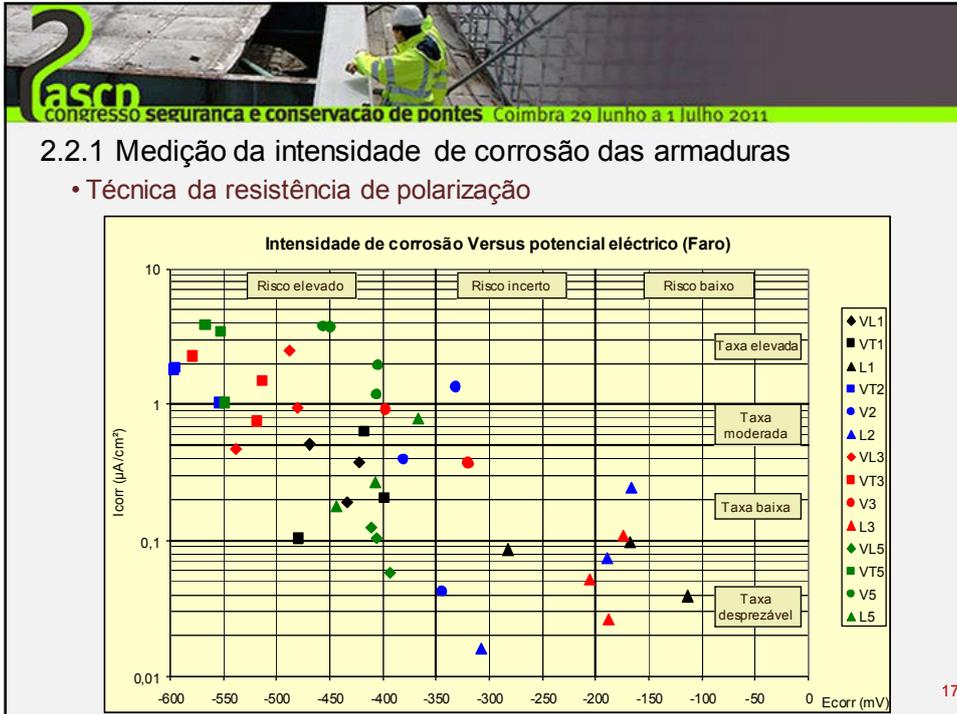
casco
congresso segurança e conservação de pontes Coimbra 29 Junho a 1 Julho 2011

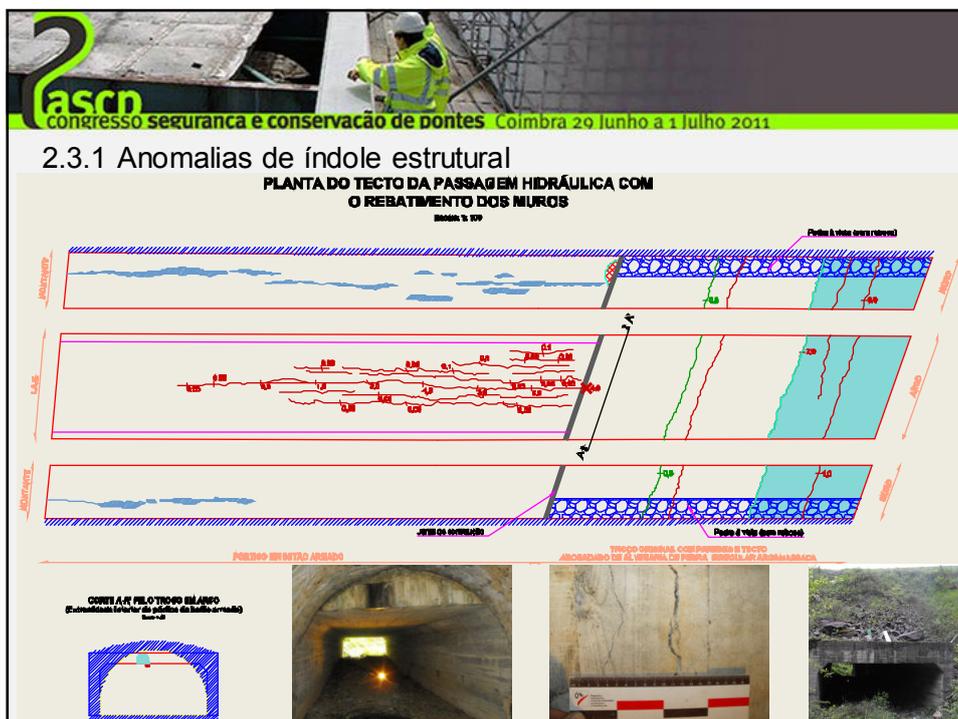
2.2.1 Medição da intensidade de corrosão das armaduras

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





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

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

2.3.2 Anomalias de índole não estrutural



Corrosão de armaduras





Corrosão de armaduras de pré-esforço

RISCO DE ROTURA FRÁGIL !!!



21

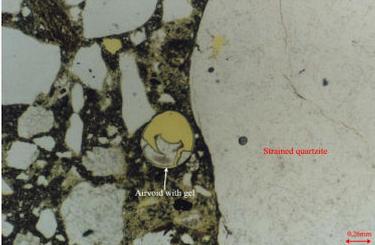
casco
congresso segurança e conservação de pontes Coimbra 29 Junho a 1 Julho 2011

2.3.2 Anomalias de índole não estrutural

Reacções expansivas internas: RAS e RSI





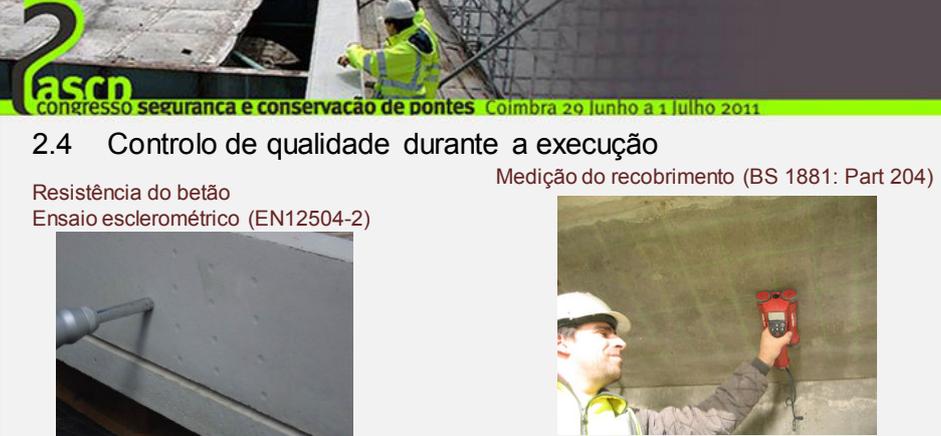
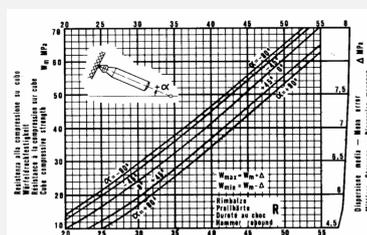
casco
congresso segurança e conservação de pontes Coimbra 29 Junho a 1 Julho 2011

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)

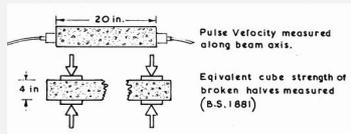

23

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)





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

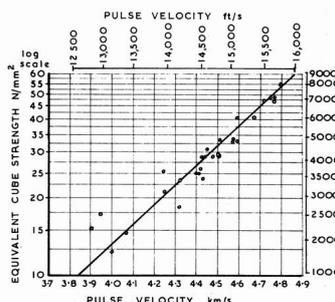


Fig.II TYPICAL Strength-Velocity Correlation for Concrete

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

oz Diagnóstico, Levantamento e Controlo de Qualidade em Estruturas em Esquadra, Lda.   