

# **A especificação LNEC E 464:2016 – O que muda?**

*Arlindo Gonçalves e Manuel Vieira - LNEC*



LABORATÓRIO NACIONAL  
DE ENGENHARIA CIVIL

# ESPECIFICAÇÃO LNEC

Documentação normativa

## BETÕES

**Metodologia prescritiva para uma vida útil de projecto  
de 50 e de 100 anos face às acções ambientais**

E 464 - 2007

CI/SfB

q4:f2 (A)jv

CDU 691.327:691.5(083.74)

ISSN 0870-8592

NOVEMBRO DE 2007

Esta Especificação anula e substitui a Especificação LNEC E 464-2005.

## BÉTON

**Méthodologie prescriptive pour une vie utile de  
projet de 50 et de 100 années sous les actions  
environnementales**

### OBJET

Ce document établit l'aptitude des mélanges de ciment et d'additions et les prescriptions pour le béton des structures avec une vie utile de 50 ou 100 ans. L'aptitude du concept de la performance équivalente est aussi établie.

## CONCRETE

**Prescriptive methodology for a design working  
life of 50 and of 100 years under  
the environmental exposure**

### SCOPE

This document establishes the suitability of cement and additions mixtures and the prescriptions for the concrete of structures with working life of 50 or 100 years. The suitability of the equivalent performance concept is also established.

# Errata 2008

Esta Especificação anula e substitui a Especificação LNEC E 464-2005

## **ERRATA E 464 – 2008**

### **Onde se lê:**

- c) a composição da mistura satisfaça os limites estabelecidos para a composição de um dos cimentos do Quadro 1 da NP EN 197-1 constantes dos Quadros 6 a 9 desta Especificação (no Anexo A apresenta-se o procedimento para o cálculo da composição de misturas);

### **Deverá passar a ler-se:**

- c) a composição da mistura satisfaça os limites estabelecidos para a composição de um dos cimentos do Quadro 1 da NP EN 197-1 constantes dos Quadros 6 a 9 desta Especificação (no Anexo A apresenta-se o procedimento para o cálculo da composição de misturas), bem como o requisito de **pozolanicidade** quando aplicável.

# Índice

1 – Objecto  
2 – Referências normativas  
3 – Aptidão dos cimentos, adições e misturas como constituintes do betão  
4 – A degradação do betão e as classes de exposição ambiental  
5 – Prescrições quanto à composição e classe de resistência do betão para considerar a durabilidade  
6 – Combinação de classes de exposição  
7 – Enquadramento geral da estima do tempo de vida útil de projecto do betão armado  
8 – Aptidão do conceito de desempenho equivalente dum betão  
Anexo A: Misturas de cimentos e adições. Metodologia exemplificativa  
Anexo B: Os recobrimentos do betão armado e pré-esforçado

## Preâmbulo

1 – Objecto  
2 – Referências normativas  
3 – A degradação do betão e as classes de exposição ambiental  
4 – Combinações de classes de exposição  
5 – Prescrições quanto à composição e classe de resistência do betão utilizando cimentos correntes para considerar a durabilidade  
6 – Utilização de adições como constituintes do betão relativamente à dosagem de cimento e da razão A/C  
7 – Conceito de desempenho equivalente do betão  
8 – Enquadramento geral da garantia do tempo de vida útil de projecto das estruturas de betão armado e pré-esforçado  
Anexo A: Misturas de cimentos e adições. Metodologia exemplificativa  
Anexo B: Os recobrimentos do betão armado e pré-esforçado

# Alterações

- Preâmbulo (novo)
- Classes de exposição ambiental
- Combinações de classes de exposição
- Cimentos resistentes aos sulfatos
- Uso de adições e pozolanas
- Conceito de desempenho equivalente do betão

# Preâmbulo

- A última versão é de 2007
- O Preâmbulo destina-se a identificar as alterações agora introduzidas, seguindo a regra do CEN para a revisão das normas

# Classes de exposição ambiental

- Ataque químico
  - Classificação da água do mar (XA1)
  - Introdução da classificação da ação dos gases
- Gelo degelo
  - Descrição mais pormenorizada dos ambientes
  - Novas opções de exigências de composição

## (Novo) Quadro 6 – Classes de agressividade química por ação dos gases em meio húmido na presença de oxigénio

§ 5 - A degradação do betão e as classes de exposição ambiental

<b>CLASSE</b>	<b>SO<sub>2</sub> (EN 14791, mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>H<sub>2</sub>S (EN ISO 19739, mg/m<sup>3</sup>)</b>
<b>XA1</b>	≥ 0,15 e ≤ 0,5	< 0,1
<b>XA2</b>	> 0,5 e ≤ 10	≥ 0,1 e ≤ 10
<b>XA3</b>	> 10 e ≤ 200	> 10 e ≤ 200



# Combinações de classes de exposição

## § 4 (anterior § 6)

- Anterior Quadro 6

**Quadro 7 – Combinações de classes de exposição**

<b>XC2 com:</b>	XD2
	XS2 + ataque da água do mar (XA1)
	XF1
	XA1, XA2 ou XA3
<b>XC3 ou XC4 com :</b>	XF1
	XD1+ XF2
	XS1
	XD3
	XS3+ ataque da água do mar (XA1)
<b>XC4 com:</b>	XA1, XA2 ou XA3
<b>XS2 ou XS3 com:</b>	<b>XA1</b>

# Gelo / Degelo (§ 5 )

CLASSE	DESCRIÇÃO DO AMBIENTE	EXEMPLOS INFORMATIVOS
<b>XF1</b>	<b>Reduzido</b> número de ciclos de gelo/degelo, sem produtos descongelantes	<b>Ocorrência no máximo de 2 dias por ano em que se tenham atingido temperaturas inferiores a -5°C, com base na média dos registos dos últimos 30 anos.</b> Betão em superfícies <del>verticais</del> expostas à chuva e ao gelo. <del>Betão em superfícies não verticais, não muito saturadas, mas expostas à chuva ou gelo.</del>
<b>XF2</b>	Moderado número de ciclos de gelo/degelo, com produtos descongelantes	<b>Ocorrência em menos de 10 dias por ano de temperaturas entre -5°C e -10°C, com base na média dos registos dos últimos 30 anos.</b> Betão, tal como nas pontes, classificável como XF1, mas exposto, <b>direta ou indiretamente</b> , a sais descongelantes <b>aplicados em menos de 30 dias por ano, contabilizados pela média dos últimos 10 anos.</b>

*A classe XF2 só deverá ser seleccionada em conjunto com a classe XD1, verificando-se no nosso país apenas a cotas superiores a 800 m e em pilares/encontros ou faces superiores de tabuleiros de PI.*

*Abaixo da cota 600 m não há registo que permita a classificação ao ataque por gelo-degelo*

## Quadro 10 – Limites da composição e da classe de resistência do betão sob acção do gelo/degelo, para uma vida útil de 50 anos (anterior Quadro 9)

Tipo de cimento	CEM I (Referência); CEM II/A <sup>(1)</sup>			CEM II/B <sup>(1)</sup> ; CEM III; CEM IV <sup>(2)</sup> ; CEM V <sup>(2)</sup>		
	XF1	XF2		XF1	XF2 <sup>(3)</sup>	
Máxima razão água/cimento	0,60	<b>0,50</b>	0,55	0,55	<b>0,45</b>	0,50
Mínima dosagem de cimento, C (kg/m <sup>3</sup> )	280	<b>320</b>	<b>300</b>	300	<b>340</b>	<b>320</b>
Mínima classe de resistência	C30/37	<b>C35/45</b>	<b>C30/37</b>	C30/37	<b>C35/45</b>	C30/37
	LC30/33	<b>LC 35/38</b>	<b>LC30/33</b>	LC30/33	<b>LC 35/38</b>	LC30/33
Teor mínimo de ar (%)	_____	_____	4,0	_____	_____	4,0

<sup>(1)</sup> Não aplicável aos cimentos II/A-P, II/A-T e II/A-W e aos cimentos II/B-L, II/B-T e II/B-W, respectivamente.

<sup>(2)</sup> Apenas para a classe de exposição XF1 . Não aplicável aos cimentos com percentagem inferior a 50% de clínquer portland, em massa.

<sup>(3)</sup> Os cimentos CEM II/B-P ou Q e CEM III-C não devem ser utilizados nesta classe de exposição.

# Cimentos resistentes aos sulfatos

Tipos principais	Notação dos 7 produtos (tipos de cimentos correntes resistentes aos sulfatos)		Composição (percentagem em massa <sup>a)</sup> )				
			Constituintes principais				Constituintes adicionais minoritários
			Clinquer K	Escória de alto-forno S	Pozolana natural P	Cinza volante siliciosa V	
CEM I	Cimento Portland resistente aos sulfatos	CEM I-SR 0 CEM I-SR 3 CEM I-SR 5	95 – 100	-	-	-	0 – 5
CEM III	Cimento de alto-forno resistente aos sulfatos	CEM III/B-SR	20 – 34	66 – 80	-	-	0 – 5
		CEM III/C-SR	5 – 19	81 – 95	-	-	0 – 5
CEM IV	Cimento pozolânico resistente aos sulfatos <sup>b)</sup>	CEM IV/A-SR	65 – 79	-	< ----- 21 – 35 ----- >		0 – 5
		CEM IV/B-SR	45 – 64	-	< ----- 36 – 55 ----- >		0 – 5

<sup>a)</sup> Os valores do Quadro referem-se à soma dos constituintes principais com os adicionais minoritários.

<sup>b)</sup> Nos cimentos pozolânicos resistentes aos sulfatos, tipos CEM IV/A-SR e CEM IV/B-SR, os constituintes principais, exceto o clínquer, devem ser declarados na designação do cimento (ver exemplos na secção 8).

# Exigências adicionais de cimentos resistentes aos sulfatos

Propriedade	Método de ensaio	Tipo de cimento	Classe de resistência	Requisitos <sup>a)</sup>
Teor de sulfatos (em SO <sub>3</sub> )	EN 196-2 <sup>*)</sup>	CEM I-SR 0 CEM I-SR 3 CEM I-SR 5 <sup>b)</sup>	32,5 N 32,5 R 42,5 N	≤ 3,0 %
		CEM IV/A-SR CEM IV/B-SR	42,5 R 52,5 N 52,5 R	≤ 3,5 %
C <sub>3</sub> A no clinker <sup>c)</sup>	EN 196-2 <sup>*) d)</sup>	CEM I-SR 0	Todas	= 0 %
		CEM I-SR 3		≤ 3 %
		CEM I-SR 5		≤ 5 %
	- <sup>e)</sup>	CEM IV/A-SR CEM IV/B-SR		≤ 9 %
Pozolanicidade	EN 196-5 <sup>*)</sup>	CEM IV/A-SR CEM IV/B-SR	Todas	Satisfaz o ensaio aos 8 d

a) Os requisitos são indicados em percentagem em massa do clinker do cimento como produto final, como definido neste Quadro.

b) Para aplicações específicas, os cimentos CEM I-SR 5 poderão ser produzidos com um teor de sulfatos maior. Neste caso, o valor numérico deste teor deve ser declarado na embalagem ou na guia de remessa.

c) O método de ensaio para a determinação do teor de C<sub>3</sub>A do clínquer do produto final está em desenvolvimento no CEN/TC 51.

d) No caso específico do CEM I, é permitido calcular o teor de C<sub>3</sub>A do clínquer a partir da análise química do cimento. O teor de C<sub>3</sub>A deve ser calculado pela equação:  $C_3A = 2,65 A - 1,69 F$  (ver 5.2.1).

e) Até o método de ensaio estar finalizado, o teor de C<sub>3</sub>A do clínquer (ver 5.2.1) deve ser determinado com base na análise do clínquer como parte do Controlo da Produção em fábrica do produtor (EN 197-2:2000<sup>\*)</sup>, 4.2.1.2).

# Quadro 12 – Cimentos correntes resistentes aos sulfatos

## § 5.3 Prescrições complementares

<b>Classes XA</b>	<b>XA2</b>	<b>XA3</b>
<b>Cimentos resistentes aos sulfatos</b>	<b>CEM I-SR5</b> <b>CEM III/B-SR</b> <b>CEM IV/A-SR</b>	<b>CEM I SR0 ou SR3</b> <b>CEM III/C-SR</b> <b>CEM IV/B-SR</b>

# Outros cimentos resistentes aos sulfatos

Portugal	NP EN 206-1	II/A-L, II/A-LL, II/A-M, II/A-S, II/B-S, II/A-D, II/A-P, II/B-P, II/A-V, II/B-V
		III/A
		IV/A, IV/B
		V/A, V/B

Quadro 13 – Composição do clínquer de outros cimentos considerados como resistentes aos sulfatos

Tipo de cimento		CEM II/A-L ou LL	CEM II/S CEM II/D CEM II/P CEM II/V	CEM III/A CEM V/A
Teor de $C_3A$	XA2	$\leq 5\%$	$\leq 7\%$	$\leq 9\%$
	XA3	$\leq 3\%$	$\leq 5\%$	$\leq 7\%$
Teor de ( $2x C_3A + C_4AF$ )		$\leq 20\%$		$\leq 25\%$

# Desempenho equivalente das misturas

## Uso de adições tipo II

- Secção § 6.1.1, b) (alterando anterior § 3 b)
- As adições sejam ou do tipo I de origem calcária, satisfazendo a Especificação LNEC E 466, ou do tipo II, satisfazendo a
  - NP EN 450-1 (cinzas volantes)
  - NP EN 15167-1 (escória)
  - NP EN 13263-1 (sílica de fumo)



# Baixo calor de hidratação

Esta Especificação anula e substitui a Especificação LNEC E 464-2005

## ERRATA E 464 – 2008

### Onde se lê:

- c) a composição da mistura satisfaça os limites estabelecidos para a composição de um dos cimentos do Quadro 1 da NP EN 197-1 constantes dos Quadros 6 a 9 desta Especificação (no Anexo A apresenta-se o procedimento para o cálculo da composição de misturas);

### Deverá passar a ler-se:

- c) a composição da mistura satisfaça os limites estabelecidos para a composição de um dos cimentos do Quadro 1 da NP EN 197-1 constantes dos Quadros 6 a 9 desta Especificação (no Anexo A apresenta-se o procedimento para o cálculo da composição de misturas), bem como o requisito de pozolanicidade quando aplicável.

ou de baixo calor de hidratação  
Sulfatos??

# Desempenho equivalente das misturas

## Uso de mais do que um cimento

- Seguindo a abordagem usada para o cálculo das misturas, será prevista a utilização de mais do que um cimento

# Uso de pozolanas

- A NP 4220 permite várias classes de pozolanicidade

Classes de pozolanicidade	Ligante da argamassa normal	
	cimento de referência (% em massa )	pozolana (% em massa)
POZ 90/10	90	10
POZ 85/15	85	15
POZ 80/20	80	20
POZ 75/25	75	25
POZ 70/30	70	30
POZ 65/35	65	35
POZ 60/40	60	40

# Uso de pozolanas

- Anexo Nacional da NP EN 206
  - As pozolanas satisfazendo a NP 4220 podem ser consideradas na composição do betão conforme com NP EN 206, relativamente à dosagem de cimento e à razão água/cimento, se tal for estabelecido através de um Documento de Aplicação a elaborar pelo LNEC.

## Conceito de desempenho equivalente do betão (nova secção §7)

- Este conceito permite aplicar uma composição não respeitando os limites indicados para as classes XC e XD/XS
  - garantindo pelo menos a durabilidade assegurada prescritivamente pelos cimentos correntes CEM
- Utilizar de cimentos conformes com a NP EN 197-1 não indicados nos Quadros 8 a 11
- Utilizar pozolanas ou outras adições sem aptidão estabelecida

# Conceito de desempenho equivalente do betão

Os resultados obtidos numa composição de referência são comparados com os correspondentes valores da composição de estudo

**Quadro 14 – Propriedades, métodos e provetes de ensaio**

Classe de exposição	Propriedades a determinar	Métodos de ensaio	Número e tipo de provetes (mm)
XC1 XC2 XC3 XC4	Carbonatação acelerada	LNEC E 391	1 provete 150x150x600
	Permeabilidade ao oxigénio	LNEC E 392	3 provetes $\phi$ 150; h= 50
	Resistência à compressão	NP EN 12390-3	3 provetes de 150x150x150
	Coef. de difusão dos cloretos	LNEC E 463	2 provetes $\phi$ 100; h= 50
XS1/XD1 XS2/XD2 XS3/XD3	Absorção capilar	LNEC E 393	3 provetes $\phi$ 150; h= 50
	Resistência à compressão	NP EN 12390-3	3 provetes de 150x150x150

# Conceito de desempenho equivalente do betão

- Atribuições (nova §7.7)
  - O LNEC estabelece o ligante de referência e realiza os ensaios.
  - O produtor é autorizado a usar o conceito de desempenho equivalente do betão quando possuir o controlo da sua produção certificado ou quando o seu sistema de gestão da qualidade da produção de betão estiver certificado de acordo com a ISO 9001.
  - O produtor deve elaborar um documento de garantia da qualidade do betão equivalente, onde estabelece o procedimento de manutenção da qualidade do betão e as medidas correctivas a implementar quando necessário.

Grato pela atenção

[arlindo@Inec.pt](mailto:arlindo@Inec.pt)

[mvieira@Inec.pt](mailto:mvieira@Inec.pt)