

# **EUROCÓDIGO 8**

## **EDIFÍCIOS DE BETÃO ARMADO**

**E CANSADO CARVALHO**  
Chairman do CEN/TC250/SC8  
Coordenador do GT EC8



# EN1998-1 – Edifícios de Betão Armado

## Tipos de Estruturas

- a) Porticadas
- b) Mistas
- c) Paredes dúcteis (acopladas ou não)
- d) Paredes de grandes dimensões fracamente armadas
- e) Pêndulo invertido
- f) Flexível à torção

*Alarga a classificação do REBAP*



## EN1998-1 – Edifícios de Betão Armado

5.1.1(2)P *Os edifícios de betão com **lajes fungiformes** utilizadas como elementos sísmicos primários não estão totalmente abrangidos pela Secção 5.*

Nota no Anexo Nacional (NP EN1998-1):

- Não se considera que exista uma exclusão de utilização mas recomenda-se prudência.
- O comportamento sísmico não está totalmente esclarecido mas as lajes fungiformes não têm grande capacidade de dissipação.
- Recomenda-se que sejam associadas a outros elementos (paredes ou pórticos) para absorção das forças sísmicas.
- Em zonas de baixa sismicidade admite-se a utilização destas lajes como elementos sísmicos primários em estruturas DCL com  $q = 1,5$ . Devem ser avaliados cuidadosamente os deslocamentos e os efeitos de 2ª ordem.

*O REBAP também não inclui este tipo de estruturas*



# EN1998-1 – Edifícios de Betão Armado

## Classes de Ductilidade

- DCL – Classe de Ductilidade Baixa
  - Comportamento essencialmente linear, tendo em conta as sobre-resistências
- DCM – Classe de Ductilidade Média
- DCH – Classe de Ductilidade Alta
  - Comportamento não-linear com capacidade de dissipação histerética de energia sem ocorrência de roturas frágeis

*O objectivo das Classes DCM e DCH é o de controlar a resposta sísmica não-linear.*

# NP EN1998-1 – Classes de Ductilidade

- DCL – Classe de Ductilidade Baixa
  - Aplicação das regras gerais da EN1992-1-1
  - Utilização de aço da Classe B ou C (EN1992-1-)
  - Coeficiente de comportamento  $q \leq 1,5$  (reflecte as sobrerresistências sempre presentes nas estruturas)
  - Recomendada (na EN1998-1) apenas para situações de baixa sismicidade

# NP EN1998-1 – Classes de Ductilidade

Nota no Anexo Nacional (NP EN1998-1):

- **Equivalência** das classes de ductilidade quanto a segurança sísmica
- Admite-se a utilização de **DCL** para além das situações de baixa sismicidade em **edifícios regulares** e até **Classe de Importância II**
- Manter os coeficientes de comportamento mas recomenda-se a **adopção de disposições construtivas** de outras Classes **tendentes a aumentar a ductilidade**
- **DCM e DCH** sem restrições de utilização mas recomenda-se um **controlo de execução que garanta o cumprimento do projecto** (que pressupõe um comportamento sísmico não linear com elevada dissipação de energia)



## EN1998-1 – Edifícios de Betão Armado

### Condições para os materiais nos elementos sísmicos primários

<b>Classe de Ductilidade</b>	<b>DC L</b>	<b>DC M</b>	<b>DC H</b>
Classe do betão	Sem limite	$\geq$ C16/20	$\geq$ C16/20
Classe do aço (EN 1992-1-1)	B ou C	B ou C	C
Varões longitudinais		Nervurados	Nervurados
Sobre-resistência do aço	Sem limite	Sem limite	$f_{yk,0,95} \leq 1,25 f_{yk}$

## EN1998-1 – Edifícios de Betão Armado

Coeficientes de comportamento (val. **básico**  $q_0$ )

Tipo estrutural	DCM	DCH
Porticado, Misto, Paredes acopladas	$3,0 \alpha_u / \alpha_1$	$4,5 \alpha_u / \alpha_1$
Paredes não acopladas	3,0	$4,0 \alpha_u / \alpha_1$
Flexível à torção	2,0	3,0
Pêndulo invertido	1,5	2,0

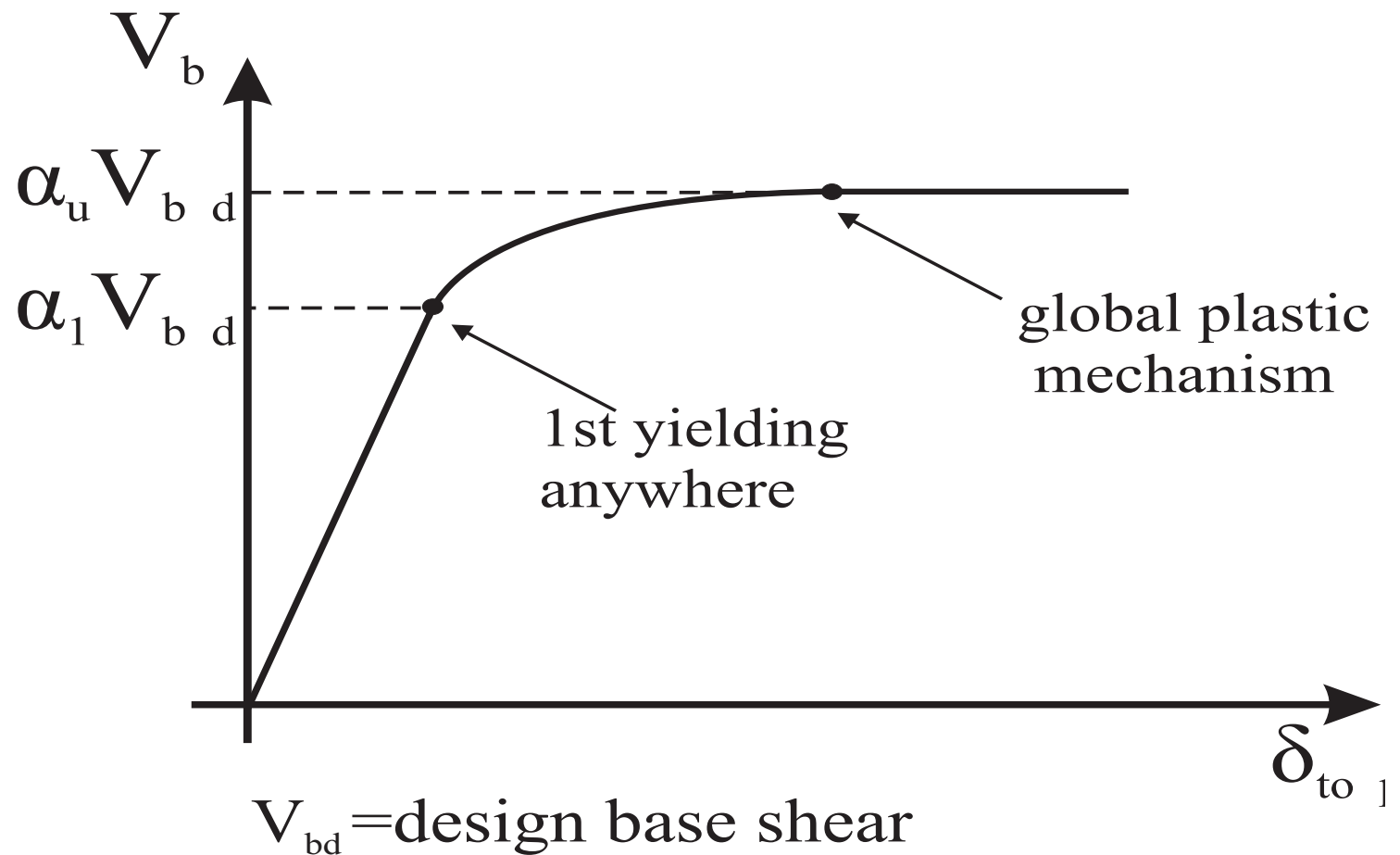
# EN1998-1 – Edifícios de Betão Armado

## Coeficientes de comportamento (cont.)

- $q = q_0$  (em geral)
- $q = q_0 k_w \geq 1,5$  (em paredes e sistemas flexíveis à torção)  
 $k_w = (1 + \alpha_0) / 3 \leq 1$   
 $\alpha_0 = \Sigma h_{wi} / \Sigma l_{wi}$  (esbelteza predominante)
- Em estruturas irregulares reduzir  $q_0$  20 %
- Efeito da redundância e da sobrerresistência  
(factor  $\alpha_u / \alpha_1$ )

# EN1998-1 – Edifícios de Betão Armado

Factor  $\alpha_u/\alpha_1 \leq 1,5$



# EN1998-1 – Edifícios de Betão Armado

Valores por defeito de  $\alpha_u/\alpha_1$  para edifícios:

## Sistemas porticados

- Um só piso:  $\alpha_u/\alpha_1 = 1,1$
- Vários pisos, um só tramo:  $\alpha_u/\alpha_1 = 1,2$
- Vários pisos, vários tramos:  $\alpha_u/\alpha_1 = 1,3$

## Sistemas de paredes

- Apenas duas paredes não acopladas:  $\alpha_u/\alpha_1 = 1,0$
- Outras paredes não acopladas:  $\alpha_u/\alpha_1 = 1,1$
- Sistemas mistos e paredes acopladas:  $\alpha_u/\alpha_1 = 1,2$

## EN1998-1 – Verificação de segurança

Estado Limite Último:  $E_d \leq R_d$

$E_d$  – Valor de cálculo do efeito da acção na situação sísmica (incluindo efeitos de 2ª ordem, “capacity design” e coeficientes de sobrerresistência)

$R_d$  – Valor da resistência de cálculo de acordo com a EN 1992-1-1 e do capítulo 5 da EN 1998-1 quando diferente. Coeficientes parciais dos materiais  $\gamma_c$  e  $\gamma_s$  iguais aos indicados na NP EN1992-1-1 para situações persistentes e transitórias.

*Solução igual à do REBAP*

# EN1998-1 – Edifícios de Betão Armado

Esforços para dimensionamento

## DCL – Classe de Ductilidade Baixa

- Dimensionamento de acordo com os esforços resultantes da análise estrutural
- Aplicação genérica do Eurocódigo 2

*Semelhante a REBAP para Ductilidade Normal mas coeficientes de comportamento menores*

# EN1998-1 – Edifícios de Betão Armado

Esforços para dimensionamento

## DCM – Classe de Ductilidade Média

- “Capacity Design” para Esforço Transverso em Vigas e Pilares.
- Esforço Transverso em Paredes aumentado 50%.
- Esforço Transverso em Paredes de Grandes Dimensões Fracamente Armadas corrigido em função de  $q$ .

*Semelhante a REBAP para Ductilidade Melhorada mas coeficientes de comportamento maiores*

# EN1998-1 – Edifícios de Betão Armado

Esforços para dimensionamento

## DCH – Classe de Ductilidade Alta

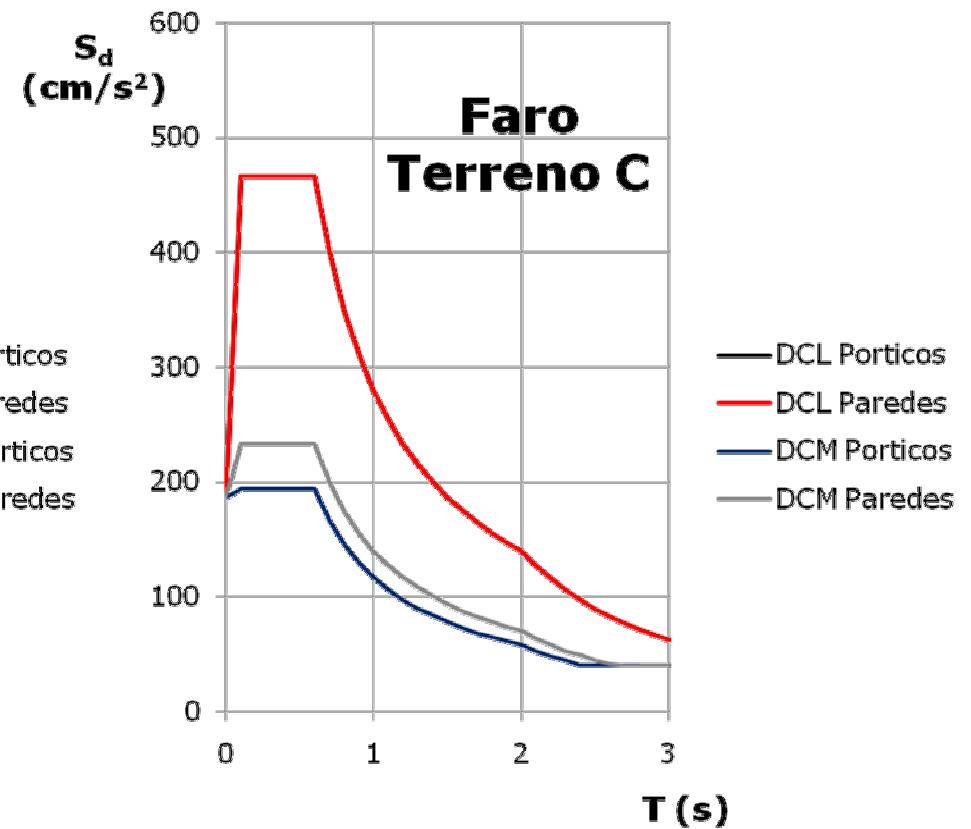
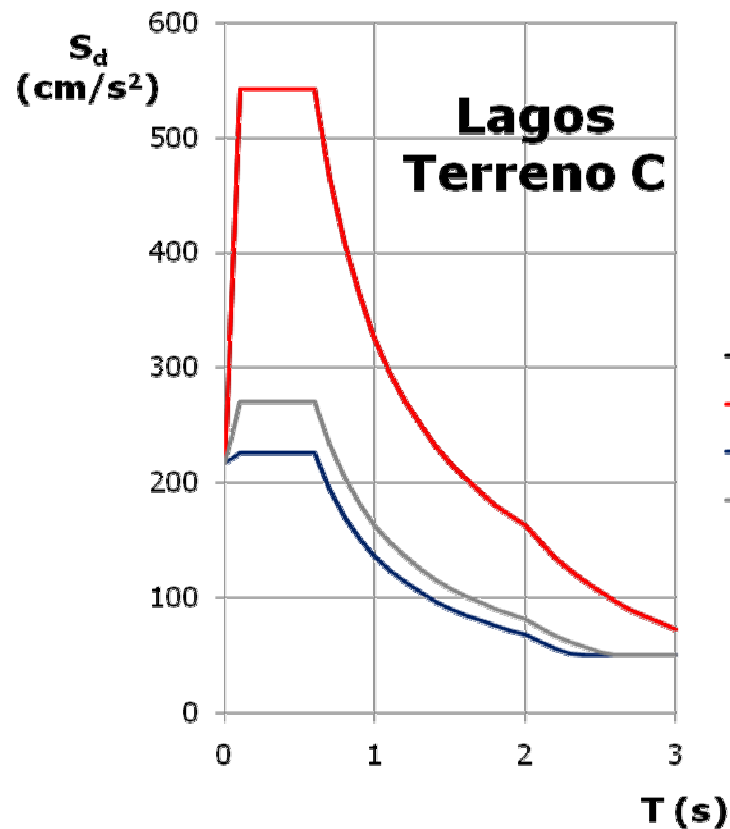
- “Capacity Design” para Esforço Transverso em Vigas, Pilares, Nós viga-pilar e Paredes.
- Disposições especiais para Paredes compactas
- Não aplicável a Paredes de Grandes Dimensões fracamente Armadas.

*Não tem equivalente no REBAP*

# EN1998-1 – Edifícios de Betão Armado

Espectros de cálculo

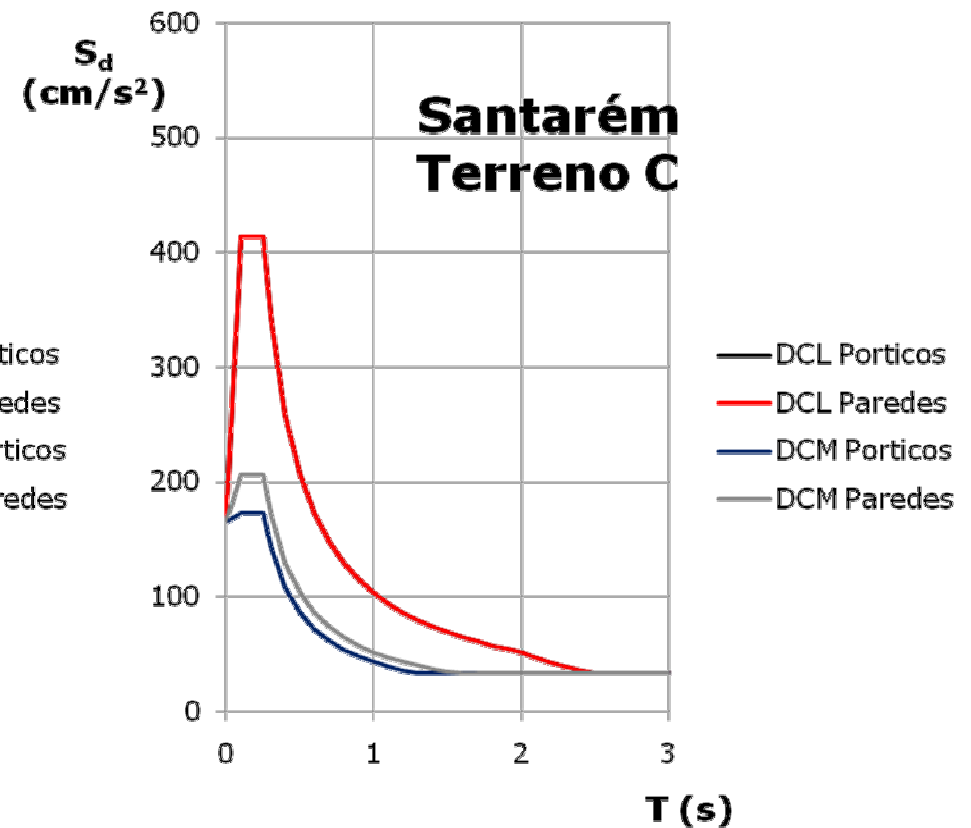
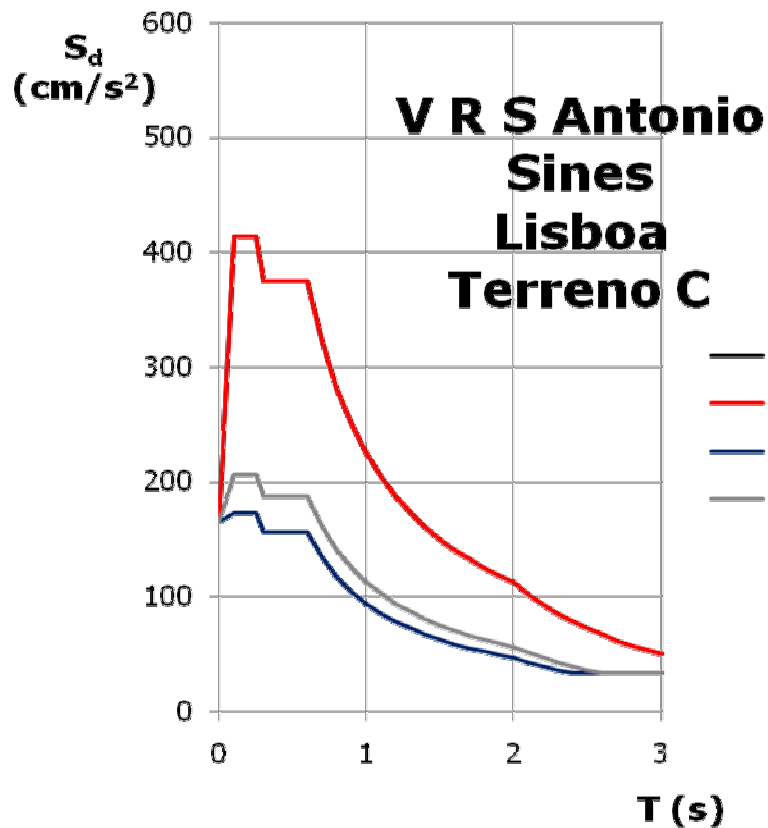
Betão Armado, Terreno C, DCL e DCM)



# EN1998-1 – Edifícios de Betão Armado

Espectros de cálculo

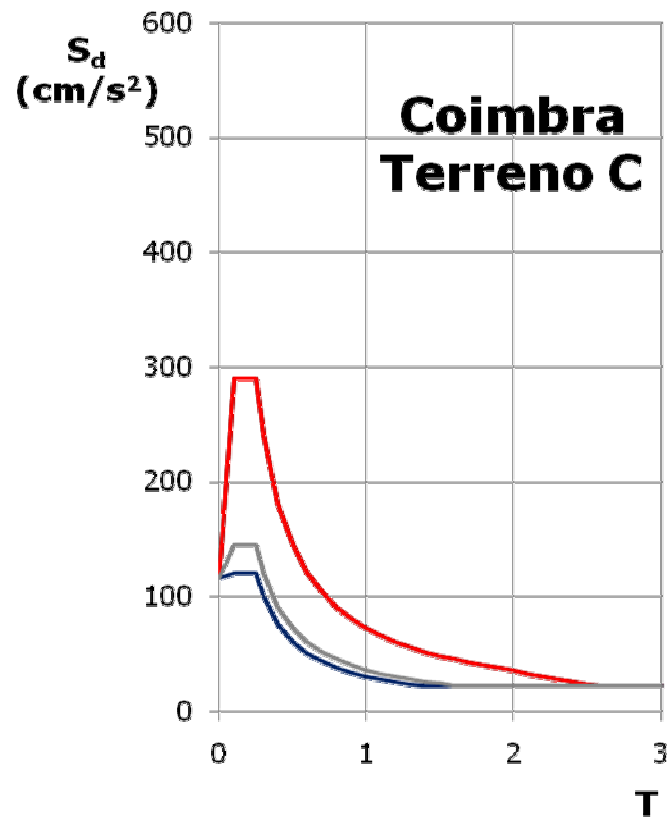
Betão Armado, Terreno C, DCL e DCM)



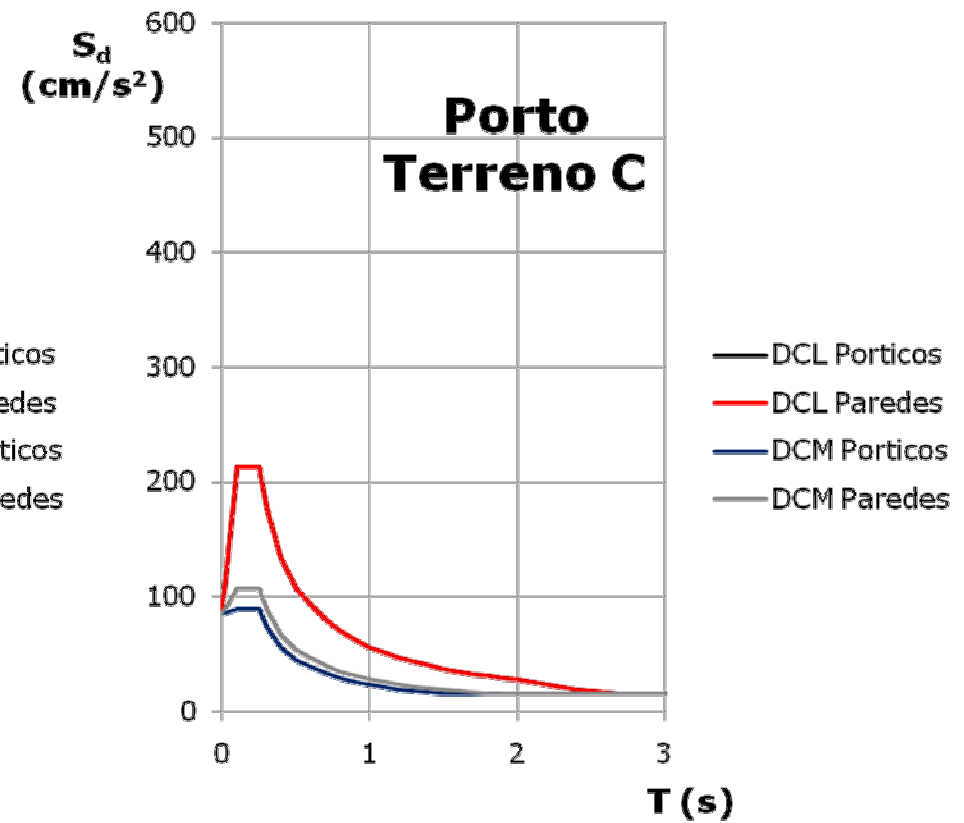
# EN1998-1 – Edifícios de Betão Armado

Espectros de cálculo

Betão Armado, Terreno C, DCL e DCM)



— DCL Porticos  
— DCL Paredes  
— DCM Porticos  
— DCM Paredes

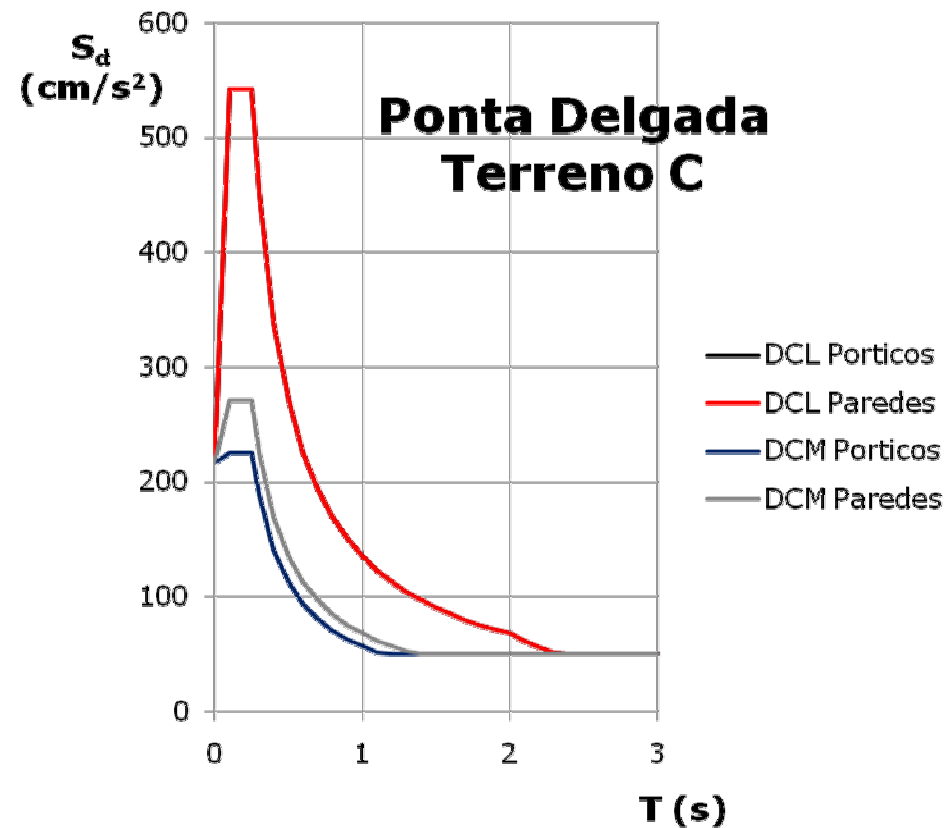


— DCL Porticos  
— DCL Paredes  
— DCM Porticos  
— DCM Paredes

# EN1998-1 – Edifícios de Betão Armado

Espectros de cálculo

Betão Armado, Terreno C, DCL e DCM)



# **Seismic Design, Assessment and Retrofitting of Concrete Buildings**

Michael N. Fardis

Springer Science+Business Media B. V., 2009

Muito obrigado