



Eurocódigo 8 – Parte 5

Fundações, estruturas de suporte e aspectos geotécnicos

Rui Correia
LNEC



Sumário

- Preâmbulo e Secção 1: Generalidades
- Secção 2: Acção sísmica
- Secção 3: Propriedades do terreno
- Secção 4: Requisitos relativos à escolha do local e aos terrenos de fundação
- Secção 5: Sistema de fundação
- Secção 6: Interacção solo-estrutura
- Secção 7: Estruturas de suporte de terras
- Anexos A a F
- Anexo nacional
- Conclusão



Preâmbulo e Secção 1: Generalidades

Objectivo e campo de aplicação

- *Esta Norma estabelece os requisitos, os critérios e as regras relativos à escolha do local e ao terreno de fundação no que se refere à resistência aos sismos das estruturas*
- *Contempla o projecto de diferentes sistemas de fundação, o projecto de estruturas de suporte de terras e a interacção solo-estrutura sob o efeito das acções sísmicas*
- *Complementa, assim, o EC 7, que não trata dos requisitos especiais do projecto sísmico*
- *Aplica-se a edifícios, pontes, torres, mastros e chaminés, silos, reservatórios e condutas*

Do preâmbulo

- *Devido à combinação das incertezas nas acções sísmicas e das propriedades dos terrenos, a presente Norma poderá não contemplar em detalhe todas as situações possíveis de projecto e o seu bom uso poderá requerer um juízo e uma experiência de engenharia especializados*



Secção 2: Acção sísmica

Representação temporal

- *No caso de se efectuarem análises temporais, poderão utilizar-se tanto acelerogramas artificiais como registos sísmicos. O seu valor de pico e o seu conteúdo de frequências devem estar de acordo com o especificado na EN 1998-1:2004, 3.2.3.1*
- *Em verificações de estabilidade dinâmica envolvendo cálculos de deformações permanentes do terreno, a excitação deverá consistir, de preferência, em acelerogramas registados em locais com terreno de solo durante sismos reais, já que têm um conteúdo realista nas baixas frequências e uma correlação temporal correcta entre as componentes horizontais e vertical do movimento. A duração dos movimentos fortes deverá ser escolhida de acordo com a EN 1998-1:2004, 3.2.3.1*



Secção 2: Acção sísmica

Combinações de acções para situações sísmicas

$$E_d = E\{G_{k,j}; P; A_{Ed}; \psi_{2,i}Q_{k,i}\} \quad j \geq 1; i \geq 1$$

Combinações de acções para situações persistentes ou transitórias

$$E_d = E\{\gamma_{G,j}G_{k,j}; \gamma_P P; \gamma_{Q,1}Q_{k,1}; \gamma_{Q,i}\psi_{0,i}Q_{k,i}\} \quad j \geq 1; i > 1$$



Secção 2: Acção sísmica

Valores dos coeficientes parciais para as acções (γ_F) na verificação de estados limites últimos STR/GEO

Acções	Situações sísmicas (*)		Situações persistentes ou transitórias (AC 1)	
	Valores recomendados	Valores adoptados	Comb. 1	Comb. 2
Permanentes favoráveis	1,0	1,0	1,0	1,0
Permanentes desfavoráveis	1,0	1,0	1,35	1,0
Variáveis desfavoráveis	1,0	1,0	1,5	1,3

(*) Em situações sísmicas não há abordagens de cálculo distintas



Secção 3: Propriedades do terreno

Parâmetros de resistência de solos

- *Em geral, pode-se utilizar os parâmetros de resistência do solo aplicáveis em condições estáticas não drenadas:*
 - » *para solos coerentes, a resistência ao corte não drenada, c_u , ajustada em função da velocidade do carregamento e dos efeitos de degradação cíclica, quando tal é necessário e justificado*
 - » *para solos incoerentes, a resistência ao corte cíclico não drenada, $\tau_{cy,u}$, tendo em conta o possível aumento da pressão na água dos poros*
- *Em alternativa, pode-se utilizar os parâmetros de resistência em tensões efectivas, juntamente com pressão na água dos poros gerada durante o carregamento cíclico*

Parâmetros de resistência de rochas

- *Para rochas, pode-se utilizar a resistência à compressão uniaxial, q_u*



Secção 3: Propriedades do terreno

Coeficientes parciais para as propriedades dos materiais (γ_M)

Anexo Nacional da NP EN 1998-5 (NDP)

- Os valores dos coeficientes parciais para os parâmetros do terreno $\tan \phi'$, c' , c_u e q_u a adoptar em Portugal em situações de projecto sísmicas são os indicados no Anexo Nacional da NP EN 1997-1:2010 para situações acidentais

Quadro NA.II – Coeficientes parciais para os parâmetros do terreno em situações acidentais

Parâmetro do terreno	Tipo de estado limite		
	EQU	STR/GEO	UPL
Ângulo de atrito interno em tensões efectivas	1,25	1,1	1,25
Coesão em tensões efectivas	1,25	1,1	1,25
Resistência ao corte não drenada	1,4	1,15	1,4
Resistência à compressão uniaxial	1,4	1,15	–

- O valor do coeficiente parcial para o parâmetro do terreno $\tau_{cy,u}$ a adoptar em Portugal em situações de projecto sísmicas é $\gamma_{\tau_{cy,u}} = 1,1$



Secção 3: Propriedades do terreno

**Valores dos coeficientes parciais para as propriedades dos materiais (γ_M)
na verificação de estados limites últimos STR/GEO**

Parâmetro	Situações sísmicas (*)		Situações persistentes ou transitórias (AC 1)	
	Valores recomendados	Valores adoptados	Comb. 1	Comb. 2
$\text{tg } \varphi'$	1,25	1,1	1,0	1,25
c'	---	1,1	1,0	1,25
c_u	1,4	1,15	1,0	1,4
q_u	1,4	1,15	1,0	1,4
$\tau_{cy,u}$	1,25	1,1	---	---

(*) Em situações sísmicas não há abordagens de cálculo distintas



Secção 3: Propriedades do terreno

Parâmetros de rigidez e de amortecimento

- O principal parâmetro de rigidez do terreno sob a acção de um sismo é o módulo de distorção: $G = \rho v_s^2$
- Nos casos em que tal seja necessário, o amortecimento deverá ser considerado como uma propriedade adicional do terreno
- Deverão ser considerados separadamente o amortecimento interno, devido ao comportamento não elástico do terreno durante o carregamento cíclico, e o amortecimento de radiação, provocado pela propagação de ondas sísmicas



Secção 4: Requisitos relativos à escolha do local e aos terrenos de fundação

Escolha do local

- *Deve ser efectuada uma avaliação do local de construção para determinar a natureza do terreno de fundação e assegurar que, no caso de ocorrência de sismos, são minimizados os riscos de ocorrência dos seguintes fenómenos:*
 - *rotura (em falhas)*
 - *instabilidade de taludes*
 - *liquefacção*
 - *aumento de compacidade*

Secção 4: Requisitos relativos à escolha do local e aos terrenos de fundação

Rotura (em falhas)

- *Não se devem construir edifícios das classes de importância II, III e IV na proximidade imediata de falhas tectónicas reconhecidas como sismicamente activas em documentos oficiais emitidos pelas autoridades nacionais competentes*



sismo de Ji-Ji
1999-09-20
Taiwan



Secção 4: Requisitos relativos à escolha do local e aos terrenos de fundação

Instabilidade de taludes – Requisitos gerais

- *A fim de garantir que a segurança e/ou a utilização das estruturas é preservada para a acção sísmica de cálculo, deve efectuar-se uma verificação da estabilidade do terreno em estruturas a construir sobre ou na proximidade de taludes naturais ou artificiais*
- *Para as acções sísmicas, o estado limite dos taludes é o estado para além do qual ocorrem deslocamentos permanentes da massa de terreno de amplitude inaceitável até uma profundidade significativa no que respeita aos efeitos na construção, tanto estruturais como funcionais*

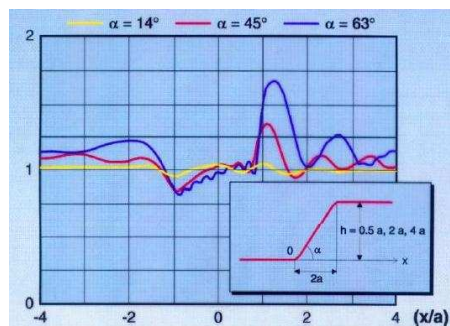
Sismo de Prince
William Sound,
1964-03-28,
Alasca, EUA



Secção 4: Requisitos relativos à escolha do local e aos terrenos de fundação

Instabilidade de taludes – Acção sísmica

- Para estruturas com um coeficiente de importância γ_1 superior a 1,0 sobre ou na proximidade de taludes deve majorar-se a acção sísmica de cálculo nas verificações da estabilidade do terreno, através de um coeficiente de amplificação topográfica



- No Anexo A (informativo) são apresentadas orientações relativamente aos valores do coeficiente de amplificação topográfica



Secção 4: Requisitos relativos à escolha do local e aos terrenos de fundação

Instabilidade de taludes – Métodos de análise

- *Métodos comprovados de análise dinâmica, como modelos de elementos finitos ou de blocos rígidos*
- *Métodos simplificados pseudo-estáticos, desde que:*
 - *a topografia da superfície e a estratigrafia do terreno não apresentem irregularidades muito pronunciadas*
 - *os solos não sejam susceptíveis de desenvolver elevadas pressões na água dos poros ou degradação significativa da rigidez sob carregamento cíclico*

Forças de inércia sísmicas nos métodos pseudo-estáticos:

$$F_H = \pm 0,5 (a_g/g) S W$$

$$F_V = \pm 0,5 F_H (a_{vg}/a_g > 0,6) \quad \text{ou} \quad \pm 0,33 F_H$$

Secção 4: Requisitos relativos à escolha do local e aos terrenos de fundação

Liquefacção - definição

- *Entende-se por liquefacção uma redução da resistência ao corte e/ou da rigidez, devida ao aumento da pressão na água dos poros em solos incoerentes saturados durante a ocorrência de movimentos sísmicos do terreno, que origine deformações permanentes significativas ou, mesmo, uma quase anulação da tensão efectiva no solo*



Sismo de Kocaeli, 1999-08-17, Turquia



Secção 4: Requisitos relativos à escolha do local e aos terrenos de fundação

Liquefacção - Avaliação da susceptibilidade

- *Deve efectuar-se uma avaliação da susceptibilidade à liquefacção quando os solos de fundação incluírem estratos extensos ou lentículas espessas de areia solta, com ou sem finos siltosos ou argilosos, sob o nível freático e quando o nível freático está próximo da superfície do terreno*
- Em determinadas condições (baixa amplitude da acção sísmica, alto teor de finos,...) essa avaliação pode ser dispensada
- *Os estudos de caracterização necessários devem incluir, no mínimo, ensaios de penetração normalizados (SPT) ou ensaios com penetrómetro de cone (CPT), assim como a determinação das curvas de distribuição granulométrica em laboratório*

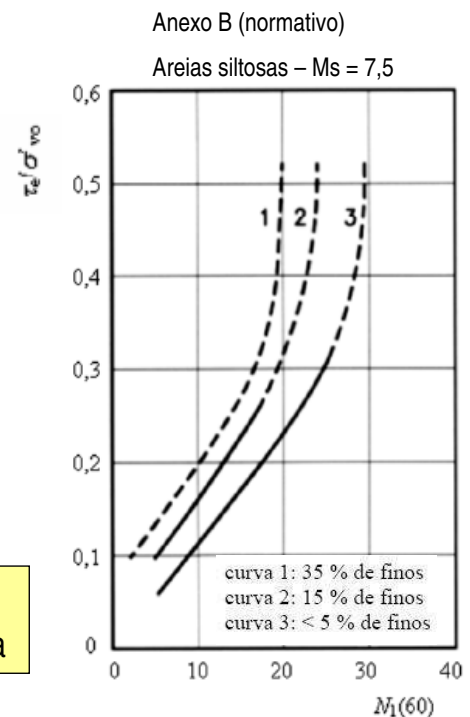
Secção 4: Requisitos relativos à escolha do local e aos terrenos de fundação

Liquefacção – Métodos de avaliação

- O risco de liquefacção deve, no mínimo, ser avaliado através de métodos bem comprovados de engenharia geotécnica baseados em correlações experimentais entre medições in situ e tensões tangenciais cíclicas críticas que se sabe terem causado liquefacção em sismos anteriores
- No Anexo B (normativo) são apresentados diagramas que ilustram esta abordagem (SPT)
- Deve considerar-se que um solo é susceptível à liquefacção sempre que a tensão tangencial devida à acção sísmica exceda uma certa fracção λ da tensão crítica

Anexo Nacional da NP EN 1998-5:2010

➤ É adoptado o valor $\lambda = 0,8$ recomendado na Norma





Secção 4: Requisitos relativos à escolha do local e aos terrenos de fundação

Liquefacção – Métodos de avaliação

- A “resistência” à liquefacção diminui com o aumento da magnitude
- No Anexo B (normativo) são apresentados valores de um coeficiente de correcção, CM, a aplicar para magnitudes M_s diferentes de 7,5

M_s	CM
5,5	2,86
6,0	2,20
6,5	1,69
7,0	1,30
8,0	0,67



Secção 4: Requisitos relativos à escolha do local e aos terrenos de fundação

Liquefacção – Métodos de avaliação

Anexo Nacional (informação complementar)

- São apresentadas 3 listas (Continente, Madeira e Açores) de concelhos com definição de magnitudes para avaliação do potencial de liquefacção, para os períodos de retorno correspondentes às diferentes classes de importância de edifícios e de pontes

Portugal Continental – Lista de Concelhos com definição das magnitudes para verificação do potencial de liquefacção

Código do município	Período de retorno / Classe de importância	243 anos / Classe de importância I (edifícios e pontes)		475 anos / Classe de importância II (edifícios e pontes)		821 anos / Classe de importância III (edifícios)		1044 anos / Classe de importância III (pontes)		1303 anos / Classe de importância IV (edifícios)	
		Magnitude		Magnitude		Magnitude		Magnitude		Magnitude	
		Acção sísmica		Acção sísmica		Acção sísmica		Acção sísmica		Acção sísmica	
Designação	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 1	Tipo 2	
1401	Abrantes	7,3	4,8	7,5	4,9	7,7	4,9	7,8	4,9	7,9	5,0
101	Águeda	7,0	4,3	7,2	4,4	7,4	4,4	7,5	4,4	7,5	4,4
901	Aguiar da Beira	7,1	4,5	7,3	4,7	7,5	4,8	7,6	4,8	7,6	4,9
701	Alandroal	7,3	4,7	7,6	4,7	7,8	4,8	7,9	4,8	7,9	4,8
102	Albergaria-a-Velha	7,0	4,3	7,2	4,4	7,3	4,4	7,4	4,4	7,5	4,4



Secção 4: Requisitos relativos à escolha do local e aos terrenos de fundação

Estudos de caracterização dos terrenos

- *Para estruturas importantes em regiões de elevada sismicidade, particularmente para condições de terreno dos tipos D, S1 ou S2, a determinação do tipo de terreno para a definição da acção sísmica deverá basear-se na utilização de medições in situ do perfil de v_s por meio de métodos geofísicos em furos*
- *Para todos os outros casos, o perfil de v_s poderá ser avaliado através de correlações empíricas, utilizando a resistência à penetração in situ ou outras propriedades geotécnicas*
- *O amortecimento interno do solo deverá ser medido por meio de ensaios laboratoriais ou de campo adequados*
- *Em todos os cálculos que utilizem as propriedades dinâmicas dos solos deve ser tida em conta a variação da rigidez e do amortecimento em função da amplitude da deformação distorcional*

Secção 5: Sistema de fundação

Requisitos gerais específicos das situações sísmicas

- *Sempre que for apropriado (ou necessário), poderão utilizar-se coeficientes relativos às propriedades do terreno ou às capacidades resistentes que não sejam os referidos em 3.1(3) [γ_ϕ , γ_{cu} , γ_{qu} e $\gamma_{\tau cy}$]*

Anexo Nacional (Informação complementar)

- *Os valores dos coeficientes parciais relativos às capacidades resistentes a adoptar em Portugal em situações de projecto sísmicas são os indicados no Anexo Nacional da NP EN 1997-1:2010 para situações acidentais*

$$R_d = R \{ \gamma_F F_{rep}; X_k / \gamma_M; a_d \} / \gamma_R$$

Esta disposição do AN, embora aplicável genericamente, só é de facto relevante para estacas e ancoragens ($\gamma_R \neq 1$)



Secção 5: Sistema de fundação

Regras de concepção

- *No caso de estruturas que não sejam pontes ou condutas, não devem utilizar-se soluções mistas de fundação, por exemplo estacas e fundações superficiais, a não ser que se demonstre a adequação da solução por meio de um estudo específico*
- *Se se admitir uma redução da amplitude do movimento sísmico com a profundidade, tal hipótese deve ser justificada por meio de um estudo adequado e, em nenhum caso, poderá corresponder a uma aceleração máxima normalizada inferior a uma certa fracção p do produto αS à superfície do terreno*

Anexo Nacional

- É adoptado o valor $p = 0,65$ recomendado na Norma



Secção 5: Sistema de fundação

Mecanismos da transferência para o terreno dos efeitos das acções oriundos da estrutura

- Esforço horizontal
- Esforço normal e momento

Verificações e critérios de dimensionamento

- Sapatas
- Ligações horizontais
- Ensoleiramentos
- Estacas e pegões



Secção 5: Sistema de fundação

Sapatas. ELU de deslizamento

- Base acima do nível freático: *A rotura por deslizamento deve ser impedida por atrito e (...) por pressão lateral de terras*
- Base abaixo do nível freático: *O valor de cálculo da capacidade resistente ao corte deve ser avaliado com base na resistência não drenada*
- *Poderá ser tolerado um deslizamento limitado (em determinadas condições)*

Sapatas. ELU de insuficiência de capacidade resistente ao carregamento

Devem ser tidos em conta aspectos específicos das situações sísmicas, tais como

- forças de inércia no terreno de fundação
- degradação da resistência e (ou) da rigidez do terreno sob carregamento cíclico
- desenvolvimento e dissipação de excessos de pressão na água dos poros



Secção 5: Sistema de fundação

Ligações horizontais entre sapatas ou entre encabeçamentos de estacas

- *os efeitos adicionais das acções induzidos na estrutura por deslocamentos relativos horizontais ao nível da fundação devem ser avaliados e devem adoptar-se no projecto as disposições adequadas*
- *a avaliação dos esforços nos elementos estruturais de ligação (vigas de travamento ou lajes de fundação) pode ser efectuada por métodos simplificados*

Estacas e pegões

As estacas e os pegões devem ser projectados de modo a resistirem aos dois tipos seguintes de efeitos das acções:

- *forças de inércia provenientes da superestrutura;*
- *esforços cinemáticos, resultantes da deformação do solo circundante causada pela passagem das ondas sísmicas*



Secção 5: Sistema de fundação

Estacas e pegões – efeitos de inércia

- *As análises para a determinação dos esforços ao longo da estaca, assim como do deslocamento e da rotação da cabeça da estaca, devem basear-se em modelos discretos ou contínuos que possam reproduzir de forma realista (mesmo que aproximadamente):*
 - *a rigidez de flexão da estaca*
 - *as reacções do solo ao longo da estaca, tendo em devida conta os efeitos do carregamento cíclico e a amplitude das deformações do solo*
 - *os efeitos de interacção dinâmica entre estacas*
- *Deve ser ignorada a capacidade resistente lateral dos estratos de solo susceptíveis à liquefacção ou a uma degradação importante da resistência*



Secção 5: Sistema de fundação

Estacas e pegões – efeitos cinemáticos

- *Os momentos flectores que se desenvolvem em resultado da interacção cinemática devem ser calculados apenas quando ocorrem simultaneamente todas as condições seguintes:*
 - *o perfil do terreno é do tipo D, S1 ou S2 e contém estratos consecutivos cuja rigidez difere acentuadamente*
 - *a zona é de sismicidade moderada ou elevada, ou seja, o produto $a_g \times S$ é superior a 0,10 g (isto é, é superior a 0,98 m/s²)*
 - *a estrutura suportada é da classe de importância III ou IV*



Secção 6: Interacção solo-estrutura

Os efeitos da interacção dinâmica solo-estrutura devem ser considerados nos seguintes casos :

- *estruturas nas quais os efeitos $P-\delta$ (2ª ordem) têm um papel importante*
- *estruturas com fundações de grandes dimensões ou profundas, como, por exemplo, pilares de pontes, caixões offshore e silos*
- *estruturas altas e esbeltas, como, por exemplo, torres e chaminés, tratadas na EN 1998-6:2004*
- *estruturas fundadas em solos muito moles, com uma velocidade média de propagação da onda de corte inferior a 100 m/s, tais como os solos do tipo de terreno S1*



Secção 7: Estruturas de suporte de terras

Requisitos gerais

- *Poderão ser aceitáveis deslocamentos permanentes, combinando deslizamento e rotação, se se comprovar que são compatíveis com os requisitos funcionais e/ou estéticos*

Considerações gerais relativas ao projecto

- *deve prestar-se a devida atenção ao facto de que o cumprimento dos requisitos adicionais de natureza sísmica poderá implicar um ajuste e, ocasionalmente, uma outra escolha mais adequada do tipo estrutural*
- *o material do aterro de reenchimento no tardo da estrutura deve ter uma granulometria cuidadosamente seleccionada e ser compactado in situ, de forma a conseguir-se a melhor continuidade possível com a massa de solo existente*
- *os sistemas de drenagem no tardo da estrutura devem ser capazes de absorver movimentos transitórios e permanentes sem perda das suas funções*



Secção 7: Estruturas de suporte de terras

Métodos de análise

- Métodos gerais (baseados nos procedimentos da dinâmica das estruturas e dos solos)
- Métodos simplificados (análise pseudo-estática). Anexo E

Métodos gerais

Deverão ser tidos em conta os seguintes aspectos:

- *o comportamento não linear do solo*
- *os efeitos de inércia associados às massas do solo e da estrutura e a quaisquer outras que participem no processo de interacção*
- *os efeitos hidrodinâmicos gerados pela presença de água no solo ou de água livre, à frente ou atrás da estrutura*
- *a compatibilidade entre as deformações do solo, da estrutura e das ancoragens (caso existam)*



Secção 7: Estruturas de suporte de terras

Análise pseudo-estática. Modelo básico

- *O modelo básico para a análise pseudo-estática deve ser constituído pela estrutura de suporte e a sua fundação, por uma cunha de solo situada no tardo da estrutura e considerada num estado de equilíbrio limite activo (se ocorrer um deslocamento suficiente da estrutura), por qualquer sobrecarga actuante na cunha de solo e, eventualmente, por uma massa de solo na base do muro considerada num estado de equilíbrio passivo*
- *No caso de estruturas rígidas, como, por exemplo, paredes de caves ou muros de gravidade fundados em rocha ou em estacas, desenvolvem-se pressões superiores às activas e é mais adequado admitir um estado de repouso do solo*



Secção 7: Estruturas de suporte de terras

Análise pseudo-estática. Acção sísmica

Coeficientes sísmicos

$$k_h = (a_g/g) S/r$$

$$k_v = \pm 0,5 k_h \quad (a_{vg}/a_g > 0,6) \quad \text{ou} \quad 0,33 k_h$$

Valores do coeficiente r

Tipo de estrutura de suporte	r
Muros de gravidade livres que admitam um deslocamento até $d_r = 300 \alpha S$ (mm)	2
Muros de gravidade livres que admitam um deslocamento até $d_r = 200 \alpha S$ (mm)	1,5
Muros de betão armado em flexão, muros ancorados ou contraventados, muros de betão armado fundados em estacas verticais, paredes de caves travadas e encontros de pontes	1



Secção 7: Estruturas de suporte de terras

Análise pseudo-estática. Determinação das pressões de terras e da água

- a força total de cálculo que actua no tardo da estrutura de suporte em situações sísmicas pode ser avaliada de acordo com o Anexo E

$$E_d = \frac{1}{2} \gamma^* (1 \pm k_v) K \cdot H^2 + E_{ws} + E_{wd}$$

- o coeficiente de impulso (estático + dinâmico), K , pode ser calculado pela fórmula de Mononobe-Okabe
- para solos com coeficiente de permeabilidade $\leq 5 \cdot 10^{-4}$ m/s a acção sísmica ocorre em condições não drenadas
- para aterros de reenchimento permeáveis deverá ser adicionada uma pressão hidrodinâmica da água



Secção 7: Estruturas de suporte de terras

Verificações da estabilidade e da resistência

- devem ser efectuadas verificações relativamente:
 - *à estabilidade global*
 - *ao deslizamento*
 - *à capacidade resistente ao carregamento do terreno*
 - *à capacidade resistente estrutural*
- os sistemas de ancoragem devem satisfazer requisitos específicos relativos:
 - *à capacidade resistente*
 - *à adaptação a deformações sísmicas*
 - *ao comprimento livre*



Anexos

- Anexo A (informativo) – Coeficientes de amplificação topográfica
- **Anexo B** (normativo) – Diagramas empíricos para a análise simplificada da liquefação
- Anexo C (informativo) – Rigidez estática na cabeça das estaca
- Anexo D (informativo) – Interação dinâmica solo-estrutura. Efeitos gerais e importância
- **Anexo E** (normativo) – Análise simplificada para estruturas de suporte
- Anexo F (informativo) – Capacidade resistente ao carregamento de fundações superficiais em situações sísmicas



Anexo Nacional

- Parâmetros determinados a nível nacional com prescrições em Portugal
 - Valores dos coeficientes parciais para os parâmetros do terreno

- Utilização dos Anexos informativos
 - Os Anexos A, C, D e F mantêm o carácter informativo

- Informações complementares específicas
 - Coeficientes parciais para as capacidades resistentes
 - Zonamento de magnitudes para avaliação do potencial de liquefacção



Conclusão

- O EC 8-5 completa o EC 7 no que diz respeito ao projecto geotécnico (situações sísmicas)
- As situações sísmicas apresentam relevantes e complexas especificidades no que diz respeito:
 - às acções (a acção sísmica depende das condições geotécnicas)
 - aos efeitos das acções (nos elementos estruturais: de inércia e cinemáticos; no terreno: desenvolvimento de excesso de pressão na água dos poros, incluindo liquefacção; aumento da compacidade)
 - às propriedades dos materiais (degradação da resistência e da rigidez sob carregamento cíclico, amortecimento interno, etc.)
 - aos critérios de verificação (deslocamentos irreversíveis)



Conclusão

- Não é possível saber “a priori” se são as situações persistentes ou transitórias ou as situações sísmicas que condicionam o dimensionamento, porque isso depende, entre outros factores:
 - do tipo de estrutura/obra
 - da amplitude das diferentes acções (incluindo as acções sísmicas, que dependem da zona sísmica e das condições geotécnicas)
- É no entanto provável que no nosso país, principalmente nas zonas com maior severidade da acção sísmica, sejam as situações sísmicas a condicionar o dimensionamento de muitas obras geotécnicas e fundações de estruturas
- Consequentemente, a aplicação do EC 8 no projecto geotécnico assume especial relevância