

Anexo 7 – Geomorfologia, Geologia, Sismicidade

Anexo 7.1 – Subcapítulos 4.2.2 Enquadramento Geológico Regional e 4.2.6 Sismicidade do EIA

TROÇO MIRA SINTRA/MELEÇAS – C. DA RAINHA		Documento N.º Aditamento_Anexos_sep.doc
VOLUME 0 – PROJETO GERAL		Data Janeiro 2018
TOMO 04 – ESTUDO DE IMPACTE AMBIENTAL	Pág. 10/16	Ficheiro Aditamento_Anexos_sep.doc

4.2.2 ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO REGIONAL

O troço da Linha do Oeste, entre a Estação de Meleças e a de Caldas da Rainha, corresponde “grosso modo” a um corte axial sul-norte de grande parte da Bacia Lusitaniana, na zona emersa ocidental da Orla Sedimentar Ocidental, ou Margem Ocidental Ibérica, uma das grandes unidades geo-estruturais do território nacional e ibérico.

A Orla Sedimentar Ocidental, bem como o caso particular da Bacia Lusitaniana, resulta do enchimento sedimentar da margem leste da abertura do oceano Atlântico, constituído por sedimentos variados, desde grosseiros a muito finos, resultantes em geral dos fenómenos de erosão das rochas desse Maciço Antigo, não apenas a leste, mas também a poente, a partir da antiga massa continental desaparecida, a que se juntam os materiais de sedimentação química em meio oceânico profundo ou em regime lacunar em bacias superficiais com águas de elevada concentração salina sujeitas à deposição dos sais por evaporação do diluente.

A deposição sedimentar em causa apresenta frequentes variações de fácies, desde granular grosseiro a detrítico fino, a argiloso e mesmo a calcário de profundidade, mais frequentes ainda em alguns períodos, conforme a cíclica variação nesta depressão das condições de avanço e de recuo das águas do mar. A complexidade litológica, quer lateral quer vertical, que é encontrada em algumas zonas, tem aí a sua justificação.

Esses sedimentos foram sendo algo deslocados e deformados pelas ações tectónicas ligadas à evolução geológica – de tectónica geral, com jogo regional de falhamento e dobramento, ou de tectónica salina ou diapírica mais localizada e circunstancial, como na região de Runa-Matacães-Torres Vedras e na de Caldas da Rainha - e pela intrusão de rochas ígneas, quer pela instalação do Maciço Eruptivo de Sintra, quer pelo vulcanismo efusivo do Complexo Vulcânico de Lisboa-Mafra, quer pela injeção em diques e filões de rochas predominantemente basálticas.

Observando de sul para norte o traçado existente, a cartografia geológica consultada permite descrever sucintamente os ambientes geológicos atravessados, identificando as características litológicas mais

TROÇO MIRA SINTRA/MELEÇAS – C. DA RAINHA		Documento N.º Anexo_geologia.doc
ESTUDO PRÉVIO		Data Maio de 2017
VOLUME 0 - TOMO 04	1	Ficheiro Anexo_geologia.doc

relevantes do substrato, abstraindo naturalmente das coberturas terrosas de fracas espessuras e expressão cartográfica.

O troço inicial da Linha do Oeste em estudo, na bordadura leste dos terrenos mesozóicos soerguidos e deformados pela instalação tardi-cretácica do Maciço Eruptivo de Sintra, começa em formações cretácicas C^1_{Ba} , (Barremiano Superior), predominantemente detríticas, e a continuação do seu traçado atravessa os terrenos mais intensamente perturbados tectónica e litologicamente pelas ações ligadas ao Complexo Vulcânico de Lisboa-Mafra β^1 (Paleogénico ou Neo-Cretácico), e à deposição continental do Complexo de Benfica Φ (Oligocénico a Eocénico).

Subjacente aos basaltos β^1 , que afloram a noroeste, a linha atravessa uma das áreas mais interessantes sob o ponto de vista geológico e geomorfológico, pela existência de extensas zonas com afloramentos carsificados – lapiás de Pedra Furada – do Cenomaniano superior – Turoniano C^3_C – Calcários com Rudistas e Camadas com *Neolobites vibrayeanus*, com calcários compactos, intensamente esculpidos pela erosão cársica superficial em formas colunares de grande diâmetro e alturas métricas dispersas por uma superfície vasta. Esta área integra-se no “Campo de lapiás de Negrais”, que outrora fez parte dos Sítios Classificados da Rede Nacional de Áreas Protegidas. Na situação presente, a faixa desta formação atravessada pela linha férrea já não apresenta características dignas de especial cuidado.

Depois de atravessar uma massa eruptiva de λ gabros e dioritos (e lamprófiros), entra numa faixa com substrato cretácico superior C^2_{AC} (Belasiano, Albiano a Cenomaniano médio) com calcários e margas e grés, seguido de Cretácico inferior C^1_{AS} (Aptiano superior – Grés superiores), com arenitos e argilas, por vezes conglomerados médios e intercalações lignitosas e C^1_{HBa} (Hauteriviano superior a Barremiano inferior), com calcários recifais, dolomias e margas, cortados por frequentes intrusões vulcânicas, sobretudo basálticas β .

Segue-se, na zona de Malveira, a travessia duma mancha de calcários e margas da base do Cretácico C^1_{Be} (Berriasiano, na carta 34 A Sintra, ou C^1_{HV} Valanginiano a Hauteriviano, nas cartas mais antigas), atravessada por numerosos corpos filoneanos com predomínio da orientação próxima de E-W,

TROÇO MIRA SINTRA/MELEÇAS – C. DA RAINHA		Documento N.º Anexo_geologia.doc
ESTUDO PRÉVIO		Data Maio de 2017
VOLUME 0 - TOMO 04	2	Ficheiro Anexo_geologia.doc

sobretudo basálticos (alterados) entrando depois, até próximo de Runa, nas formações mais antigas e de litologia muito variada do Jurássico superior J⁵ (Titoniano ou Portlandiano). Próximo do início desta zona e a pouca distância de Sapataria, existe um pequeno troço de via subterrânea, em túnel de cerca de 350 m, para ultrapassar uma barreira topográfica.

Afloram depois formações J⁴ (Kimeridgiano), afetadas por deslocações verticais provocadas por movimentos ao longo de falhas NW-SE, que, na zona de Patameira, erguem ao nível do terreno formações do Lusitaniano superior J^{3_d} e J^{3_c} (Formação do Amaral – calcários corálicos – e Formação da Abadia – margas -, do Kimeridgiano). Nas proximidades de linhas de água, encontram-se aluviões de fraca expressão, mas que podem ter importância geotécnica.

O traçado atravessa em seguida a zona norte da pequena bacia de afundimento de Runa, controlada por movimentos tectónicos guiados por falhas que a contornam e cortam, mas, depois de transpor uma estreita faixa de terrenos cretácicos C¹⁻² (Grés de Torres Vedras), C^{2_{cde}} e C³ (Cenomaniano – Turoniano) e do Complexo basáltico de Runa β' (Paleogénico), entra em depósitos aluviais até sair da referida bacia afundada e continua em aluviões ao atravessar a maior parte do anticlinal diapírico salino de Matacães, com formações da base do Jurássico e até ao Kimeridgiano, que jogaram de acordo com uma densa rede de falhas. No bordo poente do diapiro de Matacães, a via atravessa um zona acidentada e falhada (falhas que devem ter condicionado a meandrização local do rio Sizandro e a morfologia das vertentes) com três troços em túnel, em formações jurássicas J^{3_c} (túnel de Boiaca) e J^{3_{ab}} (túneis de Cabaços e de Certã).

Próximo de Torres Vedras, o traçado entra de novo em depósitos aluviais do vale do rio Sizandro e afluentes, seguindo para norte ao longo de um deles, bordejando uma mancha cretácica C¹⁻² (Grés de Torres Vedras), nas proximidades de Ramalhal, com duas travessias de vales preenchidos com aluviões.

A via férrea entra depois, próximo de Pedras Negras (marco geodésico), numa extensa área do Jurássico J⁵ (Titoniano ou Portlandiano) que se prolonga para norte de Bombarral, mas o traçado segue

TROÇO MIRA SINTRA/MELEÇAS – C. DA RAINHA		Documento N.º Anexo_geologia.doc
ESTUDO PRÉVIO		Data Maio de 2017
VOLUME 0 - TOMO 04	3	Ficheiro Anexo_geologia.doc

na sua maior parte ao longo dos depósitos aluviais do rio Real, a norte de Bombarral e do seu afluente rio da Corga a sul.

Nas proximidades de Carvalhal, a poente, a via entra no flanco SE do vale tifónico das Caldas da Rainha, atravessando formações do Jurássico superior - Kimeridgiano superior J⁴ (na carta 30 B Bombarral) ou J³⁻⁴ (da carta 26 D Caldas da Rainha), predominantemente gresosas, e J^{3c} (Camadas de Alcobaça) do Kimeridgiano inferior) -, com deposições de maior profundidade, calcários e margas. Estas formações estão fortemente afetadas estruturalmente, por dobramento e por falhamento, pelas acções do diapirismo tifónico do núcleo margo-salífero hetangiano-retiano.

O traçado corta então a falha do bordo oriental da estrutura tectónica do vale tifónico de Caldas da Rainha, induzida pela “erupção” das formações com depósitos de sal-gema e de gesso (ou de anidrite) da base do Jurássico rompendo a cobertura calcária e gresosa dos andares superiores jurássicos e, com algumas passagens por depósitos mais recentes do Pliocénico P (camadas com lignitos e diatomitos de Óbidos em areias e de argilosos); a linha atravessa longitudinalmente os referidos depósitos J^{1_{ab}} do Hetangiano-Retiano e, a norte de Óbidos, as Camadas de Dagorda, ditas margosas mas mais frequentemente argilosas salíferas e calcárias, do mesmo andar estratigráfico.

O troço terminal da linha do Oeste que corresponde ao presente estudo, até Caldas da Rainha, percorre de novo a cobertura do Pliocénico P, sobreposta ao núcleo hetangiano-retiano do vale tifónico.

Para esta configuração geológica dos terrenos atravessados pela Linha do Oeste, além dos acidentes tectónicos mencionados – falhas, por vezes mais densamente concentradas em algumas zonas, e dobras, sobretudo no troço norte, pelos fenómenos de diapirismo das formações salinas da base do Jurássico – é relevante a modelação do terreno conseguida pela ação erosiva superficial trabalhando o terreno manobrado pela estratigrafia e pela tectónica que o afeta.

Todo o traçado dá o testemunho das referidas, frequentes (à escala geológica) e sucessivas oscilações transgressivas e regressivas do nível das águas marinhas. Ora avançando sobre o continente e depositando então, à medida que o mar avança em direção ao continente, materiais progressivamente

TROÇO MIRA SINTRA/MELEÇAS – C. DA RAINHA		Documento N.º Anexo_geologia.doc
ESTUDO PRÉVIO		Data Maio de 2017
VOLUME 0 - TOMO 04	4	Ficheiro Anexo_geologia.doc

mais finos, de conglomeráticos e gresosos até argilosos e calcários ora, quando recua, a fazer a sucessão inversa, chegando por vezes a permitir fácies lacunar, e mesmo continental.

Estes movimentos não se registam, obviamente, em simultaneidade absoluta em toda a área. Assim, apenas para exemplo, numa fase transgressiva, numa mesma ocasião, a frente de avanço depositará a leste materiais grosseiros, mas, a oeste, já com maior altura de água a deposição será mais fina.

Também será de referir que, em particular na frente de avanço, a natureza dos depósitos pré-existentes, e submetidos a erosão mecânica pelas águas, condicionará a natureza dos depósitos que a eles serão sobrepostos.

A lito-estratigrafia da zona estudada reflete bem esse vaivém marinho e a Figura 4.2-2, extraída parcialmente do estudo atrás mencionado sobre a Bacia Lusitaniana, por J.C. Kullberg *et alia*, regista as variações laterais de fácies, dando origem à interpretação em “Formações”, conjuntos de constituição litológica individualizada mas, em geral, variada, embora cronologicamente equivalentes, sobretudo nas zonas Arruda, Turcifal, Torres Vedras, Bombarral que interessam ao troço Meleças – Caldas da Rainha da Linha do Oeste.

O extracto, sem escala definida, da Carta Geológica de Portugal à escala 1:500 000, apresentado na Figura 4.2-1, permite ter uma visão de conjunto da constituição crono-geológica da região estremenha atravessada pela linha, bem como dos principais acidentes tectónicos identificados. O Desenho nº LO.EP.PG.EIA.0004 correspondente à implantação do projeto sobre extratos da Cartografia Geológica, à escala 1:50 000 apresenta-se no Anexo 5.2.

TROÇO MIRA SINTRA/MELEÇAS – C. DA RAINHA		Documento N.º Anexo_geologia.doc
ESTUDO PRÉVIO		Data Maio de 2017
VOLUME 0 - TOMO 04	5	Ficheiro Anexo_geologia.doc



Figura 4.2-1– Enquadramento geológico regional (sem escala definida), extraído da Carta Geológica de Portugal à escala 1:500 000), com a indicação do corredor em estudo a vermelho.

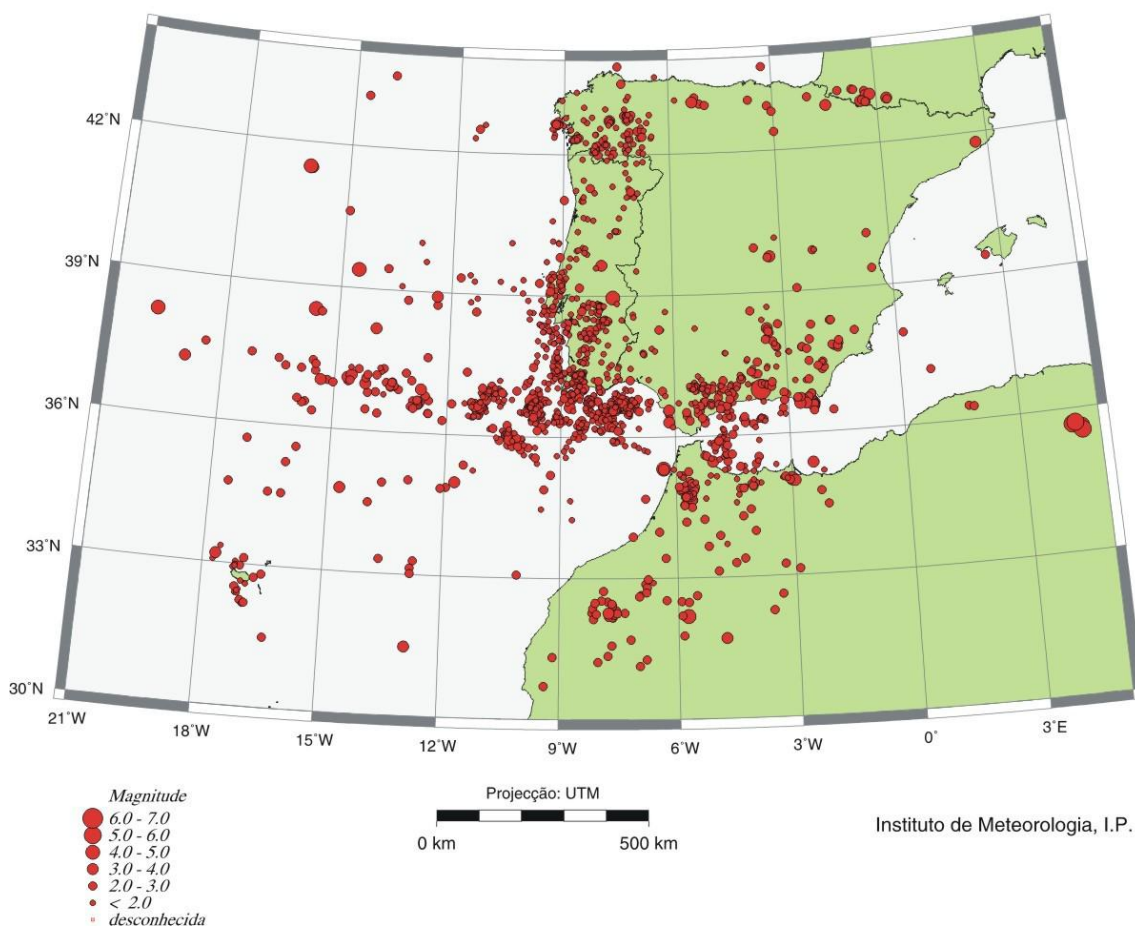
TROÇO MIRA SINTRA/MELEÇAS – C. DA RAINHA		Documento N.º Anexo_geologia.doc
ESTUDO PRÉVIO		Data Maio de 2017
VOLUME 0 - TOMO 04	6	Ficheiro Anexo_geologia.doc

4.2.6. SISMICIDADE

A sismicidade regional está profundamente ligada às grandes unidades tectónicas de contacto entre placas, expondo a região a sismos que podem ser de intensidades elevadas (sismicidade interplaca), e mais proximamente, a sismos associados às estruturas neotectónicas, em geral de menor intensidade, mas que podem ter efeitos destrutivos relevantes pela menor distância ao epicentro, à superfície e em profundidade (sismicidade intraplaca).

A Figura 4.2-8 regista os sismos registados no entorno de Portugal num ano (2010, não foi encontrado disponível qualquer ano posterior) e revela bem o predomínio em número e em magnitude média do alinhamento entre placas euroasiática e africana, mas mostra também uma importante atividade em vários locais e alinhamentos, nomeadamente na região da Bacia Lusitaniana.

Sismicidade no período 2010/01/01 - 2010/12/31



TROÇO MIRA SINTRA/MELEÇAS – C. DA RAINHA		Documento N.º Anexo_geologia.doc
ESTUDO PRÉVIO		Data Maio de 2017
VOLUME 0 - TOMO 04	7	Ficheiro Anexo_geologia.doc

Figura 4.2-2– Sismicidade no ano de 2010. (Instituto de Meteorologia, atualmente IPMA, 2011, disponível na internet)

A consulta aos dados mais actuais, compilados, tratados e apresentados no sítio do IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera, pode obter-se o que mostra a Figura 4.2-9, que representa os sismos registados durante trinta dias entre a segunda semana de janeiro de 2017 e 8 de fevereiro de 2017.

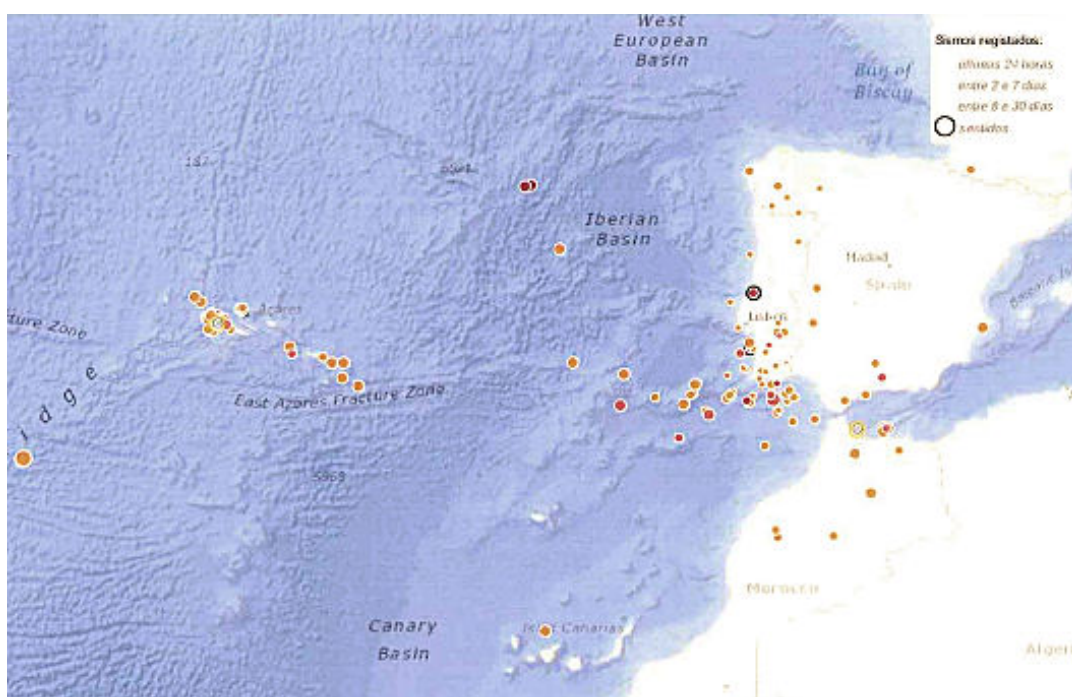


Figura 4.2-3– Sismos registados entre 2017.01.09 e 2017.02.08. (IPMA, 2017.02.08, no sítio IPMA da internet)

Com uma amostra de muito menor dimensão, como a da Figura 4.2-9, a distribuição dos epicentros dos sismos mostra ser coerente com o registo da Figura 4.2-8, embora quase desaparecendo, no limitado período registado, os sismos entre Nazaré e Lisboa.

Com a análise das frequências e intensidades dos sismos detetados ao longo dos registos confiáveis, foram sendo definidos zonamentos de intensidade sísmica do país.

TROÇO MIRA SINTRA/MELEÇAS – C. DA RAINHA		Documento N.º Anexo_geologia.doc
ESTUDO PRÉVIO		Data Maio de 2017
VOLUME 0 - TOMO 04	8	Ficheiro Anexo_geologia.doc

Um deles, elaborado pelo antigo Serviço Meteorológico Nacional e copiado pela Figura 4.2-10, mostra uma interpretação geral das zonas de intensidade sísmica do país.

Actualmente, o dimensionamento de estruturas resistentes aos sismos em Portugal pode ser feito pela aplicação do Eurocódigo NP – EN – 1998-1-2010 ou do RAS – Regulamento de Acções e Solicitações, Decreto-Lei nº 235/83 de 31 de Maio. Os respectivos zonamentos são algo diferentes para o conjunto do país, até por referirem critérios de definição diferentes, e os processos de cálculo de dimensionamento são diferentes, mas conduzem geralmente a resultados semelhantes.

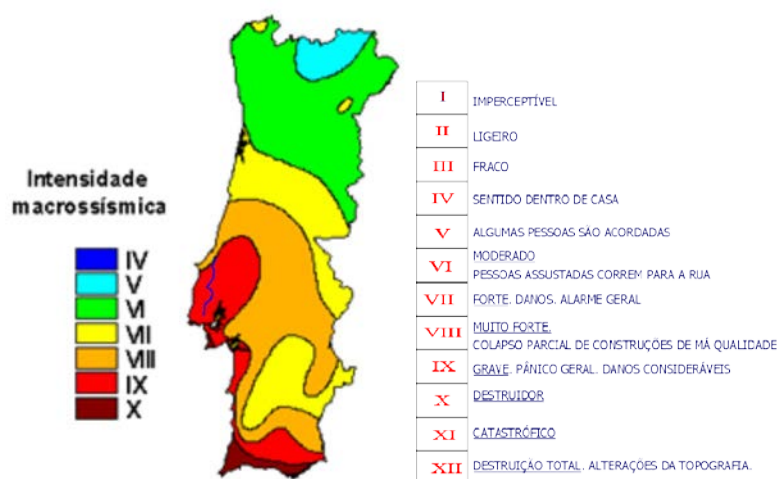
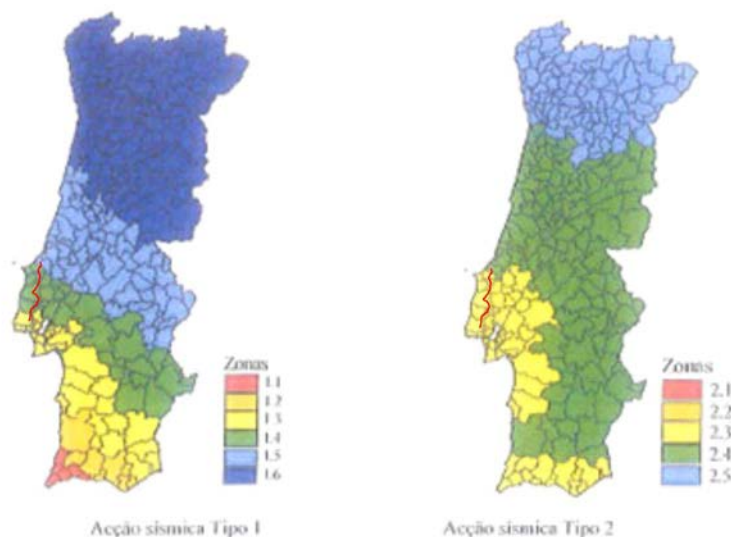


Figura 4.2-4– Carta de zonamento de intensidade sísmica em Portugal (antigo Serviço Meteorológico Nacional, apresentado por LNEC, Núcleo de Engenharia Sísmica e Dinâmica de Estruturas, Sismicidade e tectónica em Portugal, 2005), com indicação do corredor em estudo, a preto

O Eurocódigo define o zonamento sísmico do País que apresenta a Figura 4.2-11, com a indicação do corredor de estudo a vermelho.



Quadro NA.1 – Aceleração máxima de referência a_{gR} (m/s^2) nas várias zonas sísmicas

Acção sísmica Tipo 1		Acção sísmica Tipo 2	
Zona Sísmica	a_{gR} (m/s^2)	Zona Sísmica	a_{gR} (m/s^2)
1.1	2,5	2.1	2,5
1.2	2,0	2.2	2,0
1.3	1,5	2.3	1,7
1.4	1,0	2.4	1,1
1.5	0,6	2.5	0,8
1.6	0,35	–	–

Figura 4.2-5– Zonamento sísmico e Acelerações sísmicas em Portugal Continental (Anexo Nacional anexo ao Eurocódigo NP – EN 1998-1 – 2010)

Na Figura 4.2-11, a Ação Sísmica Tipo 1 corresponde a sismos com epicentros próximos e a Tipo 2 corresponde a sismos distantes.

O zonamento do RAS, Anexo III, do DL 235/83, engloba a maior parte do troço da Linha do Oeste em estudo na identificada Zona Sísmica A, exceptuando o extremo norte, nos concelhos de Óbidos e Caldas da Rainha, situados na Zona Sísmica B.

A Figura 4.2-13, que apresenta a zona do projecto a vermelho, com identificação das respectivas Zonas Sísmicas e parâmetros de cálculo, foi extraída do RAS, Anexo III, do DL 235/83.

TROÇO MIRA SINTRA/MELEÇAS – C. DA RAINHA		Documento N.º Anexo_geologia.doc
ESTUDO PRÉVIO		Data Maio de 2017
VOLUME 0 - TOMO 04	10	Ficheiro Anexo_geologia.doc



Valores do coeficiente
de sismicidade, α

Zona sísmica	α
A	1,0
B	0,7
C	0,5
D	0,3

Quadro I[-1]

Densidades espectrais de potência de aceleração das componentes horizontais para a zona A, S(f)

(f : Hz S (f) : (cm/s²)² / Hz)

Acção sísmica tipo 1

Terreno tipo I		Terreno tipo II		Terreno tipo III	
f	S (f)	f	S (f)	f	S (f)
0,04	0	0,03	0	0,02	0
1,05	250	0,9	220	0,75	190
2,1	360	1,8	300	1,5	240
4,2	360	3,6	300	3,0	240
8,4	160	7,2	130	6,0	100
16,8	50	14,4	40	12,0	35
20,0	20	20,0	16	20,0	12

Acção sísmica tipo 2

Terreno tipo I		Terreno tipo II		Terreno tipo III	
f	S (f)	f	S (f)	f	S (f)
0,04	0	0,03	0	0,02	0
0,6	220	0,5	220	0,4	220
1,2	300	1,0	400	0,8	500
2,4	150	2,0	160	1,6	200
4,8	65	4,0	65	3,2	80
9,6	20	8,0	25	6,4	30
20,0	0	20,0	0	20,0	0

NOTAS :

- Para as zonas B, C e D os valores de S(f) indicados no quadro devem ser multiplicados pelo quadrado dos respectivos coeficientes de sismicidade, α (artigo 29º)
- Para frequências intermédias das indicadas no quadro os valores das densidades espectrais devem ser obtidas por interpolação linear

Tipo I — rochas e solos coerentes rijos;
Tipo II — solos coerentes muito duros, duros e de consistência média; solos incoerentes compactos;
Tipo III — solos coerentes moles e muito moles; solos incoerentes soltos.

Figura 4.2-13– Zonamento sísmico na zona do projecto e parâmetros de cálculo (extraído do Anexo III do RAS, Decreto-Lei nº 235/83, de 31 de maio).