



ENG GEO[®]
geotechnical engineering

Relatório Geológico-Geotécnico

Câmara Municipal de Vila de Conde
Requalificação do Largo de Vilarinho
Macieira da Maia - Vila do Conde

17 de Março de 2020

Processo n.º 8922020

O presente documento e a informação que dele consta são propriedade da ENGGEIO[®], estando a sua utilização reservada ao Requerente ou a terceiros por ele autorizados. Os resultados dos ensaios, as peças escritas e as peças desenhadas que integram este Relatório Geológico-Geotécnico não podem ser reproduzidos nem divulgados, por qualquer meio ou forma, sem o prévio e expresso consentimento da ENGGEIO[®].



João Campos de Almeida

(Engenheiro Civil, membro efectivo da Ordem dos Engenheiros n.º 64690)



Lara Dias

(Engenheira Civil, membro efectivo da Ordem dos Engenheiros n.º 52252)



Filipa Pinheiro

(Geóloga, FCUP)

ÍNDICE

1 INTRODUÇÃO	4
2 ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO	5
3 ENQUADRAMENTO SÍSMICO	7
4 PROSPECÇÃO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA	8
4.1 Plano de prospecção	8
4.1.1 Sondagens à rotação	9
4.1.2 Nível freático	10
5 CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA	11
5.1 Caracterização geológica	11
5.1.1 Análise macroscópica dos testemunhos de sondagem	11
5.2 Caracterização geotécnica	13
5.2.1 Resultados dos ensaios <i>in situ</i>	13
5.2.2 Zonamento geotécnico	13
5.2.3 Parâmetros geotécnicos	14
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	16
6.1 Escavabilidade, aptidão para fundação e tensões admissíveis	16
6.2 Condições de fundação	16

Anexos

- Anexo A – Planta de localização
- Anexo B – *Logs* de sondagem e registo fotográfico
- Anexo C – Perfil geológico-geotécnico interpretativo
- Anexo D – Legenda da Carta Geológica
- Anexo E – Enquadramento sísmico
- Anexo F – Ensaio SPT
- Anexo G – Classificação de maciços e simbologia

Bibliografia

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Identificação do local em estudo (adaptado de Google Earth®, 2019).....	4
Figura 2 – Enquadramento do local em estudo na Folha 9-A Póvoa de Varzim da Carta Geológica de Portugal (escala original 1:50 000) (Teixeira <i>et al.</i> , 1965).....	5
Figura 3 – Locais de execução dos furos de sondagem.	8
Figura 4 – Execução dos furos de sondagem: a) S1; b) S2/Pz.	9
Figura 5 – Unidades litológicas identificadas nos furos de sondagem.	11
Figura 6 – Representação gráfica dos resultados dos ensaios SPT: a) em função do furo de sondagem; b) em função das unidades litológicas.	13

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro I – Aceleração máxima de referência, a_{gR} , a considerar para o local em estudo, em função do tipo de acção sísmica, de acordo com a norma NP EN 1998-1 (2010).....	7
Quadro II – Cotas e profundidades alcançadas dos furos de sondagem.	9
Quadro III – Profundidade e cota do nível freático detectado no piezómetro.	10
Quadro IV – Proposta de zonamento geotécnico.	14
Quadro V – Valores propostos para as propriedades físicas e características de resistência e de deformabilidade das zonas geotécnicas (domínio dos maciços terrosos).....	15
Quadro VI – Caracterização das zonas geotécnicas quanto à escavabilidade, aptidão para fundação e tensão admissível presumida.....	16

1 INTRODUÇÃO

O estudo geológico-geotécnico, de que o presente relatório é parte integrante, foi requerido pela Câmara Municipal de Vila do Conde, no âmbito do projecto de “Requalificação do Largo de Vilarinho”, localizado na Freguesia de Macieira da Maia, no Concelho de Vila do Conde, destacando-se na Figura 1 a área que será objecto de intervenção.

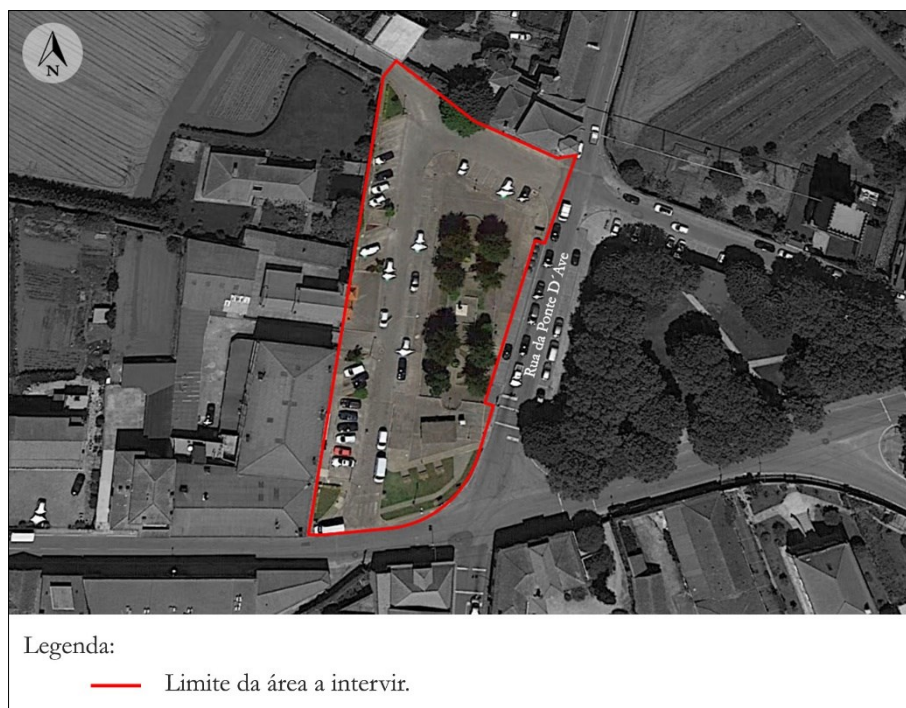


Figura 1 – Identificação do local em estudo (adaptado de Google Earth®, 2019).

A campanha de prospecção realizada no âmbito deste estudo teve como objectivo identificar as formações geológicas ocorrentes no local, definir um modelo geológico-geotécnico do maciço e estimar as suas propriedades físicas e as características de resistência e de deformabilidade.

Nos pontos subsequentes deste documento procede-se à descrição dos trabalhos executados e ao processamento e interpretação dos resultados obtidos.

Por fim, tecem-se ainda algumas considerações que visam contribuir para a definição e dimensionamento do projecto, nomeadamente, no que respeita a aspectos de índole geotécnica.

2 ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO

O local em estudo insere-se, do ponto de vista geológico, no granito da Póvoa de Varzim (γ_m), conforme se encontra representado na Folha 9-A Póvoa de Varzim da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000, cujo extracto constitui a Figura 2.

Sobrejacentemente, podem ocorrer, do topo para a base, aterros e ou solos com contaminação orgânica, depósitos areno-pelíticos de cobertura (Q_p) e depósitos de terraços fluviais (Q_a^2).

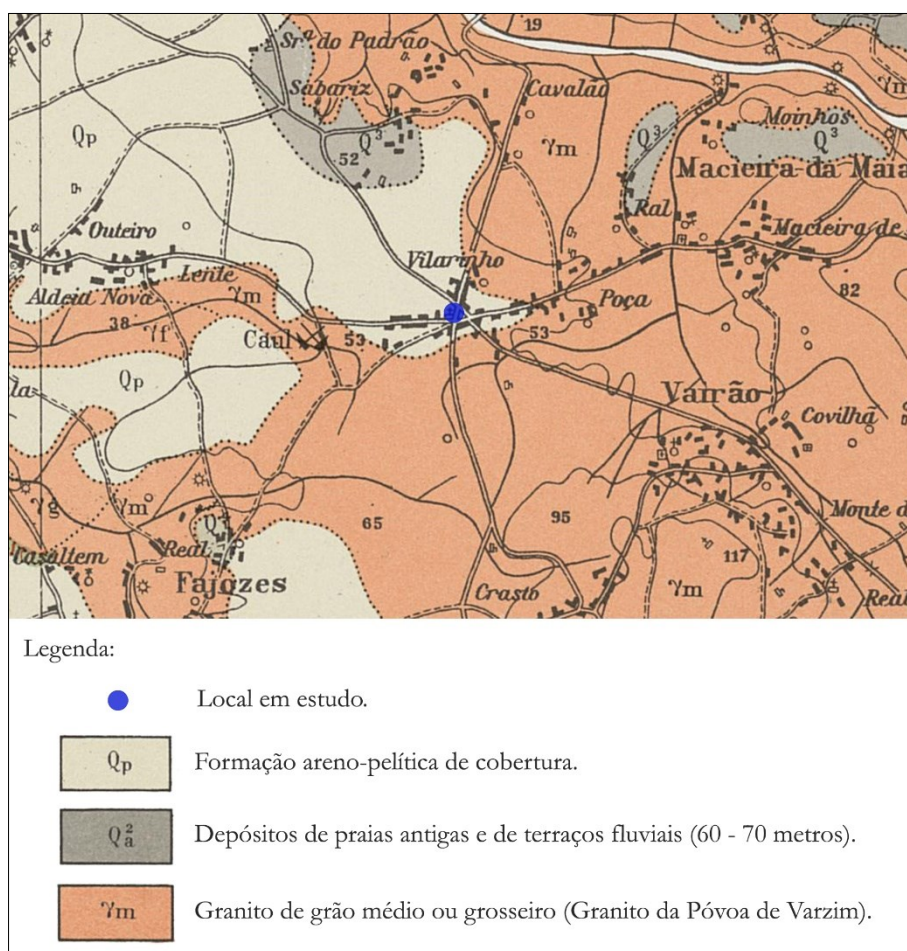


Figura 2 – Enquadramento do local em estudo na Folha 9-A Póvoa de Varzim da Carta Geológica de Portugal ⁽¹⁾ (escala original 1:50 000) (Teixeira *et al.*, 1965).

De acordo com a Notícia Explicativa da referida Carta Geológica (Teixeira *et al.*, 1965), “Na faixa litoral, a sul do rio Ave e a oeste de Vilarinho e Modivas, abundam os depósitos areno-pelíticos, de

⁽¹⁾ No Anexo D pode consultar-se a legenda integral da Folha 9-A Póvoa de Varzim da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000.

cor amarelada, que cobrem extensas áreas da região. São depósitos no geral bastante espessos; repousam quer sobre o soco metamórfico-granítico, quer sobre areias e cascalheiras de praias antigas, como se pode observar em alguns cortes.”

“Ao longo do rio Ave há depósitos de terraços, sobretudo entre Macieira da Maia e Lousado. (...) Em ligação com outros pequenos cursos de água da região encontram-se, igualmente, algumas cascalheiras de terraço, mas de diminuta importância e extensão.”

[O Granito da Póvoa de Varzim (γ_m) apresenta grão médio ou grosseiro, não porfiróide, por vezes gnáissico]. “Este carácter observa-se muito bem na orla costeira, onde a acção do mar tornou mais evidente a orientação da rocha. (...) Observado em grande, este granito mostra importante rede de diaclases, sendo uma das direcções aproximadamente E-W. (...) Trata-se de um granito alcalino com grandes cristais de feldspato, quase todos constituídos por microclina. Existe também albite. A moscovite predomina sobre a biotite.”

3 ENQUADRAMENTO SÍSMICO

Com o objectivo de contemplar os dois cenários de geração de sismos que podem afectar Portugal, a norma portuguesa NP EN 1998-1 (Eurocódigo 8 – Projecto de estruturas para resistência aos sismos – Parte 1: Regras gerais, acções sísmicas e regras para edifícios.) prevê dois tipos de acção sísmica:

- acção sísmica tipo 1 – corresponde a um cenário designado de afastado, referente, em geral, aos sismos com epicentro na região Atlântica;
- acção sísmica tipo 2 – corresponde a um cenário designado de próximo, referente, em geral, aos sismos com epicentro no território Continental, ou no Arquipélago dos Açores.

A cada tipo de acção sísmica está associado um zonamento sísmico específico, conforme se pode constatar da análise da Figura E.1 do Anexo E. Com base nesta figura conclui-se que, para o local em estudo, à acção sísmica tipo 1 corresponde a zona sísmica 1.6, enquanto à acção sísmica tipo 2 corresponde a zona sísmica 2.5.

Atendendo agora ao Quadro E.I do mesmo anexo, que permite obter, para cada tipo de acção sísmica, a aceleração máxima de referência em função da respectiva zona sísmica, constata-se que a_{gR} assume os valores de 0,35 e 0,80 m/s², respectivamente, para acção sísmica tipo 1 – zona sísmica 1.6 – e acção sísmica tipo 2 – zona sísmica 2.5. Esta informação encontra-se resumida no Quadro I.

Quadro I – Aceleração máxima de referência, a_{gR} , a considerar para o local em estudo, em função do tipo de acção sísmica, de acordo com a norma NP EN 1998-1 (2010).

Acção sísmica Tipo 1		Acção sísmica Tipo 2	
Zona sísmica	a_{gR} (m/s ²)	Zona sísmica	a_{gR} (m/s ²)
1.6	0,35	2.5	0,80

4 PROSPECÇÃO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA

4.1 Plano de prospecção

A campanha de prospecção geológico-geotécnica decorreu no dia 05 de Março de 2020, tendo consistido na execução de duas sondagens à rotação complementadas pela realização de ensaios SPT⁽²⁾ (*standard penetration test*) e na instalação de um piezómetro.

Os locais prospectados encontram-se assinalados na Figura 3 e no Anexo A, sendo de referir que o piezómetro foi instalado no furo de sondagem S2/Pz.



Figura 3 – Locais de execução dos furos de sondagem.

⁽²⁾ No Anexo F encontra-se uma breve descrição do ensaio SPT.

4.1.1 Sondagens à rotação

Os furos de sondagem foram realizados à rotação com amostrador de parede dupla T2 $\phi 76$ mm, com recurso à injeção de água para assegurar o arrefecimento da ferramenta de corte e a limpeza dos próprios furos.

Conforme já foi referido, a realização dos furos de sondagem foi complementada pela execução de ensaios SPT, de acordo com a norma EN ISO 22476-3 (*Geotechnical investigation and testing – Field testing – Part 3: Standard Penetration Test*).

Os testemunhos de sondagem e as amostras recolhidas com o amostrador do ensaio SPT foram devidamente acondicionados e analisados macroscopicamente. A informação que daqui resultou encontra-se compilada nos respectivos *logs*, constituindo o Anexo B ao presente documento.

No Quadro II encontra-se resumida alguma informação relativa aos furos de sondagem realizados.

Quadro II – Cotas e profundidades alcançadas dos furos de sondagem.

Designação do furo de sondagem	Cota ⁽³⁾ (m)	Profundidade de reconhecimento (m)
S1	0,0	6,45
S2/Pz	0,0	7,95

Por sua vez, na Figura 4 apresentam-se fotografias da execução dos dois furos de sondagem.



Figura 4 – Execução dos furos de sondagem: a) S1; b) S2/Pz.

⁽³⁾ A cota do terreno nos locais de execução dos furos de sondagem foi arbitrada.

4.1.2 Nível freático

Com o objectivo de determinar a posição do nível freático, uma vez concluído o furo de sondagem S2/Pz, foi instalado no seu interior, ao longo de todo o comprimento, um tubo piezométrico de PVC com um diâmetro interno de 45 mm, crepinado e envolto em geotêxtil.

No Quadro III apresenta-se a posição do nível freático registada na leitura efectuada no dia 16 de Março de 2020.

Quadro III – Profundidade e cota do nível freático detectado no piezómetro.

Piezómetro	Posição do nível freático medida a 16/03/2020, às 10:20	
	Profundidade (m)	Cota (m)
S2/Pz	3,20	-3,20

5 CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA

5.1 Caracterização geológica

5.1.1 Análise macroscópica dos testemunhos de sondagem

As amostras recolhidas nos furos de sondagem foram analisadas macroscopicamente quanto à estratigrafia, presença de contaminação orgânica (cor e odor), granulometria, cor, percentagem de recuperação, estado de alteração, espaçamento entre descontinuidades e índice RQD. A descrição decorrente desta observação consta dos respectivos *logs* que constituem o Anexo B.

Na Figura 5 representam-se as unidades litológicas identificadas nos dois furos de sondagem.

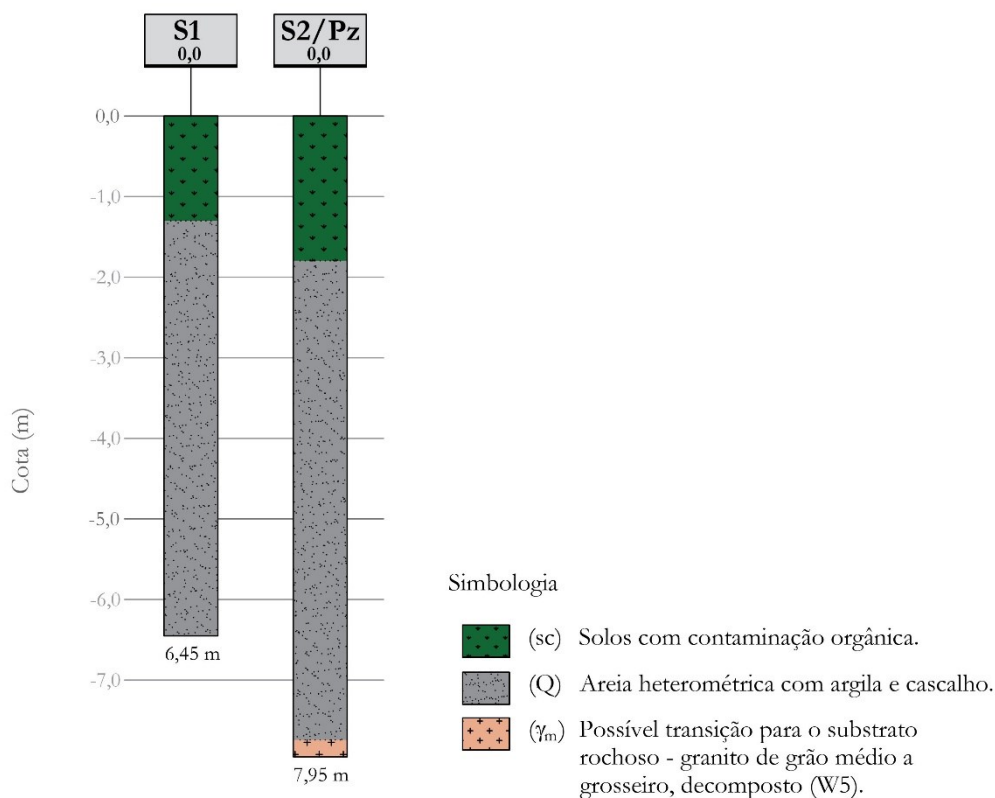


Figura 5 – Unidades litológicas identificadas nos furos de sondagem.

Em complemento à Figura 5, e de acordo com os testemunhos recolhidos em ambas as sondagens, de seguida efectua-se uma descrição das respectivas litologias:

▪ **Formação do Holocénico - Recente**

• **(sc) Solos com contaminação orgânica**

Esta camada encontra-se imediatamente subjacente ao pavimento de argamassa que se pode observar na Figura 4. Foi detectada nos dois furos de sondagem, desenvolvendo-se até uma profundidade de, aproximadamente, 1,3 m em S1 e de 1,8 m em S2/Pz. De acordo com a amostragem disponível, é constituída por uma mistura heterogénea de solos com contaminação orgânica, de aparência silto-arenosa, de cor castanha a castanho-escura, com fragmentos rochosos dispersos (dimensão máxima observada nos testemunhos de sondagem de 7 cm). Na base da camada, no furo de sondagem S2/Pz, foi ainda identificado um estrato de areia heterométrica com argila, de cor castanha, com vestígios de contaminação orgânica (zona de transição para a formação subjacente).

▪ **Formação do Plio-Plistocénico**

• **(Q) Areia heterométrica com argila e cascalho subangular a sub-rolado ⁽⁴⁾**

Este estrato foi identificado em ambos os furos de sondagem subjacentemente à camada de solos com contaminação orgânica. Os materiais que o constituem apresentam uma cor esbranquiçada, cinzento-esbranquiçada, castanho-clara a castanho-ferruginosa. Os resultados dos ensaios SPT variaram entre 6 e 46 pancadas, aos quais correspondem solos soltos a compactos. ⁽⁵⁾

▪ **Formação do Paleozóico**

• **(γm) Possível transição para o substrato rochoso - granito de grão médio a grosseiro, decomposto (W5) ⁽⁶⁾**

O material rochoso encontra-se completamente alterado ao ponto de se desintegrar num solo de aparência areno-siltosa. A alteração confere-lhe uma cor castanho-ferruginosa. Este estado de alteração do maciço rochoso foi identificado no final do furo de sondagem S2/Pz, a partir de, sensivelmente, 7,7 m de profundidade. Obteve-se um resultado de 44 pancadas do ensaio SPT, ao qual correspondem materiais compactos.

⁽⁴⁾ Classes de arredondamento de partículas de solo segundo a Figura G.2 do Anexo G.

⁽⁵⁾ Compacidade de um solo definida de acordo com a classificação do Quadro G.I do Anexo G.

⁽⁶⁾ Estado de alteração proposto por *International Society for Rock Mechanics* (I.S.R.M., 1980) de acordo com o Quadro G.II do Anexo G.

5.2 Caracterização geotécnica

5.2.1 Resultados dos ensaios *in situ*

Complementarmente à caracterização geológica dos testemunhos de sondagem, procedeu-se à interpretação dos resultados dos ensaios SPT, tendo em vista a sua classificação do ponto de vista geotécnico.

Na Figura 6 apresentam-se dois gráficos. Um expressa, para cada sondagem, os resultados dos ensaios SPT em profundidade (Figura 6a), enquanto o outro associa os resultados dos ensaios SPT às respectivas unidades litológicas (Figura 6b).

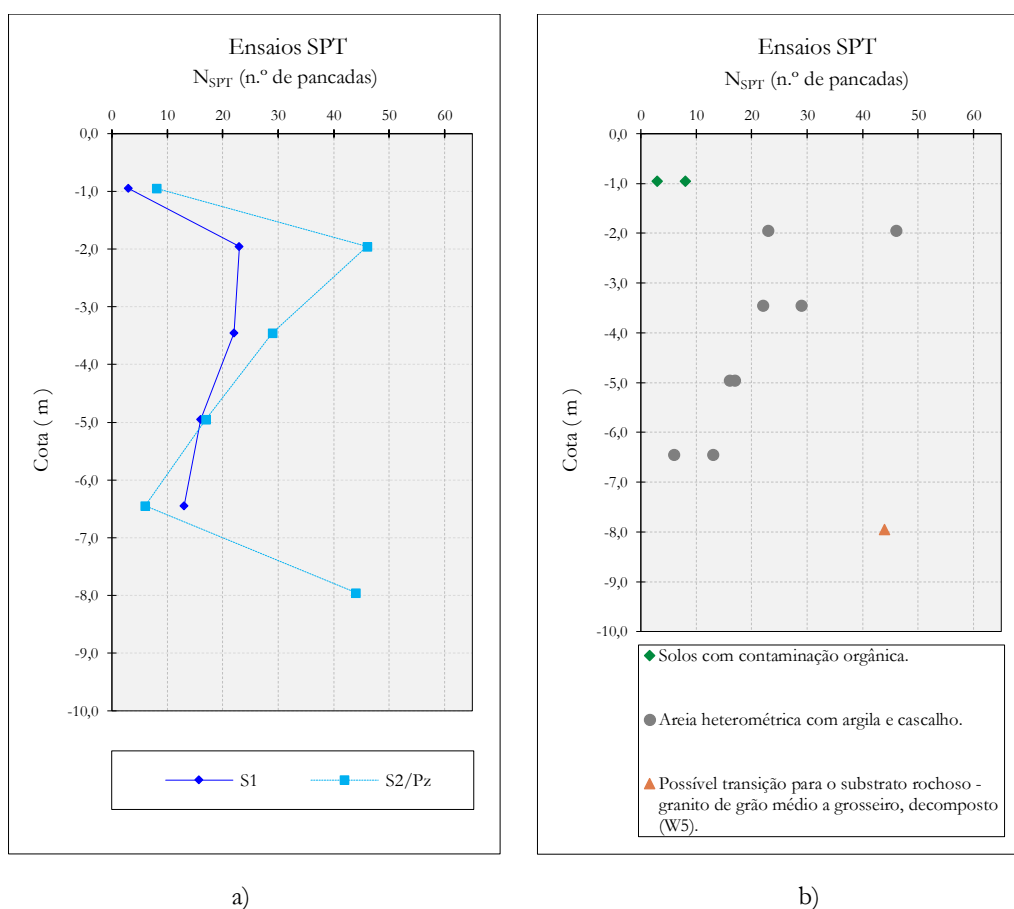


Figura 6 – Representação gráfica dos resultados dos ensaios SPT: a) em função do furo de sondagem; b) em função das unidades litológicas.

5.2.2 Zonamento geotécnico

A definição do modelo geotécnico do maciço prospectado e a atribuição de valores aos parâmetros geotécnicos teve por base a interpretação da informação que a campanha de prospecção permitiu obter, conjugada com a consulta de bibliografia da especialidade.

O critério adoptado na definição das várias unidades que constituem o modelo geotécnico baseou-se na análise de diferentes aspectos, de entre os quais se destacam:

- unidades litoestratigráficas;
- características dos solos e rochas, nomeadamente, presença de contaminação orgânica, granulometria, espaçamento entre descontinuidades, estado de alteração e índice RQD;
- resultados dos ensaios SPT;
- escavabilidade e ripabilidade dos materiais aferida a partir das propostas de Pettifer e Fookes (1994) e Santos Fonseca (2011), apresentadas na Figura G.3 e no Quadro G.VI do Anexo G.

Com base nestes critérios foram definidas quatro zonas geotécnicas que se encontram discriminadas no Quadro IV. Em complemento, foi elaborado um perfil geológico-geotécnico interpretativo com o objectivo de representar o desenvolvimento expectável das diferentes zonas geotécnicas entre os locais de sondagem. O referido perfil consta do Anexo C, sendo de mencionar que este consiste numa interpretação possível e simplificada do comportamento do maciço baseada na informação que a campanha de prospecção permitiu obter.

Quadro IV – Proposta de zonamento geotécnico.

Zona geotécnica	Descrição litológica
 ZG4	Solos com contaminação orgânica.
 ZG3	Areia heterométrica com argila e cascalho, com resultados do ensaio SPT compreendidos entre 5 e 10 pancadas.
 ZG2	Areia heterométrica com argila e cascalho, com resultados do ensaio SPT compreendidos entre 11 e 30 pancadas.
 ZG1a	Passagem pontual de materiais compactos (resultados do ensaio SPT compreendidos entre 31 e 50 pancadas).
ZG1	Areia heterométrica com argila e cascalho ou granito decomposto (W5), com resultados do ensaio SPT compreendidos entre 31 e 50 pancadas.

5.2.3 Parâmetros geotécnicos

Tendo em consideração o modelo geotécnico apresentado no ponto anterior, propõem-se, no Quadro V, valores para os respectivos parâmetros geotécnicos.

Quadro V – Valores propostos para as propriedades físicas e características de resistência e de deformabilidade das zonas geotécnicas (domínio dos maciços terrosos).

Zona geotécnica	Parâmetros geotécnicos ⁽⁷⁾			
	γ (kN/m ³)	e' (kPa)	ϕ' (°)	E' (MPa)
 ZG4	17 a 18	< 7	< 26	< 3
 ZG3	18 a 19	2 a 5	28 a 31	3 a 10
 ZG2	19 a 20	2 a 5	31 a 34	8 a 25
 ZG1a ----- ZG1	20 a 21	10 a 15	34 a 36	25 a 40

Na elaboração do projecto recomenda-se que seja adoptada a combinação mais desfavorável da gama de valores propostos no quadro anterior para os diversos parâmetros. Os valores de cálculo poderão ser determinados através da aplicação dos coeficientes parciais de segurança, em conformidade com o que se preconiza na norma NP EN 1997-1 (Eurocódigo 7 – *Projecto geotécnico. Parte 1: Regras gerais*).

⁽⁷⁾ Valores deduzidos com base em correlações a partir dos resultados do ensaio SPT.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 Escavabilidade, aptidão para fundação e tensões admissíveis

Da análise conjunta dos resultados obtidos no presente estudo, apresenta-se, no Quadro VI, a caracterização das zonas geotécnicas no que respeita à escavabilidade, aptidão para fundação e tensão admissível presumida.

Quadro VI – Caracterização das zonas geotécnicas quanto à escavabilidade, aptidão para fundação e tensão admissível presumida.

Zona geotécnica	Escavabilidade ⁽⁸⁾	Aptidão para fundação ⁽⁹⁾	Tensão admissível presumida (kPa) ⁽¹⁰⁾	
			Ausência de nível freático à cota de fundação	Condições submersas
 ZG4	Escavação mecânica fácil.	Inadequada.	-	
 ZG3	Escavação mecânica fácil.	Muito fraca (capacidade de carga muito reduzida).	50 a 100	25 a 50
 ZG2	Escavação mecânica fácil.	Fraca (capacidade de carga reduzida).	100 a 300	50 a 150
 ZG1a ZG1	Escavação mecânica fácil a moderada.	Razoável (capacidade de carga intermédia).	300 a 450	150 a 225

6.2 Condições de fundação

Os testemunhos de sondagem e os resultados dos ensaios realizados no âmbito do presente estudo permitem concluir que, à cota actual do terreno, ocorrem solos com contaminação orgânica (zona geotécnica ZG4), cujas características geológico-geotécnicas se revelam inadequadas para a instalação das fundações das estruturas que se pretende construir.

Com efeito, tendo em consideração o tipo de estruturas a edificar, sugere-se que seja analisada a viabilidade de adopção de uma solução de fundações do tipo directo devidamente instaladas nas zonas geotécnicas imediatamente subjacentes à zona geotécnica ZG4, correspondentes às areias

⁽⁸⁾ Escavabilidade e ripabilidade de maciços baseada nas propostas de Pettifer e Fookes (1994) e Santos Fonseca (2011), apresentadas na Figura G.2 e no Quadro G.VI do Anexo G.

⁽⁹⁾ Aptidão para fundação definida em função da natureza e do estado de compacidade actual dos materiais (*in situ*).

⁽¹⁰⁾ Tensão admissível presumida de fundações superficiais em solos arenosos baseada na proposta de Look (2014), considerando um assentamento de 25 mm e uma largura da fundação superior a 1,0 m. Conforme sugerido pelo autor, indicam-se valores para a hipótese de o nível freático se encontrar abaixo da cota de fundação, a uma profundidade superior à largura da fundação e valores para condições submersas. Para outro valor do assentamento poderá ser admitida uma proporção directa entre a tensão e o assentamento. Os valores propostos por este método empírico poderão ser adoptados para pré-dimensionamento das fundações, carecendo de validação a partir de outros métodos, como por exemplo o sugerido no Anexo D da norma NP EN 1997-1. Neste último caso, a tensão admissível poderá ser obtida através da aplicação de um factor de segurança de 3 ao valor da capacidade resistente do terreno ao carregamento.

heterométricas com argila e cascalho. Neste cenário, recomenda-se a adopção de um valor de 150 kPa para tensão admissível do terreno à cota de fundação e, a execução de vigas de equilíbrio ao nível das sapatas de fundação, caso venha a ser adoptada uma solução de fundações através de sapatas isoladas.

ANEXO A

Planta de localização



Legenda

- Sondagem à rotação com realização de ensaios SPT (Pz - sondagem com instalação de piezómetro).
- Perfil geológico-geotécnico interpretativo.



Requerente: Câmara Municipal de Vila do Conde

Designação do processo: Requalificação do Largo de Vilarinho

Local de intervenção: Macieira da Maia - Vila do Conde

Peça desenhada: Planta de localização

Desenho n.º A.1
Processo n.º 8922020

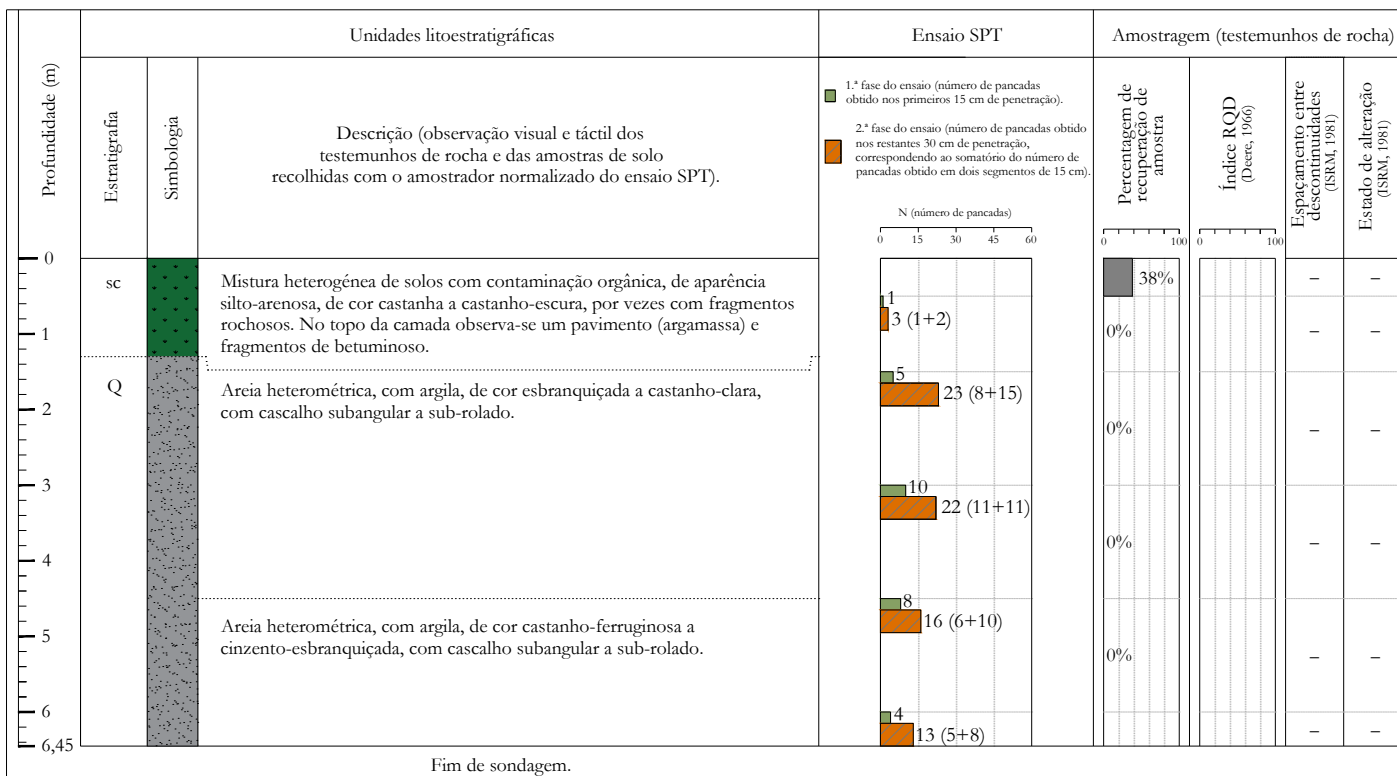
Versão	Descrição	Formato	Escala	Elaborado	Verificado
00	Emissão do documento.	A3	1:500	Filipa Pinheiro	Lara Dias

O presente documento e a informação que nele consta são propriedade da ENGGEIO®, não podendo ser reproduzidos, copiados e/ou divulgados, por qualquer meio ou forma, sem o prévio e expreso consentimento do seu autor.

ANEXO B

Logs de sondagem e registo fotográfico

Log de sondagem S1

 Data de execução da sondagem: 05/03/2020
 Metodologia de perfuração: Rotação com amostrador de parede dupla T2 $\phi 76$ mm
 Cota: 0,0
 Inclinação do furo: 90 °


Testemunhos da sondagem S1

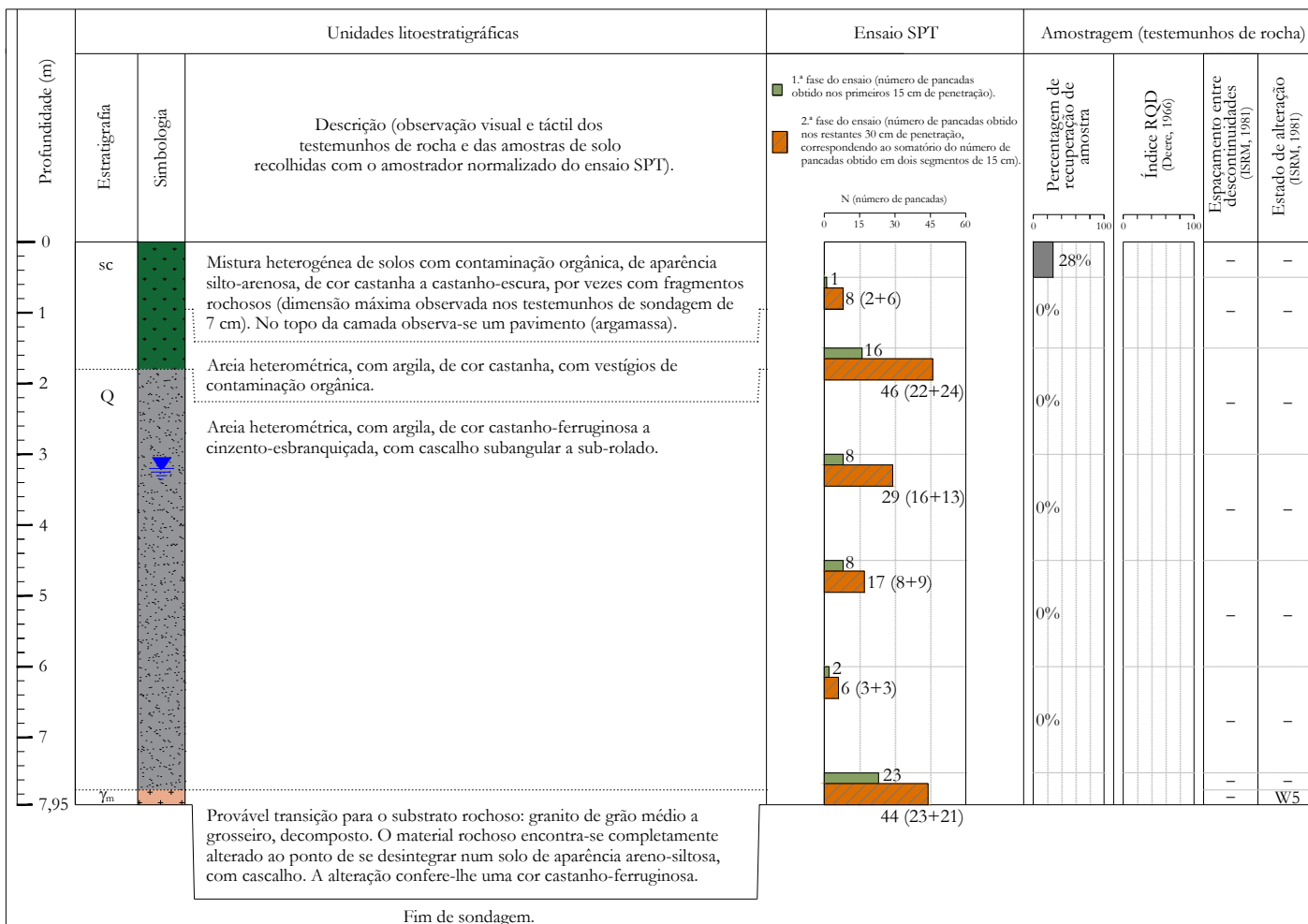
Data de execução da sondagem: 05/03/2020
Metodologia de perfuração: Rotação com amostrador de parede dupla T2 $\phi 76$ mm
Cota: 0,0
Inclinação do furo: 90 °



Figura B.1 - Fotografias dos testemunhos da sondagem S1.

Log de sondagem S2/Pz

Data de execução da sondagem: 05/03/2020
 Metodologia de perfuração: Rotação com amostrador de parede dupla T2 $\phi 76$ mm
 Cota: 0,0
 Inclinação do furo: 90 °



Nota:



Nível piezométrico (leitura realizada no dia 16 de Março de 2020 às 10h20m).

Testemunhos da sondagem S2/Pz

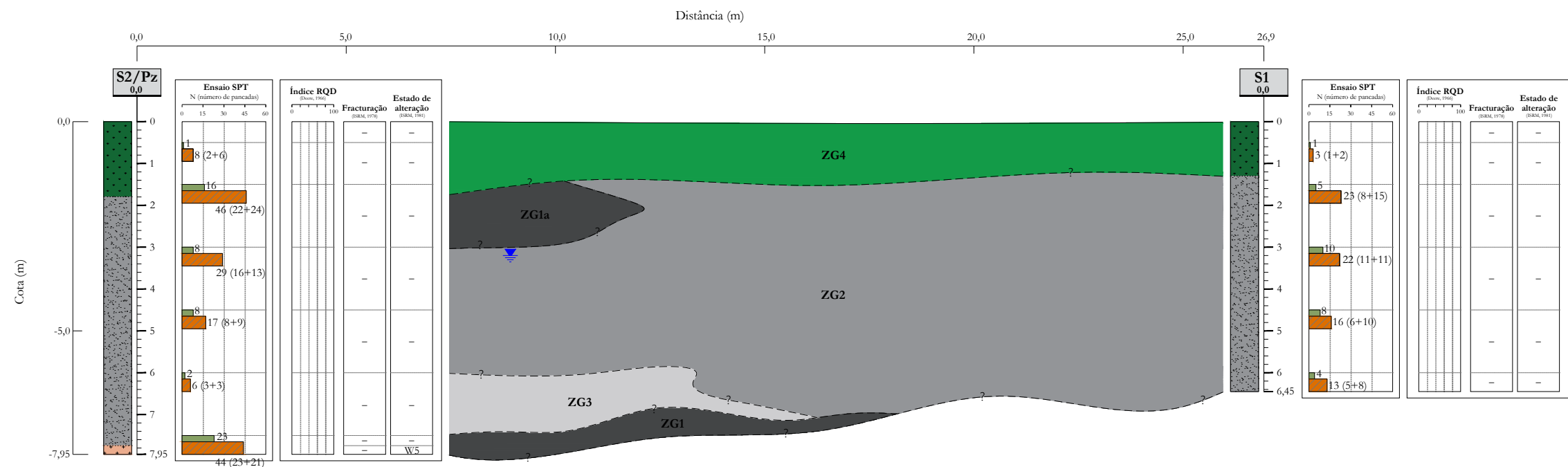
Data de execução da sondagem: 05/03/2020
Metodologia de perfuração: Rotação com amostrador de parede dupla T2 $\phi 76$ mm
Cota: 0,0
Inclinação do furo: 90 °



Figura B.1 - Fotografias dos testemunhos da sondagem S2/Pz.

ANEXO C

Perfil geológico-geotécnico interpretativo



Legenda

- Si** Sondagem à rotação com realização de ensaios SPT (Pz - sondagem com instalação de piezómetro).
- x** Resultados do ensaio SPT (**x** corresponde ao número de pancadas obtido na 1.ª fase do ensaio (primeiros 15 cm de penetração); **n** corresponde ao resultado da 2.ª fase (restantes 30 cm de penetração), sendo $n = y + w$).
- Nível piezométrico (leitura realizada no dia 16 de Março de 2020 às 10h20m).
- Possível limite geológico (interpretação, tendo por base a amostragem disponível).
- ZGi** Zona geotécnica proposta.

Simbologia

- (sc) Solos com contaminação orgânica.
- (Q) Areia heterométrica com argila e cascalho.
- (γ_m) Possível transição para o substrato rochoso - granito de grão médio a grosseiro, decomposto (W5).

Zonas geotécnicas

- ZG4 - Solos com contaminação orgânica.
- ZG3 - Areia heterométrica com argila e cascalho, com resultados do ensaio SPT compreendidos entre 5 e 10 pancadas.
- ZG2 - Areia heterométrica com argila e cascalho, com resultados do ensaio SPT compreendidos entre 11 e 30 pancadas.
- ZG1a - Passagem pontual de materiais compactos (resultados do ensaio SPT compreendidos entre 31 e 50 pancadas).
- ZG1 - Areia heterométrica com argila e cascalho ou granito decomposto (W5), com resultados do ensaio SPT compreendidos entre 31 e 50 pancadas.

Nota

Este desenho é parte integrante do Relatório Geológico-Geotécnico e deve ser analisado conjuntamente com a informação que dele consta.



Requerente:	Câmara Municipal de Vila do Conde			
Designação do processo:	Requalificação do Largo de Vilarinho			
Local de intervenção:	Macieira da Maia - Vila do Conde			
Peça desenhada:	Perfil geológico-geotécnico interpretativo 1		Desenho n.º C.1 Processo n.º 8922020	

Versão	Descrição	Formato	Escala	Elaborado	Verificado
00	Emissão do documento.	A3	1:125	Filipa Pinheiro	Lara Dias

O presente documento e a informação que nele consta são propriedade da ENGGEIO®, não podendo ser reproduzidos, copiados e/ou divulgados, por qualquer meio ou forma, sem o prévio e expreso consentimento do seu autor.

ANEXO D

Legenda da Carta Geológica

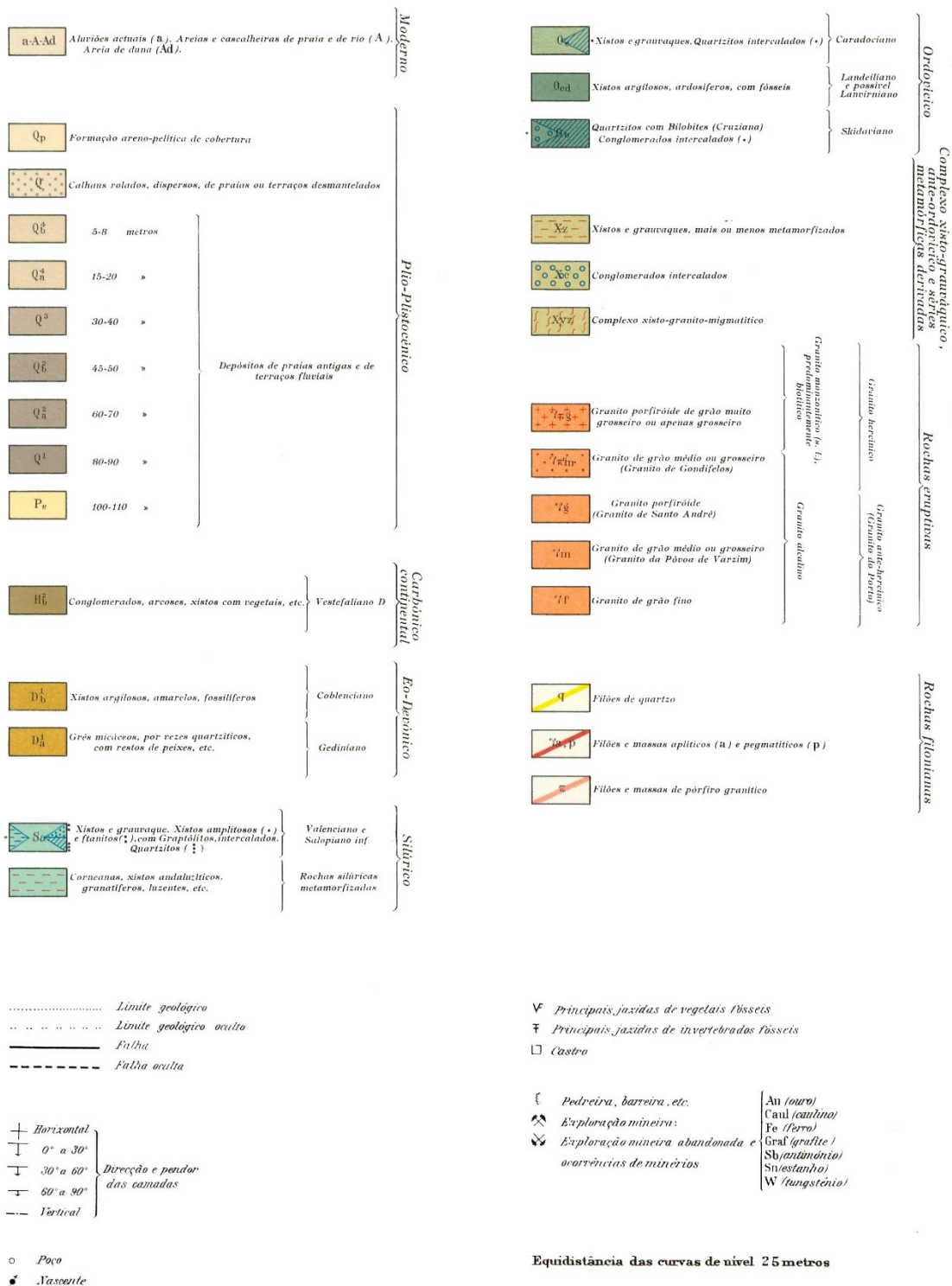


Figura D.1 – Legenda integral da Folha 9-A Póvoa de Varzim da Carta Geológica de Portugal (escala original 1:50 000) (Teixeira *et al.*, 1965).

ANEXO E

Enquadramento sísmico

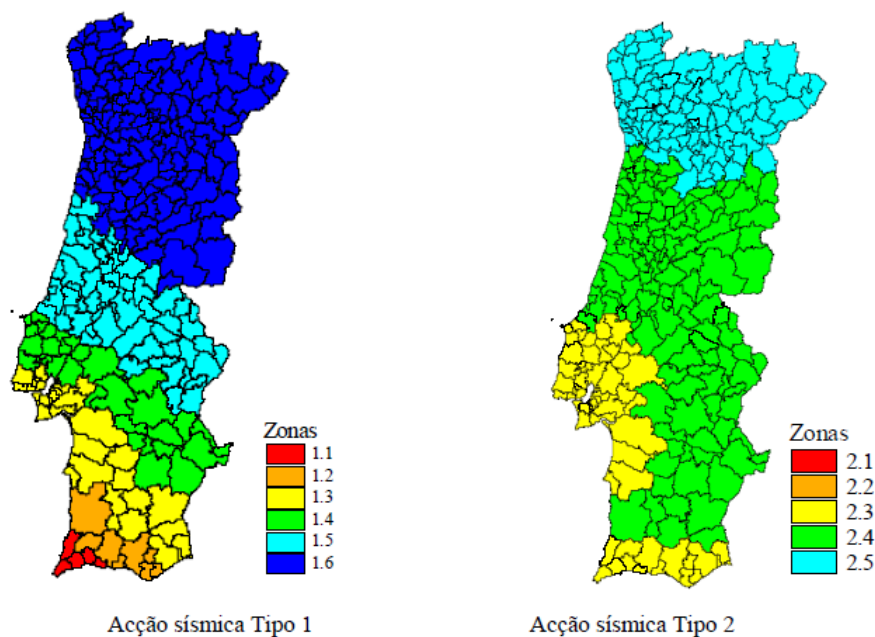


Figura E.1 – Zonamento sísmico em Portugal Continental (NP EN 1998-1, 2010).

Quadro E.I – Aceleração máxima de referência a_{gR} (m/s²) em função do tipo de acção sísmica e da zona sísmica, (NP EN 1998-1, 2010).

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	-	-

Quadro E.II – Tipos de terreno (NP EN 1998-1, 2010).

Tipo de terreno	Descrição do perfil estratigráfico	Parâmetros		
		$v_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT} (pancadas/30 cm)	c_u (kPa)
A	Rocha ou outra formação geológica de tipo rochoso, que inclua, no máximo, 5 m de material mais fraco à superfície.	> 800	-	-
B	Depósitos de areia muito compacta, de seixo (cascalho) ou de argila muito rija, com uma espessura de, pelo menos, várias dezenas de metros, caracterizados por um aumento gradual das propriedades mecânicas com a profundidade.	360 - 800	> 50	> 250
C	Depósitos profundos de areia compacta ou medianamente compacta, de seixo (cascalho) ou de argila rija com uma espessura entre várias dezenas e muitas centenas de metros.	180 - 360	15 - 50	70 - 250
D	Depósitos de solos não coesivos de compactidade baixa a média (com ou sem alguns estratos de solos coesivos moles), ou solos predominantemente coesivos de consistência mole a dura.	< 180	< 15	< 70
E	Perfil de solo com um estrato aluvionar superficial com valores de v_s do tipo C ou D e uma espessura entre cerca de 5 e 20 m, situado sobre um estrato mais rígido com $v_s > 800$ m/s.			
S_1	Depósitos constituídos ou contendo um estrato com pelo menos 10 m de espessura de argilas ou siltes moles com um elevado índice de plasticidade ($PI > 40$) e um elevado teor de água.	< 100 (indicativo)	-	10 - 20
S_2	Depósitos de solos com potencial de liquefação, de argilas sensíveis ou qualquer outro perfil de terreno não incluído nos tipos A - E o S_1 .			

ANEXO F

Ensaio SPT

Com exceção daqueles que são realizados à superfície do terreno, a execução de ensaios SPT implica que se proceda, complementarmente, à realização de furos de sondagem. Com efeito, durante a execução de um furo de sondagem, o processo de perfuração é interrompido sempre que se pretende dar lugar à execução de um ensaio SPT. Usualmente estes ensaios, aplicáveis a solos e a maciços rochosos completamente alterados, são realizados em intervalos sucessivos de 1,5 m e sempre que se regista uma mudança de litologia

Segundo Matos Fernandes (2011), “basicamente o ensaio consiste em cravar no fundo de um furo de sondagem um amostrador normalizado (...) por meio de golpes ou de pancadas de um martelo de 63,5 kgf (140 libras) de peso que cai de uma altura de 76 cm (30 polegadas). O amostrador é um tubo de aço bipartido (com diâmetros exterior e interior de, respectivamente, 51 mm e 35 mm) com comprimento de cerca de 80 cm e peso aproximado de 6,8 kgf. À extremidade inferior do corpo do amostrador anexa-se um anel cortante [vulgarmente designado por ponteira] que é biselado na boquilha para facilitar a penetração no terreno. Na extremidade oposta é roscada uma peça, dotada de uma válvula de esfera antirretorno e de orifícios laterais para purga do ar e da água durante a cravação, que faz a ligação ao trem de varas.”

Na Figura F.1 mostram-se fotografias de um amostrador normalizado em diferentes momentos da execução do ensaio SPT.

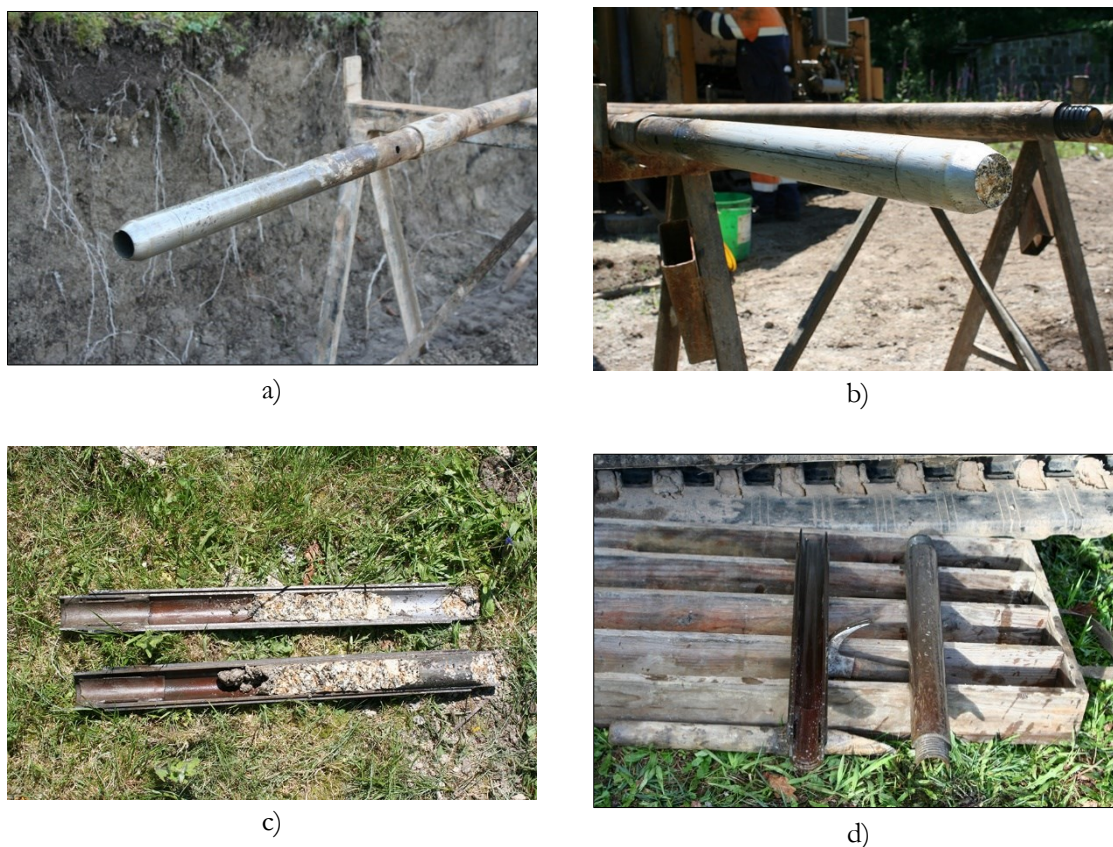


Figura F.1 – Amostrador normalizado: a) amostrador acoplado ao trem de varas antes do início do ensaio; b) pormenor da ponteira do amostrador após a execução do ensaio, sendo visível parte da amostra recolhida; c) amostrador aberto após a execução do ensaio com amostra recolhida; d) amostrador aberto após remoção da amostra.

A execução do ensaio SPT compreende a penetração contínua do amostrador em três intervalos sucessivos de 15 cm, registando-se, para cada um, o número de pancadas observado. Ao primeiro intervalo corresponde a primeira fase do ensaio. A segunda fase, por sua vez, corresponde à consideração conjunta do segundo e terceiro intervalos, isto é, à cravação dos últimos 30 cm, sendo o número de pancadas registado nesta fase o resultado do ensaio SPT, N .

De acordo com o mesmo autor, o valor de pancadas registado na primeira fase “... é tomado como meramente informativo, já que com a mesma se pretende, essencialmente, atravessar o terreno mais perturbado imediatamente abaixo do fundo do furo.”

Após a aplicação de 60 pancadas^(F.1), caso a penetração apresente um valor inferior a 15 cm na primeira fase ou a 30 cm na segunda fase – que vulgarmente se designa, consoante o caso, por nega de primeira ou de segunda fase –, dá-se o ensaio por concluído, registando-se, para além do número de pancadas observado, o valor da penetração correspondente.

O procedimento associado à execução do ensaio SPT encontra-se ilustrado de forma esquemática na Figura F.2.

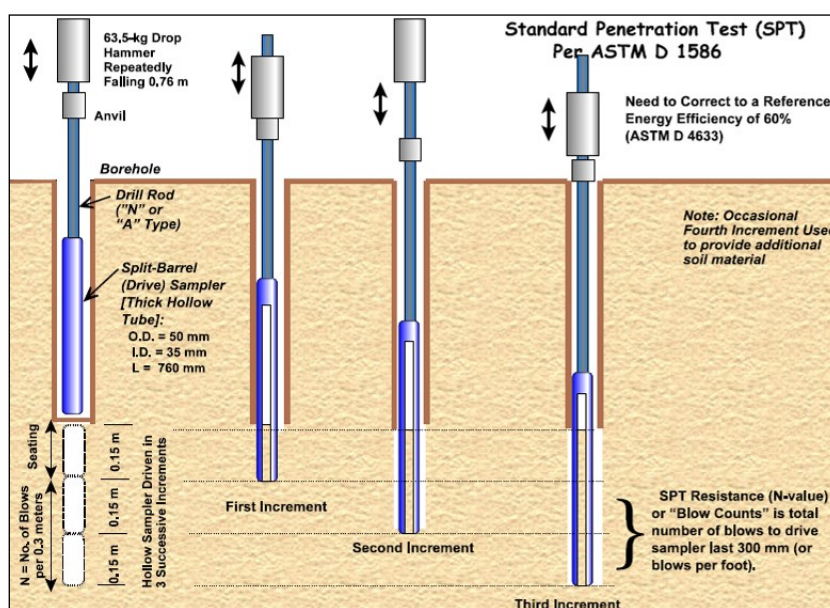


Figura F.2 – Esquema ilustrativo da execução do ensaio SPT. (Mayne *et al.*, 2001).

No Quadro F.I apresentam-se os factores correctivos a aplicar ao resultado do ensaio SPT para ter em consideração o efeito de profundidade de execução do ensaio (comprimento das varas), a dissipação da energia ao longo das varas e o tipo de amostrador utilizado, de acordo com a expressão apresentada de seguida.

$$N_{60} = N_{SPT} \times C_B \times C_R \times C_S \times C_N$$

Em que:

C_B - factor de correcção que tem em conta o comprimento das varas;

C_R - factor de correcção que tem em conta o efeito do diâmetro do furo;

C_S - factor de correcção que tem em conta o tipo de amostrador;

C_N - factor de correcção aplicável em solos arenosos para ter em conta o efeito do nível de tensões efectivas à profundidade do ensaio.

^(F.1) Apesar de em Portugal ser prática corrente associar a nega do ensaio SPT à obtenção de um resultado de 60 pancadas, a norma EN ISO 22476-3:2005 estipula o valor de 50 pancadas.

Quadro F.I – Factores correctivos do ensaio SPT (Skempton, 1986 *apud* Bessa, 2009).

Comprimento das varas	C_B
> 10 m	1,00
6 a 10 m	0,95
4 a 6 m	0,85
3 a 4 m	0,75
Diâmetro do furo	C_R
65 a 115 mm	1,00
150 mm	1,05
200 mm	1,15
Amostrador	C_S
Bipartido	1,00
Inteiro	1,20
Tensão efectiva	C_N
Solos arenosos	$\left[\frac{(\sigma'_{v0})_1}{\sigma_{v0}} \right]^{0,5}$

ANEXO G

Classificação de maciços e simbologia

1. CLASSIFICAÇÃO DE MACIÇOS

1.1 Solos

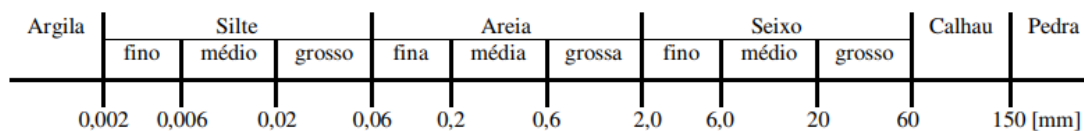


Figura G.1 – Escala granulométrica adotada pela Especificação LNEC E-219 (1968).

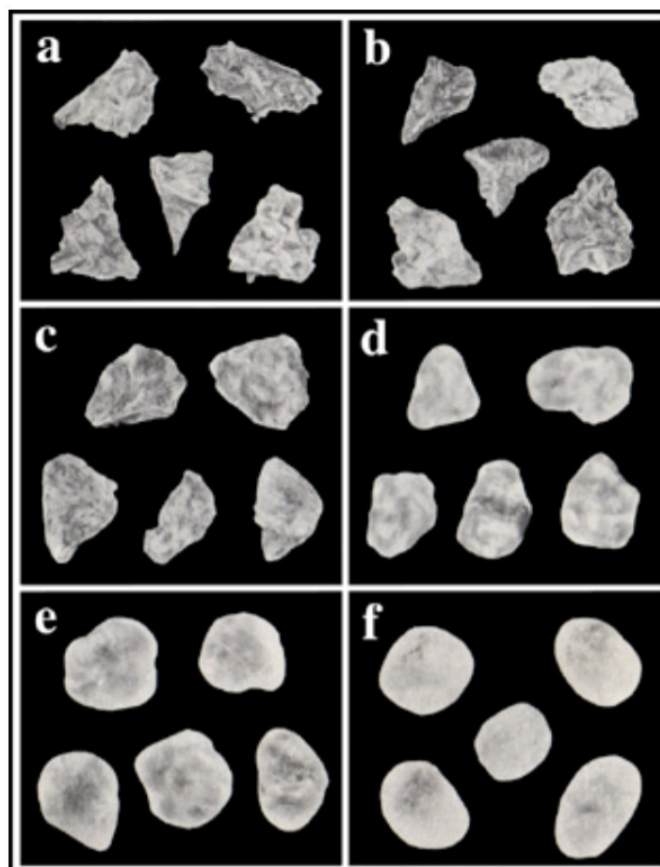


Figura G.2 – Exemplos das seis classes de arredondamento de partículas de solo definidas por Powers (1953):

a) muito angular; b) angular; c) sub-angular; d) sub-rolado; e) rolado; f) bem rolado.

Quadro G.I – Classificação dos solos arenosos quanto à sua compactidade, através da relação com o número de pancadas do Ensaio SPT (Terzaghi & Peck, 1948).

N ₆₀	Compactidade				
	Muito solta	Solta	Medianamente compacta	Compacta	Muito compacta
	< 4	4 – 10	10 – 30	30 – 50	> 50

1.2 Rochas

Quadro G.II – Classificação do estado de alteração de maciços rochosos proposta por I.S.R.M. (1980) *apud* Pinho, A. *et al.* (2006).

Designação	Características principais	ISRM, 1980
Rocha decomposta	Todo o material rochoso encontra-se decomposto e/ou desintegrado num solo. A estrutura da rocha-mãe encontra-se largamente intacta.	W5
Rocha muito alterada	Mais de metade do material rochoso encontra-se decomposto e/ou desintegrado num solo. A rocha fresca ou com coloração pode ser observada numa estrutura descontínua.	W4
Rocha medianamente alterada	Menos de metade do material rochoso encontra-se decomposto e/ou desintegrado num solo. A rocha fresca ou com coloração pode ser observada numa estrutura descontínua.	W3
Rocha pouco alterada	A coloração indica alteração da matriz rochosa e das superfícies de descontinuidade. Toda a rocha pode apresentar coloração devido à alteração e pode estar um pouco mais enfraquecida do que no seu estado fresco.	W2
Rocha sã	Não são visíveis sinais de alteração; talvez uma ligeira coloração nas principais superfícies de descontinuidade.	W1

Quadro G.III – Espaçamento entre descontinuidades proposto por ISRM (Anon. 1981) *apud* Bell, F.G. (1992).

Símbolo	Designação	Espaçamento (cm)
F1	Muito afastadas	> 200
F2	Afastadas	60 – 200
F3	Medianamente afastadas	20 – 60
F4	Próximas	6 – 20
F5	Muito próximas	< 6

Quadro G.IV – Classificação do Índice RQD proposta por Deere (1966) *apud* Palmström A., Singh, R. (2001).

RQD (%)	Qualidade do maciço rochoso
0 – 25	Muito fraco
25 – 50	Fraco
50 – 75	Razoável
75 – 90	Bom
90 – 100	Excelente

Quadro G.V – Estimativa aproximada da resistência à compressão simples de rochas a partir de índices de campo proposto por ISRM (1978) *apud* Hoek Evert (2007).

Classe	Descrição	Identificação de campo	Intervalo aproximado de valores da resistência à compressão simples (MPa)
R0	Rocha extremamente branda	Pode marcar-se com a unha.	0,25 - 1,0
R1	Rocha muito branda	A rocha desagrega-se com um golpe da ponta do martelo. Corta-se facilmente com uma navalha.	1 - 5
R2	Rocha branda	Corta-se com dificuldade com uma navalha. Ao golpear com a ponta do martelo produzem-se pequenas marcas.	5 – 25
R3	Rocha moderadamente dura	Não pode cortar-se com uma navalha. Pode fracturar-se com um golpe forte do martelo.	25 – 50
R4	Rocha dura	É necessário mais de um golpe com martelo para se fracturar.	50 - 100
R5	Rocha muito dura	São necessários muitos golpes de martelo para se fracturar.	100 - 250
R6	Rocha extremamente dura	Ao golpear-se com o martelo soltam-se lascas.	> 250

1.3 Escavabilidade

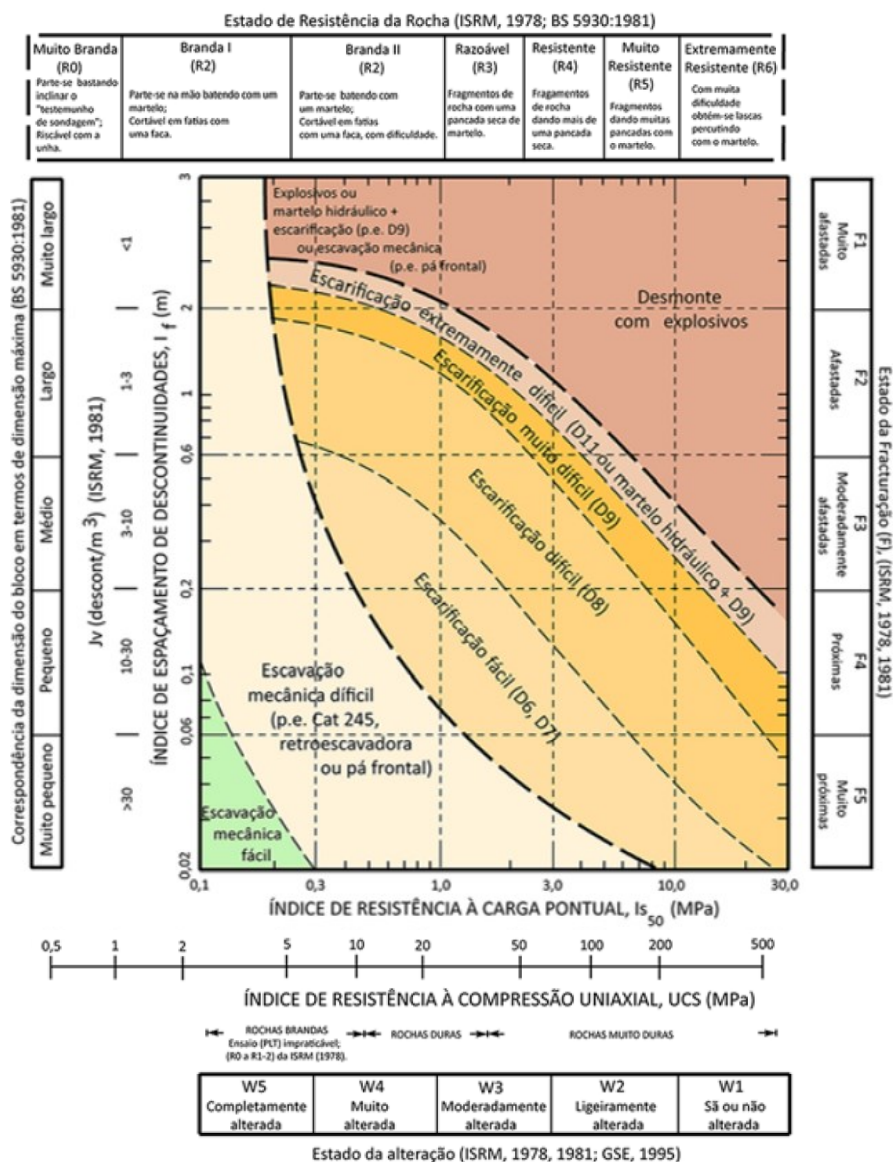


Figura G.3 – Parâmetros geológicos, geotécnicos e geomecânicos envolvidos na caracterização dos maciços para efeitos de desmonte (adaptado de Pettifer e Fookes, 1994 *apud* DGEG, 2011).

Quadro G.VI – Classes de terreno (Santos Fonseca, 2011).

Classe de terreno	Características	Materiais
Classe A	Terrenos cujo desmonte só é possível por meio de guilho, martelo pneumático ou explosivos.	Rochas duras e sãs, rochas pouco duras ou medianamente alteradas e, eventualmente, solos coerentes rijos.
Classe B	Terrenos cuja escavação pode ser executada com picareta ou com meios mecânicos.	Rochas brandas ou muito alteradas, solos coerentes rijos, solos coerentes muito duros e, eventualmente, solos coerentes duros e misturas areia-seixo bem graduadas e compactas.
Classe C	Terrenos que podem ser escavados à picareta, à enxada ou por meios mecânicos.	Solos coerentes duros, solos coerentes de consistência média, areias e misturas areia-seixo bem graduadas e compactas e, eventualmente, areias uniformes compactas, turfas e depósitos turfosos, aterros e entulhos.
Classe D	Terrenos facilmente escavados à pá, à enxada ou por meios mecânicos.	Areias e misturas areia-seixo bem graduadas mas soltas, areias uniformes compactas, areia uniformes soltas, solos coerentes moles, solos coerentes muito moles, lodos, turfas e depósitos turfosos, aterros e entulhos.

2. SIMBOLOGIA

c' coesão em tensões efectivas

E módulo de Young, módulo de deformabilidade

γ peso volúmico

ϕ' ângulo de atrito efectivo

BIBLIOGRAFIA

- BELL, F.G. (1992). *Engineering in rock masses*. Butterworth-Heinmann Ltd., Oxford.
- DGEG (2011) *Boletim de Minas*. Vol. 46. N.º2. Lisboa.
- EN ISO 22476-3 (2005). *Geotechnical investigation and testing – Field testing – Part 3: Standard Penetration Test*. CEN, Brussels.
- HOEK, E. (2007). *Practical Rock Engineering*. Evert Hoek Consulting Engineer Inc.
- LNEC E-219 (1968). *Prospecção geotécnica de terrenos. Vocabulário*. Especificação LNEC.
- NP EN 1997-1 (2010). *Eurocódigo 7 – Projecto geotécnico. Parte 1: Regras gerais*. Instituto Português da Qualidade.
- NP EN 1998-1 (2010). *Eurocódigo 8 – Projecto de estruturas para resistência aos sismos. Parte 1: Regras gerais, acções sísmicas e regras para edifícios*. Instituto Português da Qualidade.
- NP EN 1998-5 (2010). *Eurocódigo 8 – Projecto de estruturas para resistência aos sismos. Parte 5: Fundações, estruturas de suporte e aspectos geotécnicos*. Instituto Português da Qualidade.
- PALMSTRÖM, A., SINGH, R. (2001). *The deformation modulus of rock masses - comparisons between in situ tests and indirect estimates*. Tunnelling and Underground Space Technology, Vol. 16, N.º 3.
- PINHO, A. *et al.* (2006). *Overview of the evaluation of the state of rock weathering by visual inspection*. 10th IAEG Congress, Paper 260.
- SANTOS FONSECA, M. (2011). *Curso sobre regras de medição na construção*. LNEC, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.
- TEIXEIRA, C., MEDEIROS, A. C., MATOS, M., DEUS, P. C., OLIVEIRA, J., RODRIGUES, A., LIMA, J. (1965). *Folha 9-A Póvoa de Varzim da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000*.
- TEIXEIRA, C., MEDEIROS, A. C., MATOS, M., DEUS, P. C., OLIVEIRA, J., RODRIGUES, A., LIMA, J. (1965). *Notícia explicativa da Folha 9-A Póvoa de Varzim da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000*.
- TERZAGHI, K. ; PECK, R. B. (1967). *Soil mechanics in engineering practice*, 2nd ed. Wiley, New York.



Alameda dos Descobrimentos, n.º 320, 1.º Direito
4480-872 - Vila do Conde

+351 252 611 017 | geral@enggeo.pt | www.enggeo.pt

© 2020 CGHS - Civil and Geotechnical Engineering Services, Lda

