

PROENGEL

RELATÓRIO GEOTÉCNICO

para o “Saneamento na EN231-1 entre Silgueiros e
Oliveira de Barreiros” em Viseu

- CG01, CG02 -

Junho de 2018

Responsabilidade técnica
Prof. Doutor Fernando L. Ladeira



DeltaTau – Sondagens e Estudos Geotécnicos, Lda
Rua Fernando Ribeiro, Armazém J
3810-011 Aveiro
Telef: 234 724 957
Email: deltatau.lda@gmail.com

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO E TECTONO-SÍSMICO.....	2
2.1 GEOLOGIA REGIONAL.....	2
2.2 TECTÓNICA	4
2.3 SISMICIDADE.....	5
3. CONDUTAS CG01 E CG02.....	11

ANEXO

1. INTRODUÇÃO

Por adjudicação da **Proengel**, através da Eng.^a Margarida Maceira, procedeu-se ao reconhecimento e estudo geotécnico dos locais de implantação das condutas CG01 e CG02 do “Saneamento na EN231-1 entre Silgueiros e Oliveira de Barreiros” em Viseu.

Para o estudo geotécnico foram realizados os seguintes trabalhos de campo:

- cartografia geológica superficial;
- 1 sondagem penetrométrica dinâmica super-pesada (DPSH).

A sondagem penetrométrica dinâmica super-pesada (DPSH), foi realizada com um equipamento da marca Delta MK2; segundo a Norma Europeia EN ISO 22476-2, este penetrómetro é do tipo DPSH-B. Estas sondagens DPSH consistem na penetração de uma série de varas no terreno, no início das quais existe um cone com 50,5 mm de diâmetro e 90º de ângulo apical. A penetração ocorre pela acção da queda de um peso de 63,5 Kg, da altura de 0,75 m, de acordo com as normas do ISSMFE (Sociedade Internacional de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações). O peso de cada vara é de 6 Kg. Para a apresentação do relatório seguiu-se a Norma Europeia EN ISO 22476-2.



Foto 1 – Máquina Delta MK2 utilizada na sondagem DPSH.

Para a cartografia geológica-geotécnica do traçado das condutas tiveram-se em consideração os seguintes princípios:

- 1 – o conhecimento dos diferentes graus de alteração físico-química das rochas graníticas dos vários locais onde a conduta se irá implantar; com esse conhecimento foi-nos permitido identificar os solos (S) residuais graníticos (jovem e maduro), os granitos completamente alterados (W5), os granitos muito alterados (W4) e os granitos alterados (W3). Essa separação é muito importante, pois possibilita reconhecer as zonas em que será possível escavar com os equipamentos usuais de terraplenagem e aquelas desmontáveis com ripper (escarificador), martelo pneumático ou outras técnicas de desmonte;
- 2 – aferição visual da espessura de solos residuais ou orgânicos, granitos completamente alterados (W5) ou granitos muito alterados (W4);
- 3 – aferição da espessura de solos residuais ou orgânicos e das rochas desmontáveis, de acordo com o clima, declive e distribuição arbórea rasteira, das zonas a estudar;
- 4 – observação dos terrenos lavrados próximos ao traçado, reconhecendo o tipo de solos/rochas existentes à superfície;
- 5 – observação do tipo de culturas e plantas cultivadas nos quintais das habitações.

2. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO E TECTONO-SÍSMICO

2.1 GEOLOGIA REGIONAL

A área estudada é formada por rochas intrusivas, englobadas no Maciço Central, são granitos e granodioritos porfiróides, resultantes da Orogenia Hercínica e relacionados com cisalhamentos ductéis. A sua textura é frequentemente porfiróide com megacristais, por vezes, de feldspatos potássico-sódicos; superficialmente foram alterados físico-quimicamente pelo meteorismo que atuou ao longo das fraturas e transformou estas rochas em solos residuais constituídos por solos areno-silto-argilosos ou silto-argilo-arenosos.

Na Tabela I a seguir apresenta-se a descrição do maciço nos seus diferentes graus de alteração. Os parâmetros σ_c e E são respetivamente a tensão de rotura e o módulo de elasticidade dos granitos.

Tabela I

- Descrição do maciço, grau de alteração e propriedades -

Tipo de maciço	Grau de alteração	Descrição do maciço	σ_c MPa	E MPa
Solos residuais (maduros e jovens)	S	A textura original da rocha foi completamente destruída aparentando-se homogénea nos solos maduros e com alguma heterogeneidade nos solos jovens	0,15-0,5	< 75
Completamente alterado	W5	A rocha é completamente descolorida, decomposta e friável, preservando as estruturas da rocha original. A rocha pode ser escavada com os equipamentos usuais de terraplenagem e com picareta.	0,5-5	75-125
Muito alterado	W4	A alteração estende-se a todo o maciço e o material rocha é parcialmente friável. A rocha não tem brilho. Todo o material é descolorido, exceto o quartzo. A rocha pode ser escavada com os equipamentos usuais de terraplenagem.	5-25	125-250
Medianamente alterado	W3	A descoloração da rocha é estendida à maior parte do maciço rochoso. A rocha não é friável. As descontinuidades estão manchadas e/ou contêm preenchimentos de materiais neoformados (argilosos na maior parte dos casos). Os meios tradicionais de terraplenagem têm dificuldade em desmontar o maciço exceto quando as fraturas do maciço forem muito próximas. Algumas vezes o desmonte do maciço poderá ser feito com ripper e/ou martelo pneumático (raramente explosivos)	25-50	250-500
Ligeiramente alterado	W2	Alteração penetrante desenvolvida na superfície das descontinuidades abertas; alguns sinais de alteração na rocha. Resistência elevada ao impacto com o martelo. O desmonte do maciço só pode ser feito com explosivos ou outras técnicas tais como plasma-jet, jacto de água, maçarico oxi-acetilénico, etc.	50- 100	500-800
São	W1	Não há sinais visíveis de alteração. O desmonte do maciço só pode ser feito com explosivos ou outras técnicas referidas em W2.	> 100	> 800

2.2 TECTÓNICA

A unidade Hercínica da Península Ibérica é caracterizada pela existência de várias Zonas Geotectónicas, com características paleogeográficas, tectónicas e lito-estratigráficas distintas, dispostas paralelamente às linhas estruturais da Cadeia (Julivert & col. 1974).

A área em estudo situa-se na denominada Zona Centro Ibérica.

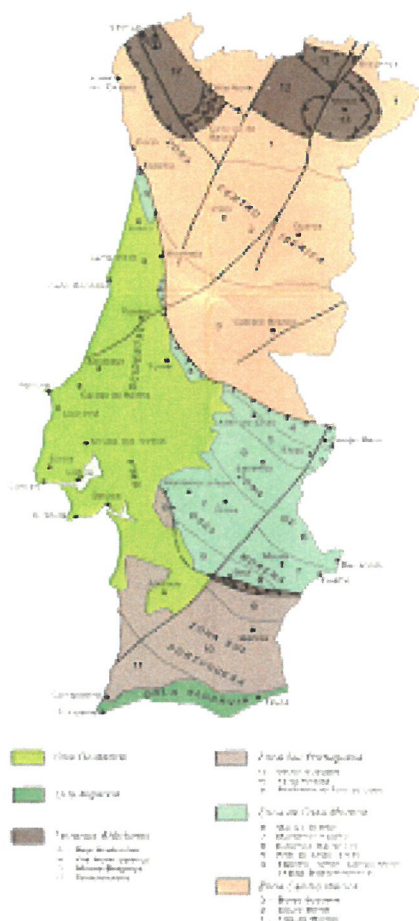


Figura 1 - Esquema tectono-estratigráfico.

2.3 SISMICIDADE

Tendo em conta o “Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes” (RSA), o terreno em estudo enquadra-se na segunda zona de menor risco sísmico do território nacional, a designada Zona C.

Segundo o Eurocódigo 8, o local em estudo insere-se na zona 1.6 para o sismo afastado e 2.5 para o sismo próximo.

ZONA	α
A	1,0
B	0,7
C	0,5
D	0,3

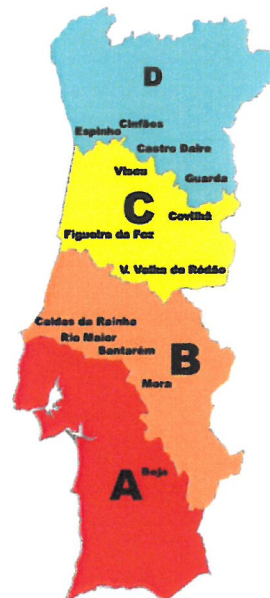


Figura 2 - Carta de zonamento do risco sísmico (RSA)

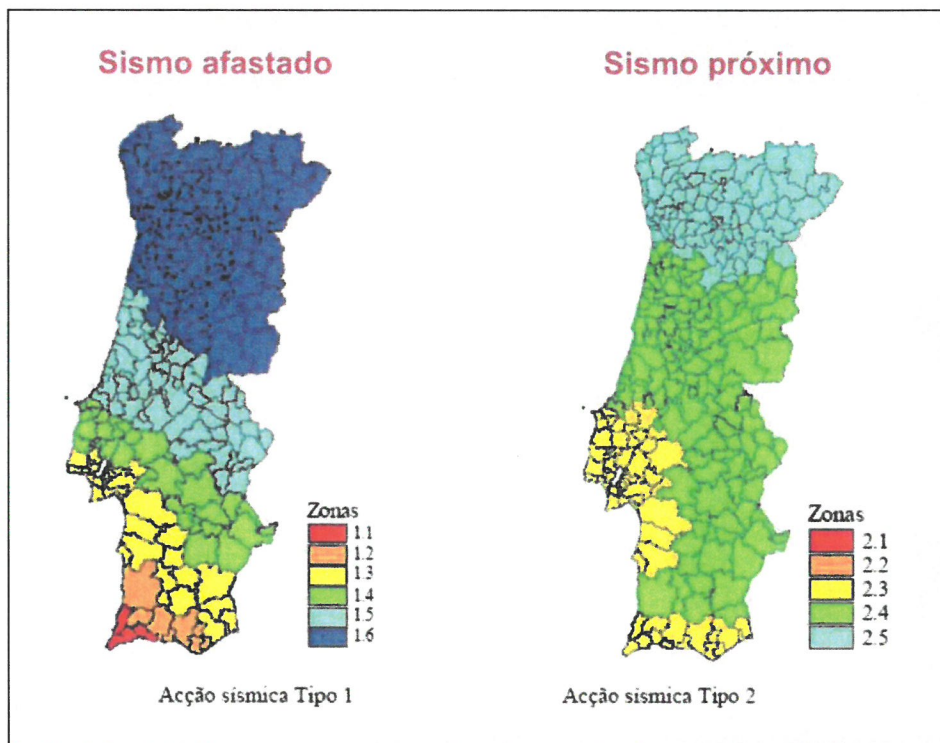


Figura 3 - Carta de zonamento do risco sísmico (EC8 - EN1998)

Aceleração máxima de referência

Zona	AS Tipo 1 a_{gR} (m/s ²)	AS Tipo 2 a_{gR} (m/s ²)
x.1	2,50	2,50
x.2	2,00	2,00
x.3	1,50	1,70
x.4	1,00	1,10
x.5	0,60	0,80
x.6	0,35	-

Figura 4 – Valores para a aceleração máxima de referência (a_{gR}) em m/s².

Os valores da a_{gR} em Viseu no sismo afastado (Tipo 1) é 0,35 m/s² e para o sismo próximo (Tipo 2) é 0,8 m/s².

No quadro seguinte apresenta-se a classificação dos tipos de terreno de acordo com o EC8.

Tipo de terreno	Descrição do perfil estratigráfico	Parâmetros		
		$v_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT} (pançadas/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 de 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 m 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 em água	< 100 (indicativo)	-	10 - 20
S_2	Depósitos de solos com potencial de liquefacção, de argilas sensíveis ou qualquer outro perfil de terreno não incluído nos tipos A – E ou S_1			

No local ocorrem terrenos do Tipo A.

A aceleração sísmica (horizontal ou superficial) num terreno do Tipo A é:

$$a_g = a_{gR} \cdot \gamma_1$$

sendo γ_1 o coeficiente de importância, cujo valor é obtido em função da classe de importância da classe de importância e do tipo de ação sísmica.

A classe de importância deverá ser do tipo II, o que significa que no caso das ações sísmicas do Tipo 1 é igual 1,0 e do Tipo 2 é igual a 1,0.

A relação entre as acelerações sísmicas vertical (a_{vg}) e horizontal (a_g) será:

Ação sísmica	a_{vg}/a_g
Tipo 1	0,75
Tipo 2	0,95

A **aceleração sísmica superficial ou horizontal (a_g)** pode ser obtida a partir da aceleração sísmica no terreno do Tipo A através da aplicação de um fator S que tem em conta a amplificação das acelerações dado por:

Valor do fator S do solo de fundação

Tipo terreno	Zona sísmica 1.1	Zona sísmica 1.2	Zona sísmica 1.3	Zona sísmica 1.4 a 1.6	Zona sísmica 2.1 a 2.3	Zona sísmica 2.4 a 2.5
A	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
B	1,2	1,2	1,2	1,3	1,35	1,35
C	1,3	1,4	1,5	1,6	1,5	1,6
D	1,4	1,6	1,8	2,0	1,8	2,0
E	1,4	1,5	1,7	1,8	1,6	1,8

Assim para calcular os coeficientes sísmicos horizontal (K_h) e vertical (K_v) utilizam-se as expressões:

$K_h = (a_g/g) \cdot S/r$ sendo "r" um fator que depende do deslocamento admissível para as fundações e é dado por 2,0, se o deslocamento admissível for $d_r = 300 a_g \cdot S/g$ (mm), ou 1,5 se o deslocamento admissível for: $d_r = 200 a_g \cdot S/g$ (mm);

$$K_v = \pm 0,5 \cdot K_h \text{ se } a_{vg}/a_g > 0,6$$

$$K_v = \pm 0,33 \cdot K_h \text{ se } a_{vg}/a_g = 0,6$$

De acordo com a Carta de Intensidades máximas observadas em Portugal, entre 1901 e 1972 e a Carta de Magnitudes máximas expectáveis para um período de retorno de 100 anos, espera-se que estes valores sejam da ordem de VII na escala de Mercalli e 5 a 6 na escala de Richter.

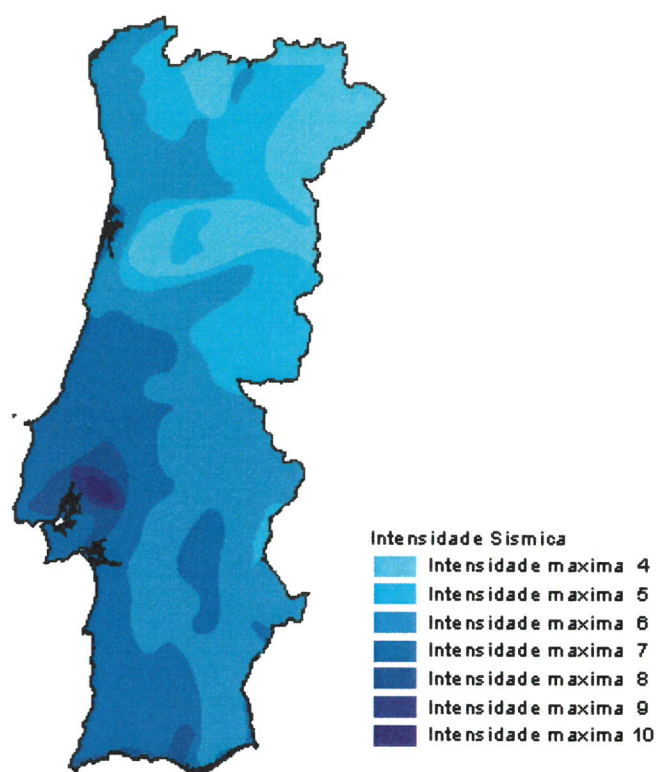


Figura 5 - Carta de intensidades sísmicas máximas, observadas em Portugal entre 1901 e 1972

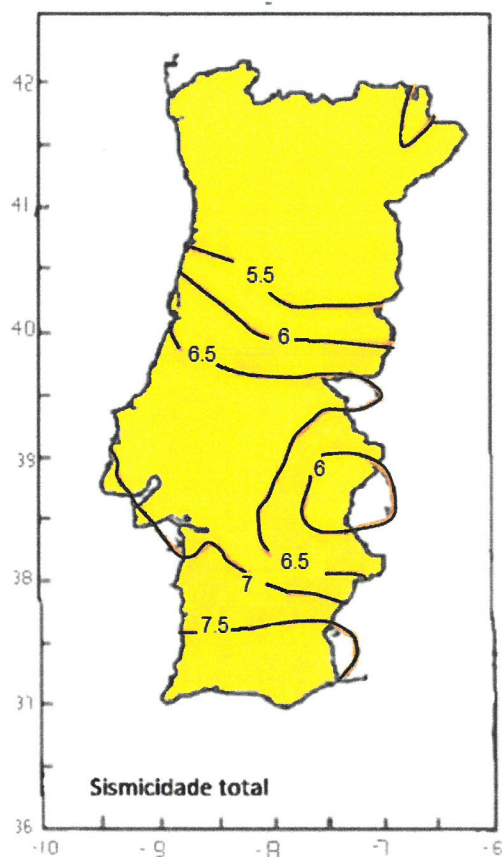
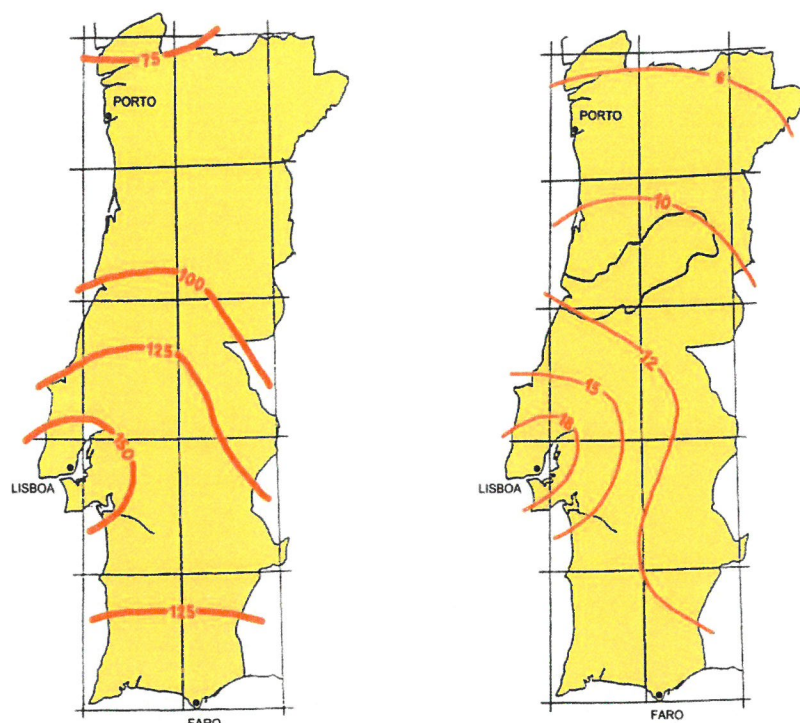


Figura 6 - Carta de isolinhas expectáveis de magnitudes sísmicas, para um período de retorno de 100 anos

Atendendo ao estudo levado a cabo por OLIVEIRA (1977) e para um período de retorno de 1000 anos, esperam-se aproximadamente os seguintes valores máximos, para os diversos parâmetros sísmicos:

- Velocidade de propagação, 10 a 12 cm/s
- Aceleração sísmica, 75 a 100cm/s²
- Deslocamento, 4 a 5 cm



Figuras 7 e 8 – Acelerações máximas para um período de retorno de 1000 anos (unidades em cm.s^{-2}) e velocidades máximas para um período de retorno de 1000 anos (unidades em cm/s)

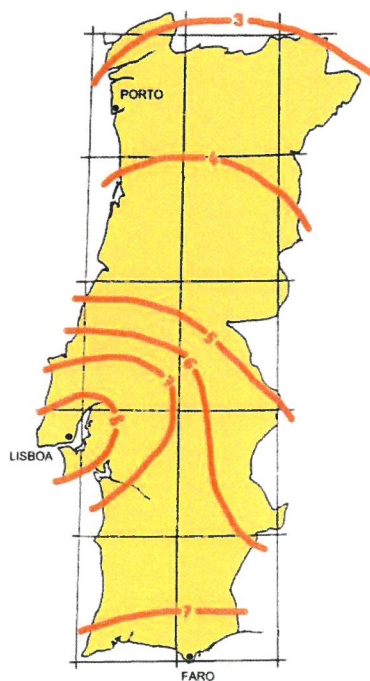


Figura 9 – Deslocamentos máximos para um período de retorno de 1000 anos (unidades em cm)

3. Conduas CG01 e CG02

Na figura seguinte apresenta-se o traçado das condutas CG01 e CG02 na EN231-1.

Fez-se a cartografia geológico-geotécnica superficial ao longo do traçado das condutas.

No traçado da CG02 na EN231-1 realizou-se uma sondagem DPSH cuja localização se apresenta a seguir.

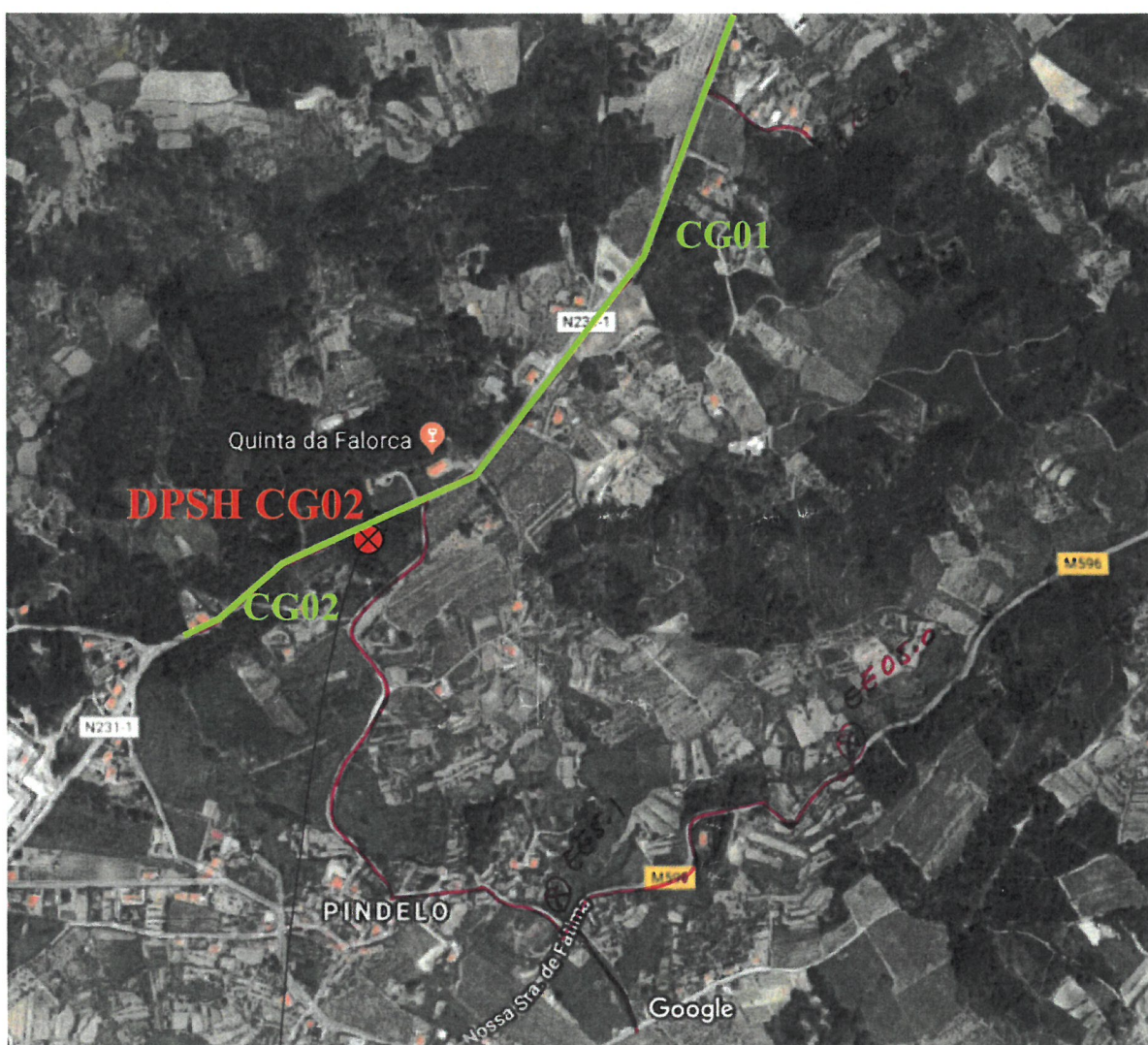


Figura 10 – Localização da sondagem DPSH realizada no traçado da conduta CG02.



Foto 2 – Realização da sondagem DPSH no traçado da conduta CG02 na EN231-1.

Na **Tabela II**, apresenta-se a cota e a profundidade atingida pela sondagem DPSH; a sondagem terminou quando se atingiu o topo do maciço granítico.

Tabela II
- Sondagem DPSH - CG02-

DPSH	Cota aproximada (m)	Profundidade atingida coincidente com maciço granítico (m)	Cota maciço granítico (m)	Profundidade/cota nível freático (m)
CG02	399,55	1,2	398,35	seco

Os resultados da sondagem são apresentados sob a forma gráfica em **Anexo** (gráficos N_{20} , r_d e q_d).

No gráfico N_{20} plotou-se o número de pancadas (NP) para penetrar cada 20 cm (em abcissas) *versus* profundidade (em ordenadas), assim como a litologia provável ao longo dos respetivos perfis.

Na tabela seguinte apresenta-se o número de pancadas, que deu origem ao primeiro gráfico, a Resistência Unitária de Ponta (r_d), a Resistência Dinâmica de Ponta (q_d) em cada 20 cm e a tensão média por camada e/ou metro (KPa).

Tabela III

- N20, rd, qd e tensão média na sondagem DPSH CG02 -

Profundidade (m)	N20	rd (MPa)	qd (MPa)	Média qd (MPa)	Tensão média (KPa)
0				12,6	251
0,2	7	8,17	7,47		
0,4	10	11,68	10,67		
0,6	14	16,35	13,75		
0,8	17	19,85	16,69		
1	23	26,85	26,85	116,8	2335
1,2	100	116,76	116,76		

Ao longo do traçado das condutas é expectável encontrar as seguintes percentagens de materiais litológicos:

Tabela IV

Conduta	Extensão aprox. (m)	Percentagem de tipo de maciço
CG01	1215	W3 = 68 % W4 = 30 % W5/S = 2%
CG02	528	W3 = 68 % W4 = 30 % W5/S = 2%

Na tabela seguinte apresentam-se os meios de escavação adequados para cada tipo de maciço.

Tabela V

Tipo de maciço	Grau de alteração	Meios de Escavação
Granito medianamente alterado	W3	Os meios tradicionais de terraplenagem têm dificuldade em desmontar o maciço exceto quando as fraturas do maciço forem muito próximas. O desmonte do maciço poderá ser feito com ripper e/ou martelo pneumático
Granito muito alterado	W4	A rocha pode ser escavada com os equipamentos usuais de terraplenagem.
Granito completamente alterado / Solos residuais (maduros e jovens)	W5/S	Escavação com os equipamentos usuais de terraplenagem e com picareta.

Aveiro, 01 de junho de 2018

A Equipa Técnica



Prof. Doutor Fernando Lage Ladeira
(Especialista em Geotecnia)



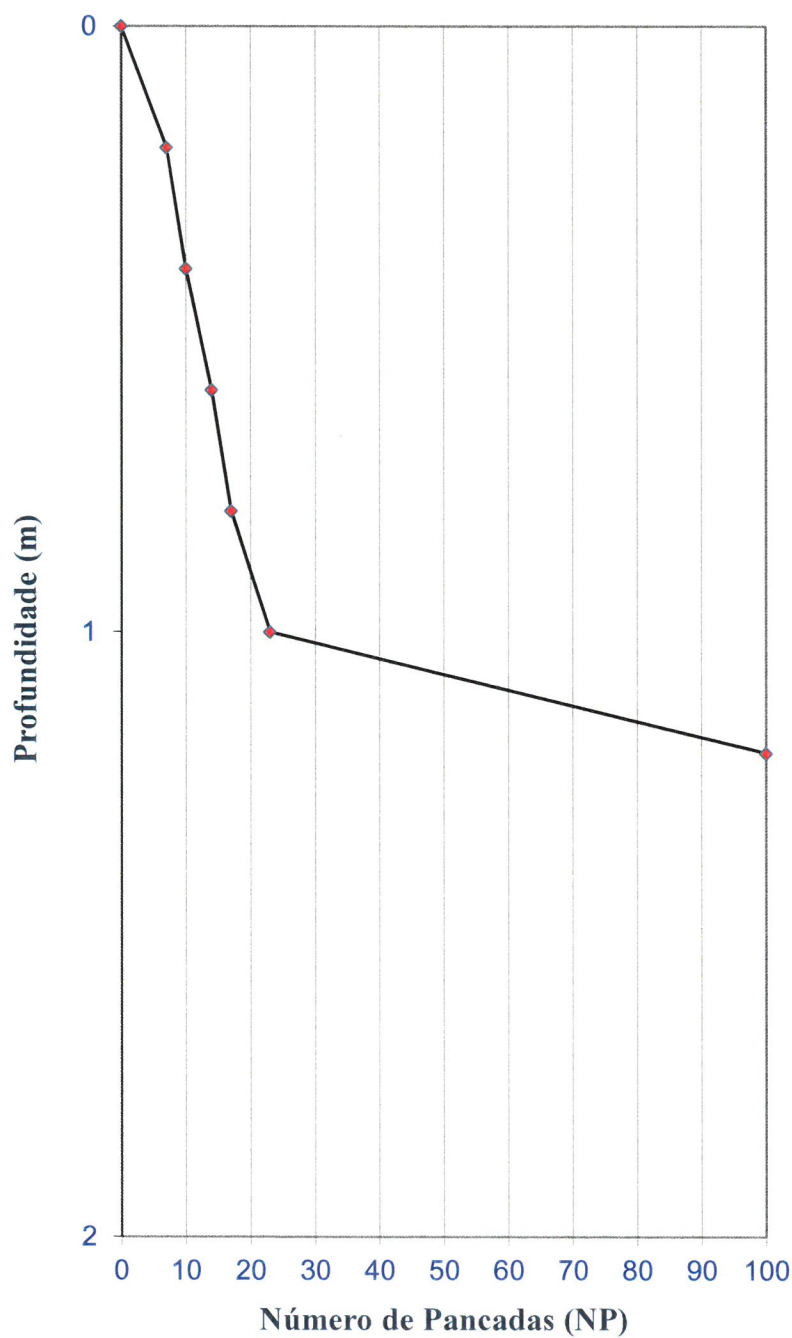
Carminda Sardo
(Geóloga, Especialista em Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica)

ANEXO

GRÁFICOS DA SONDAGEM DPSH

NP (DPSH CG02)

POSSÍVEL
LITOLOGIA



Solos areno-
silto-argilosos
residuais de
granito

Maciço
granítico

LOCAL: CG02

GRÁFICO N20

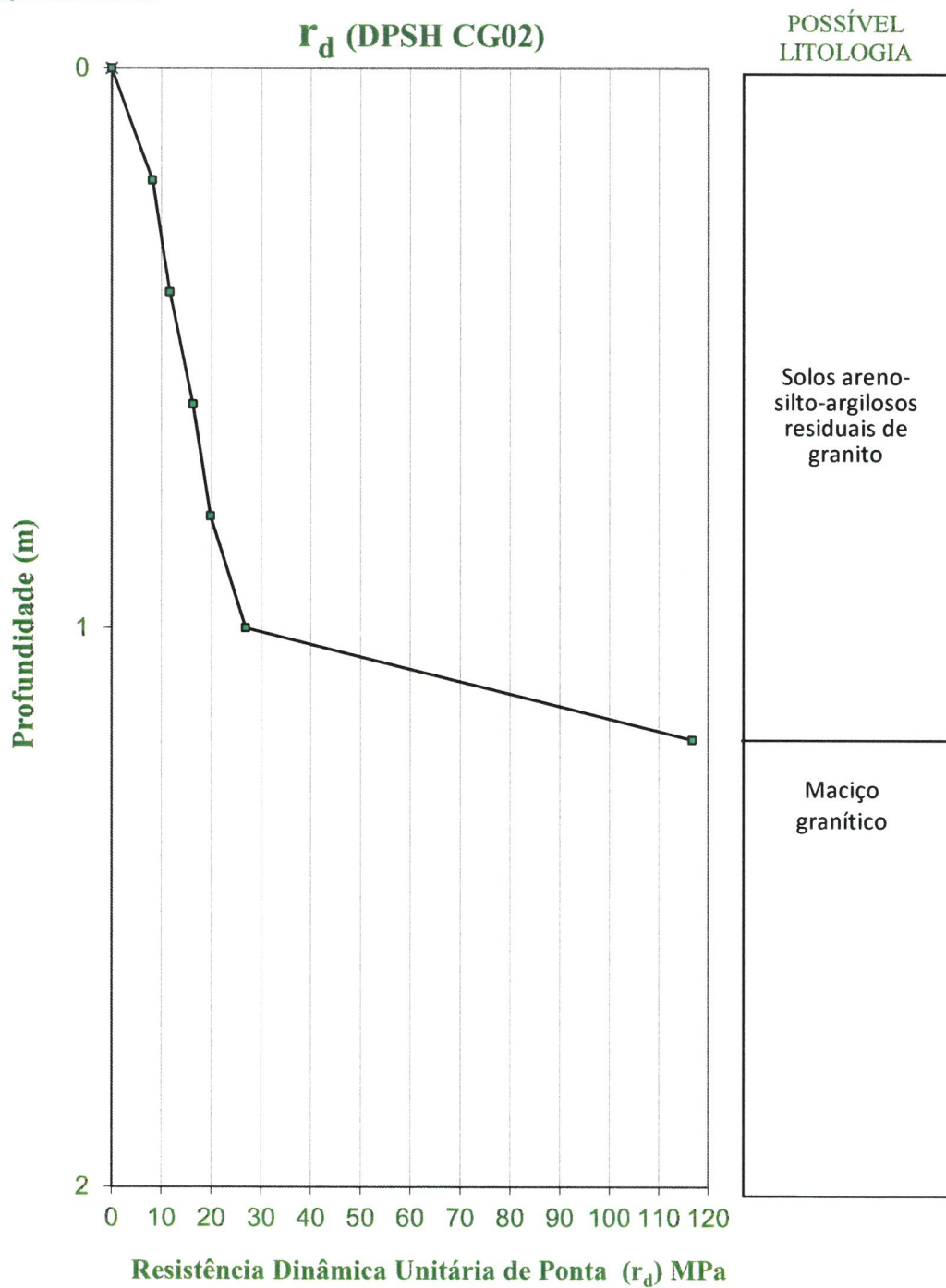


GRÁFICO r_d

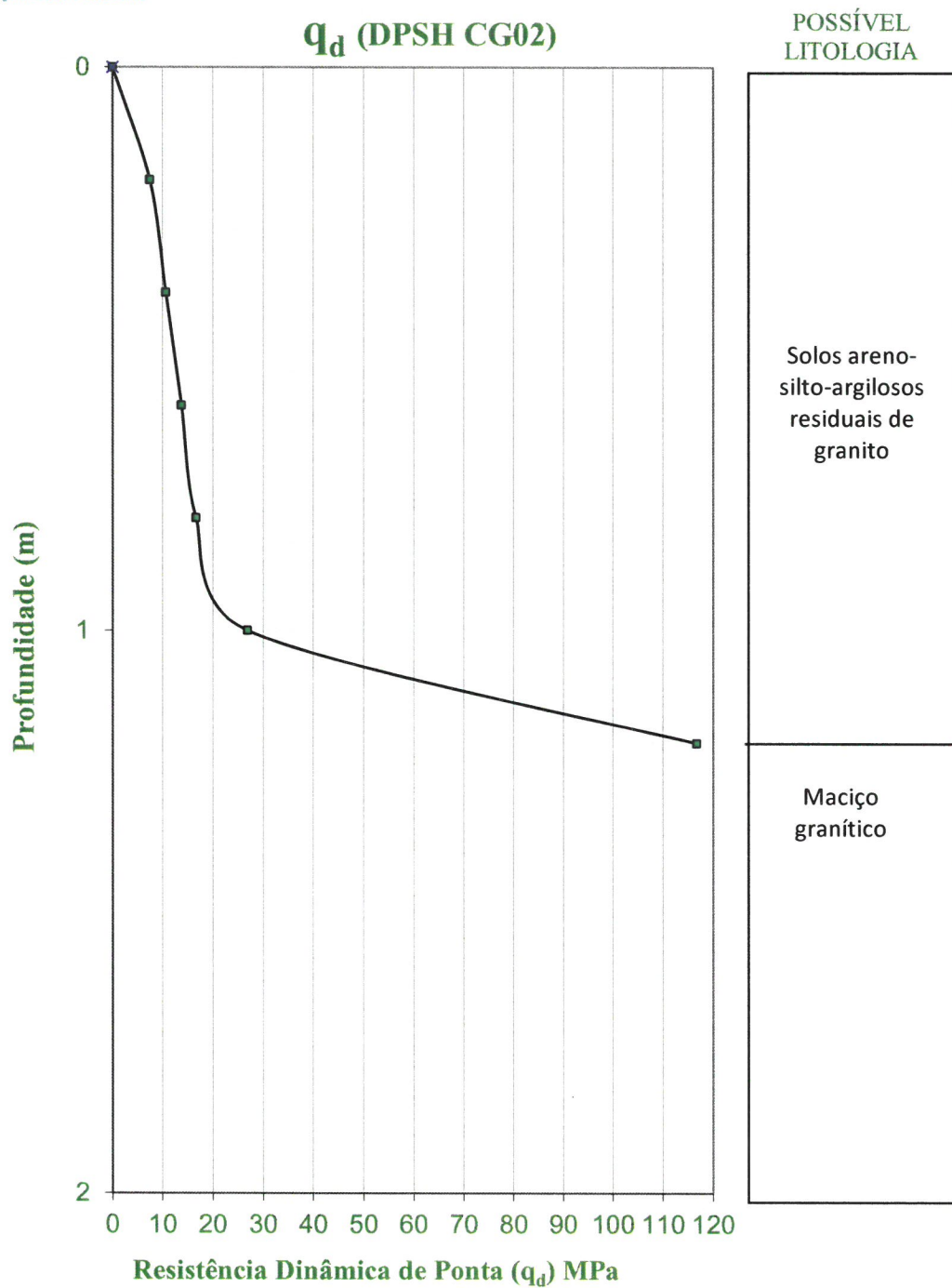


GRÁFICO q_d