



REGIÃO AUTÓNOMA DOS AÇORES

SECRETARIA REGIONAL DOS TRANSPORTES E OBRAS PÚBLICAS
LABORATÓRIO REGIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

DIREÇÃO DE SERVIÇOS DE GEOTECNIA E PROSPECÇÃO

ESTUDO GEOLÓGICO E GEOTÉCNICO
PARA APOIO À OBRA DE CONSTRUÇÃO DE
DOIS RESERVATÓRIOS DE ÁGUA NO
OUTEIRO - ARRIFES, CONCELHO DE
PONTA DELGADA

RELATÓRIO 98/2019

Trabalho realizado para
SMAS-Serviços Municipalizados de Água e Saneamento-Município de Ponta
Delgada
Ponta Delgada, novembro de 2019



REGIÃO AUTÓNOMA DOS AÇORES

SECRETARIA REGIONAL DOS TRANSPORTES E OBRAS PÚBLICAS
LABORATÓRIO REGIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

DIREÇÃO DE SERVIÇOS DE GEOTECNIA E PROSPEÇÃO

ESTUDO GEOLÓGICO E GEOTÉCNICO PARA APOIO À OBRA DE CONSTRUÇÃO DE DOIS
RESERVATÓRIOS DE ÁGUA NO OUTEIRO - ARRIFES, CONCELHO DE PONTA DELGADA

IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO

Relatório ID:	LREC/DSGP – RELATÓRIO 98/2019
Proc. ID:	Proc. 226
LREC/CD - Cota ID:	624.131 A516p
Autor(s) ID:	Paulo Alexandre Pimentel Amaral <i>Doutorado em Geologia, Especialidade de Vulcanologia</i> Filipe Miguel Palma Santos Passos Marques <i>Eng.º Civil, Mestre em Georrecursos</i> Letícia da Conceição Melo Moniz <i>Eng.º Civil, Mestre em Geotecnia</i>
Visto(s) ID:	A Diretora de Serviços de Geotecnia e Prospeção Ana Maria Mota de Albergaria Pacheco Malheiro O Diretor do Laboratório Regional de Engenharia Civil Francisco de Sousa Fernandes

DECLARAÇÃO DE AUTENTICIDADE

O Laboratório Regional de Engenharia Civil (LREC) declara que a cópia em formato PDF gravada no CD com ID LREC 98-19, constitui uma cópia integral e autêntica do documento acima identificado, encontrando-se em arquivo próprio do LREC o original em papel.

Índice

1	INTRODUÇÃO	4
2	ENQUADRAMENTO GERAL DA ÁREA	5
2.1	Localização	5
2.2	Geologia e tectónica.....	5
3	TRABALHOS DESENVOLVIDOS	9
3.1	Ensaio Standard Penetration Test (SPT)	12
3.2	Penetrómetro Dinâmico Médio (PDM).....	15
3.3	Ensaios laboratoriais	18
4	CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E GEOTÉCNICA: RESULTADOS OBTIDOS	19
4.1	Unidades geológico e geotécnicas do terreno	19
4.2	Características físicas e mecânicas	23
4.3	Principais condicionalismos	25
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
	BIBLIOGRAFIA	30

ESTUDO GEOLÓGICO E GEOTÉCNICO PARA APOIO À OBRA DE CONSTRUÇÃO DE DOIS RESERVATÓRIOS DE ÁGUA NO OUTEIRO - ARRIFES, CONCELHO DE PONTA DELGADA

1 INTRODUÇÃO

Foi adjudicado ao Laboratório Regional de Engenharia Civil (LREC) pelos SMAS – Serviços Municipalizados de Água e Saneamento, através de um e-mail datado de 10-05-2019, a realização de um estudo geológico e geotécnico para servir de apoio à obra nº 9/19, referente à construção de dois reservatórios de água, no Outeiro, na freguesia dos Arrifes, concelho de Ponta Delgada.

Para este trabalho, o estudo geológico e geotécnico foi suportado por sondagens à rotação, acompanhadas, quando possível, por ensaios SPT (*Standart Penetration Test*) para avaliação da compacidade e/ou consistência dos terrenos ocorrentes. Por forma a complementar a informação obtida pelas sondagens, foram realizados ensaios com um Penetrómetro Dinâmico Médio (PDM) para aferir espacialmente a profundidade de substratos competentes. Foram ainda determinados parâmetros de resistência ao corte e de deformabilidade dos solos através dos resultados obtidos pelos ensaios SPT e ensaios laboratoriais para determinação do peso volúmico e teor de água. Aos testemunhos rochosos prospetados, foram determinados os pesos volúnicos secos e a resistência à compressão uniaxial.

Neste documento efetua-se uma descrição, do ponto vista macroscópico, da constituição geológica ocorrente, apresentam-se os resultados obtidos pelos ensaios de campo e de laboratório, e por fim, tecem-se algumas considerações.

2 ENQUADRAMENTO GERAL DA ÁREA

2.1 Localização

O local em estudo para a construção de dois reservatórios de água situa-se num terreno contíguo ao caminho do Saramagal, próximo do entroncamento com a Rua do Outeiro e Calço da Pedra Queimada, nos Arrifes (Fig.1).



Figura 1- Localização do local em estudo.

2.2 Geologia e tectónica

Do ponto de vista geomorfológico, a área em questão posiciona-se no sistema vulcânico da região dos Picos, uma das 8 regiões geomorfológicas definidas por Zbyszewski *et al.* (1959) para a ilha de São Miguel. Esta região geomorfológica, compreendida entre o Complexo Vulcânico das Sete Cidades e o de Água de Pau,

corresponde à formação vulcanológica mais recente da ilha de São Miguel e inclui formas e produtos vulcânicos gerados na sequência de vulcanismo efusivo.

Como tal, a forma vulcânica predominante no sistema Vulcânico da Região dos Picos diz respeito a cones de escórias monogenéticos formados em resultado da acumulação de piroclastos basálticos (s.l.) no decurso de erupções de estilo estromboliano e/ou havaiano. Neste contexto, os produtos vulcânicos predominantes nesta área compreendem, para além dos piroclastos basálticos (s.l.), as escoadas lávicas de natureza basáltica (s.l.) estruídas a partir dos referidos cones monogenéticos.

As escoadas lávicas apresentam diferentes formas e estruturas internas, de acordo com as propriedades físicas do magma que as originou, a taxa de efusão e as características de escoamento. Podem apresentar no terreno espessuras variadas, com elevada variabilidade lateral, desde poucos centímetros, nas zonas mais distais do fluxo, a dezenas de metros, próximo do centro emissor e em zonas deprimidas; muitas vezes apresentam vesículas derivadas da libertação de gases. Frequentemente, no seu processo de instalação, dão origem a fragmentos irregulares e espinhosos, constituídos por lava consolidada, designados de clinker. A estrutura externa de um maciço lávico mostra, geralmente, um nível inferior de clinker, uma zona central de lava maciça e, sobrejacente, um nível de clinker, geralmente mais espesso que o basal.

Para além dos referidos materiais podem ainda observar-se, superficialmente ou em profundidade, intercalações de depósitos piroclásticos de natureza traquítica (s.l.), provenientes dos sistemas vulcânicos vizinhos (Sete Cidades ou Fogo), com diferentes frações granulométricas e estados de alteração.

Deste modo, a geologia superficial do local, e em áreas vizinhas, é bastante diversificada. São reconhecidos diversos cones de escórias, onde o produto

vulcânico predominante são as escórias vulcânicas, de tons negros e avermelhados, e de diferentes dimensões granulométricas, as escoadas lávicas de natureza basáltica (*s.l.*), associadas a derrames lávicos provenientes de fontes eruptivas monogenéticas, e depósitos piroclásticos de natureza pomítica de queda e fluxo, em resultado de erupções de carácter explosivo ocorridas na caldeira das Sete Cidades.

No sistema Vulcânico Fissural dos Picos, as principais estruturas tectónicas encontram-se essencialmente materializadas por alinhamentos de centros vulcânicos monogenéticos, formados por vulcanismo fissural. A distribuição espacial das formas vulcânicas mostra que os centros vulcânicos foram edificados sobre um sistema de fraturas com direcção geral de NW-SW coincidente com as direcções gerais das principais estruturas tectónicas regionais. Para além da direcção NW-SE, ocorrem algumas fraturas com orientação N-S e NE-SW. Os cones monogenéticos instalados segundo aquelas orientações refletem a referida assinatura geoestrutural (Carmo, 2013).

A análise de documentos históricos e os dados da sismicidade instrumental permitem constatar que a ilha de São Miguel tem sido bastante afetada por eventos de natureza sismo-vulcânica. A atividade sísmica tem, no entanto, sido mais importante ao nível dos vulcões poligenéticos ativos e estruturas submarinas associadas, verificando-se que o Sistema Vulcânico da Região dos Picos evidencia índices de sismicidade significativamente mais baixos (Ferreira, 2000).

De acordo com Silveira (2002), que elaborou uma carta de intensidades máxima de sismicidade, com base no estudo sísmico documental e instrumental para ilha de São Miguel, a área em questão apresenta uma intensidade máxima histórica de IX graus (Fig. 2).

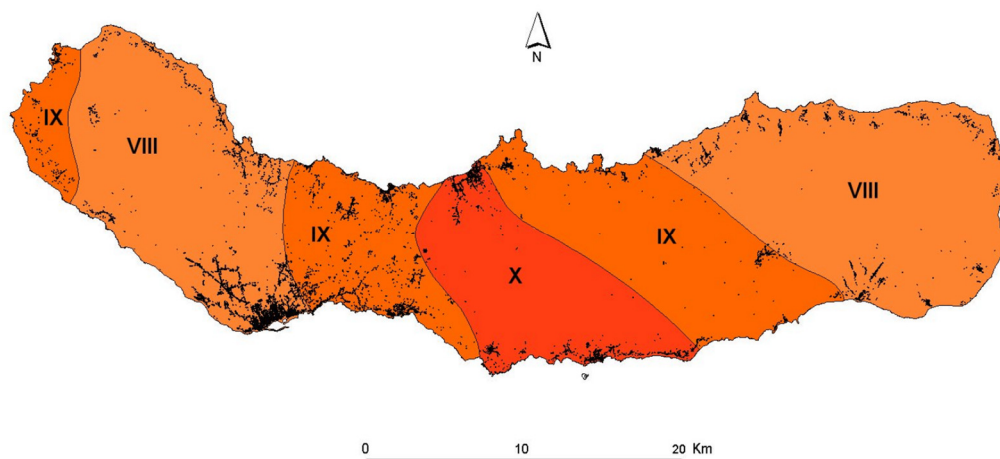


Figura 2 - Carta de intensidades máximas históricas para a ilha de S. Miguel (Silveira, 2002).

Face ao descrito anteriormente, para efeitos de caracterização das ações sísmicas, considera-se que, de acordo com o Regulamento de Segurança e Ações para estruturas de Edifícios e Pontes, Decreto-Lei 235/83, de 31 de maio de 1983, o terreno em estudo enquadra-se na categoria A, com um coeficiente de sismicidade $\alpha = 1$.

De acordo com o Eurocódigo 8 (NP EN 1998-1), a área em análise localiza-se na zona sísmica 2.1 que adota para o valor de referência da aceleração máxima à superfície de um terreno do tipo A, a_{gR} , 2,5 m/s². Para efeito de configuração espectral, tendo em conta a geologia do local predominante, o perfil geológico a considerar será o 3, devendo, como tal, adotar-se o tipo de terreno B.

3 TRABALHOS DESENVOLVIDOS

O objetivo deste trabalho foi reconhecer e identificar as formações geológicas existentes no terreno onde vão ser implantados dois reservatórios de água, assim como estabelecer as unidades geológicas e geotécnicas para o apoio à futura obra.

O programa de trabalhos consistiu no seguinte:

- 1) Realização de 3 sondagens verticais à rotação, com amostragem contínua por manobras, com profundidades que variaram entre os 5,65 m e os 9,55 m. As sondagens foram designadas de S1 a S3 e a sua disposição espacial encontra-se na planta em anexo; nas sondagens, sempre que possível foram realizados ensaios SPT para avaliação da compacidade e/ou consistência do terreno;
- 2) Realização de 7 ensaios com um Penetrómetro Dinâmico Médio para aferir espessuras de solos; a disposição espacial dos locais onde foram efetuados encontra-se na planta em anexo;
- 3) Ensaios de laboratório e de campo com vista à determinação das características físicas e mecânicas de materiais terrosos e rochosos representativos da zona;
- 4) Levantamento topográfico dos locais onde foi efetuada a prospeção;
- 5) Identificação e caracterização geológica dos materiais intersetados nas sondagens à rotação;
- 6) Interpretação dos resultados.

Os trabalhos de campo foram realizados no final do mês de julho. A prospeção foi realizada com a sonda à rotação ROLATEC RL-48-L. As sondagens foram efetuadas com amostradores de parede dupla, acoplados a coroas diamantadas (impregnadas) de diâmetro de 101 mm. Foi usada água como fluido de circulação para limpeza do furo e arrefecimento das peças de perfuração.

A localização das sondagens realizadas é ilustrada na planta em anexo. As coordenadas, bem como as profundidades alcançadas, são indicadas no Quadro I.

No início e no final de cada sondagem foi verificado o desvio angular da perfuração, tendo-se obtido valores inferiores a 1º, o que, para as profundidades alcançadas, resulta numa diferença, no final do furo, entre o valor da profundidade medida no terreno e o real, da ordem de 1 mm.

Quadro I – Localização planimétrica e altimétrica no sistema de referência PTR08-UTM/ITRF93, e profundidade máxima alcançada nas sondagens à rotação realizadas.

Sondagem Nº	M	P	Cota	Profundidade alcançada (m)
S1	613598,301	4182545,803	245,898	5,65
S2	613616,632	4182554,659	245,672	9,55
S3	613611,77	4182541,472	245,473	7,6

Ao longo da furação foi efetuada uma amostragem contínua do material atravessado. As informações retiradas pela observação dessa amostragem foram assinaladas nos diagramas de sondagens que se apresentam em anexo (classificação macroscópica das formações atravessadas, SPT, percentagem de recuperação e espessura dos níveis atravessados, alterabilidade, fraturação e R.Q.D).

Ao longo do trabalho foi efetuado um registo fotográfico das caixas com os testemunhos colhidos nas sondagens, o qual também consta em anexo.

As formações atravessadas foram caracterizadas através da análise macroscópica dos testemunhos recolhidos aquando da execução da furação, procedendo-se também à determinação dos Índices de Qualidade, de acordo com a *International Society for Rock Mechanics* (ISRM, 1981), sendo estes expressos por:

PERCENTAGEM DE RECUPERAÇÃO POR MANOBRA: Corresponde à relação entre a soma dos comprimentos das amostras e o comprimento total da manobra.

RQD (*Rock Quality Designation*): Índice que traduz a percentagem de recuperação, mas em que apenas são considerados comprimentos de tarolos iguais ou superiores a 10 cm, e que permite a classificação do maciço rochoso que se indica no Quadro II.

Quadro II – Classificação do maciço rochoso em relação ao RQD, segundo a ISRM (1981).

RQD (%)	Classificação do maciço rochoso
0 a 25	Muito Fraco
25 a 50	Fraco
50 a 75	Médio
75 a 90	Bom
90 a 100	Excelente

ALTERAÇÃO: Utilizaram-se os estados de alteração de acordo com os critérios definidos pela *International Society for Rock Mechanics* (ISRM, 1981), que se indicam no Quadro III.

Quadro III – Classificação do maciço rochoso em relação ao estado de alteração, segundo a ISRM (1981).

Símbolos	Designações	Características
W ₁	São	A rocha não apresenta quaisquer sinais de alteração
W ₂	Pouco alterado	Sinais de alteração apenas nos planos e bordos das descontinuidades
W ₃	Medianamente alterado	Alteração visível em todo o maciço rochoso (mudança de cor) mas a rocha não é friável
W ₄	Muito alterado	Alteração visível em todo o maciço rochoso e a rocha é parcialmente friável
W ₅	Decomposto	O maciço apresenta-se completamente friável, com comportamento de solo

FRATURAÇÃO: Utilizaram-se os critérios definidos pela ISRM (1981), baseados no espaçamento entre descontinuidades, que se apresentam no Quadro IV.

Quadro IV – Classificação do maciço rochoso em relação ao estado de fraturação (ISRM, 1981).

Símbolos	Intervalos de afastamento (cm)	Afastamento das fraturas	Estado de fraturação do maciço
F ₁	> 200	Muito afastadas	Muito pouco fraturado
F ₂	60 a 200	Afastadas	Pouco fraturado
F ₃	20 a 60	Medianamente afastadas	Medianamente fraturado
F ₄	6 a 20	Próximas	Muito fraturado
F ₅	< 6	Muito Próximas	Fragmentado

3.1 Ensaio Standard Penetration Test (SPT)

Em função da natureza dos terrenos atravessados foram realizados ensaios de penetração dinâmica com a sonda normalizada (SPT – Terzaghi). O procedimento do ensaio de penetração dinâmica SPT consiste em cravar na base do furo de sondagem um amostrador com dimensões e energia de cravação normalizadas (pilão com 63,5 kg $\pm$ 0,5 kg de massa e altura de queda de 760 mm $\pm$ 10 mm) a partir de um dispositivo hidráulico automático.

O ensaio foi realizado em três fases com penetrações de 15 cm, respetivamente, suspendendo-se o ensaio caso o número de pancadas atingisse as 60. Devido ao facto de haver perturbações no terreno provocadas pelos trabalhos de furação, desprezam-se os resultados obtidos na primeira fase. Assim sendo, o valor de N_{SPT} é definido como o número de pancadas necessárias para atingir a penetração de 30 cm, obtido nas últimas duas fases.

Nos diagramas de sondagens, em anexo, apresenta-se o somatório da segunda e terceira fases, atendendo a que não se entra em linha de conta com os valores obtidos nos primeiros 15 cm.

O ensaio SPT permite classificar o terreno interstetado quanto à sua compactidade e/ou consistência (Terzaghi & Peck, 1967), com base nos critérios definidos nos Quadros V e VI, respetivamente:

Quadro V – Classificação dos solos arenosos quanto à compactidade.

N (SPT)	Grau de compactidade	Índice de compactidade (I_D)
< 4	Muito solta	< 0,15
4 - 10	Solta	0,15 – 0,35
10 - 30	Medianamente compacta	0,35 – 0,65
30 - 50	Compacta	0,65 – 0,85
> 50	Muito compacta	0,85 – 1,00

Quadro VI – Classificação de solos finos quanto à consistência e a sua relação com a resistência à compressão simples.

N (SPT)	Consistência	Resistência à compressão simples, q_u (kPa)
< 2	Muito mole	< 25
2 - 4	Mole	25 – 50
4 - 8	Média	50 – 100
8 - 15	Dura	100 – 200
15 - 30	Muito dura	200 – 400
> 30	Rija	> 400

Tendo em consideração que as formações ocorrentes são constituídas por materiais pouco consolidados e incoerentes, e estão dentro do âmbito da aplicabilidade do ensaio SPT, os parâmetros de resistência ao corte foram estimados empiricamente por correlações vulgarmente utilizadas em geotecnia.

Neste sentido, o ângulo de atrito interno (ϕ') foi estimado a partir do conhecimento de $(N_1)_{60}$, assumido-se como válida a proposta por Décourt (1989) (Fig. 3).

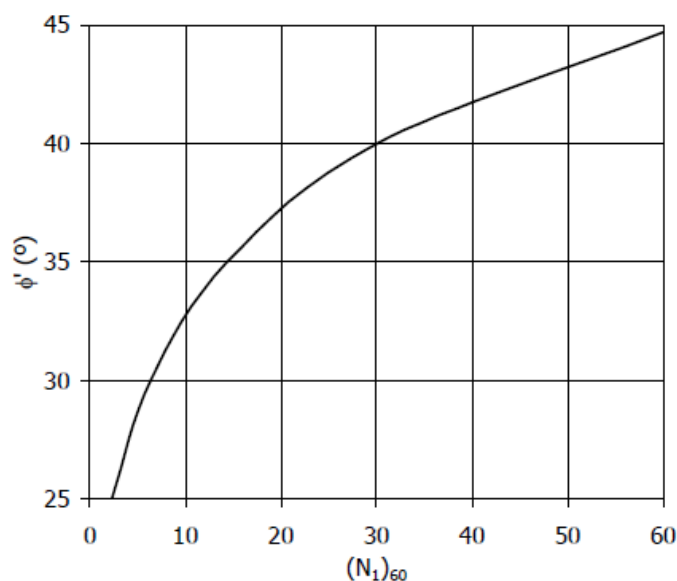


Figura 3 – Correlação entre $(N_1)_{60}$ e ϕ' para areias (Décourt, 1989).

A variável $(N_1)_{60}$ corresponde ao produto de N_{60} (obtido pela correção do comprimento das varas e da eficiência)¹ com a correção da tensão efetiva de recobrimento (CN), através da aplicação da seguinte expressão:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \quad \text{Eq.1}$$

onde N_{60} corresponde ao número de pancadas obtidas no ensaio SPT com as correções aplicadas tendo em consideração o comprimento das varas e a eficiência. O valor de CN corresponde à correção da tensão efetiva de recobrimento, derivado da expressão proposta por Lião e Whitman (1987):

$$CN = \left[\frac{(\sigma'_{v0})_1}{\sigma'_{v0}} \right]^{0,5} \quad \text{Eq.2}$$

¹ Aplicaram-se os fatores de correção do comprimento das varas de 0,75, 0,85, 0,95 e 1 consoante as profundidades de ensaio sejam, respetivamente, inferiores a 4 m, de 4 m a 6 m, de 6 m a 10 m e superiores a 10 m. No que respeita à energia transmitida ao sistema de varas, utilizou-se uma eficiência de 60% uma vez que o sistema de disparo do equipamento é automático (Folque, 1987).

sendo σ'_{v0} a tensão efetiva à profundidade a que N_{60} foi obtido, e $(\sigma'_{v0})_1 = 100$ kPa.

O módulo de deformabilidade foi estimado através dos ensaios SPT (Bowles, 1996), com a utilização da seguinte expressão:

$$E' = 2,5 \times q_c \quad \text{Eq.3}$$

sendo q_c obtido a partir do valor de N_{60} através da equação:

$$q_c = \alpha \times N_{60} \quad \text{Eq.4}$$

em que α é uma constante que assume o valor de 0,35 para solos normalmente consolidados.

3.2 Penetrômetro Dinâmico Médio (PDM)

O ensaio de penetração dinâmica PDM (Penetrômetro Dinâmico Médio) consiste na determinação do número de pancadas (N) necessárias para que ocorra uma penetração de 10 cm no terreno de uma ponta cônica de área de base conhecida (A), acoplada a um conjunto de varas. A cravação da ponta é resultado da queda livre de um pilão de massa (M), a uma altura (h) sobre o conjunto formado pelas varas e ponteira.

O diâmetro das varas utilizadas é inferior ao da base da ponta cônica, pelo que, teoricamente, a resistência à penetração resulta apenas de forças de reação do terreno sobre a superfície cônica da ponta. O ensaio é contínuo em profundidade, prolongando-se até à profundidade desejada ou até ser alcançado o ponto de “nega”, que consiste na ocorrência de 100 impactos consecutivos sem ocorrer penetração do conjunto de varas e ponteira cônica.

O ensaio com o Penetrómetro Dinâmico Médio (PDM) também permite determinar a resistência dinâmica de Ponta (R_d), a cada 10 cm de penetração da ponteira cónica. pela eq. 1.

$$R_d = \frac{M^2 * h}{A * e * (M + P + P_p)} \quad (\text{Eq. 5})$$

Onde:

- A - área da superfície da ponteira cónica (cm²);
- h – altura de queda do pilão (20 cm);
- P – peso das varas (2,9 kg/m);
- P_p – peso do suporte (12 kg);
- e – valor de penetração em cada 10 cm, obtido pela eq. 6:

$$e = \frac{10}{N} \quad (\text{Eq. 6})$$

Apesar de permitir estimar a resistência de ponta e, indiretamente, o valor de NSPT, o objetivo da execução deste ensaio rápido foi avaliar os valores de N₁₀ em profundidade e inferir a posição de substratos competentes (*e.g.* clinker e/ou rocha), validada pela amostragem obtida nas sondagens.

Em anexo a este documento apresentam-se os registos do número de pancadas por profundidade e a resistência dinâmica de ponta.

No presente caso, o Penetrómetro Dinâmico utilizado apresenta as seguintes características (Quadro VII).

Quadro VII - Características do equipamento utilizado.

Designação	Unidades	
Massa do pilão	30	kg
Altura de Queda	20	cm
Área da ponta	5	cm ²
Comprimento das varas	1	m
Peso das varas	2,9	kg/m
Peso do suporte	12	kg

No presente trabalho foram realizados 7 ensaios com o Penetrómetro Dinâmico Médio. No Quadro VIII apresentam-se as coordenadas dos locais onde foram efetuados estes ensaios.

Quadro VIII – Localização planimétrica e altimétrica no sistema de referência PTR08-UTM/ITRF93, e profundidade máxima alcançada nos ensaios de penetração com recurso ao PDM.

Nº PDM	M	P	Cota	Profundidade alcançada (m)
PDM1	613612,843	4182561,216	245,731	4,5
PDM2	613623,842	4182558,677	245,82	6,7
PDM3	613621,257	4182546,563	245,463	4,8
PDM4	613609,228	4182550,672	245,685	4,0
PDM5	613595,25	4182554,71	246,102	3,9
PDM6	613588,701	4182541,863	246,059	3,1
PDM7	613600,689	4182538,435	245,577	4,4

A profundidade média obtida para as negas foi aos 4,5 m, sendo a máxima aos 6,7 mm e a mínima aos 3,10 m

3.3 Ensaios laboratoriais

A caracterização física do solo foi efetuada através do conhecimento das propriedades determinadas por ensaios padronizados em geotecnia, tendo por base as relações entre a massa e o volume de solo. A massa volúmica seca (ρ_d) foi calculada a partir da massa total (M_t) em relação ao volume total (V_t), e tendo em consideração o teor em água da amostra. O teor de água foi calculado de acordo com a NP-84 (1965).

No que toca aos materiais rochosos ocorrentes, os ensaios laboratoriais consistiram na determinação da Resistência à compressão uniaxial (UCS) NP EN 1926:2008 e peso volúmico seco a partir da relação entre a massa total e o volume.

Tendo por base o conhecimento do peso volúmico seco do material rochoso, foi determinada a porosidade aberta e o módulo de deformabilidade dinâmico a partir de correlações desenvolvidas pelo LREC para materiais vulcânicos (Malheiro *et al.*, 2018).

Quadro IX – Funções para estimar a porosidade aberta e módulo de elasticidade dinâmico a partir do conhecimento do peso volúmico seco.

Parâmetro a estimar	Equação	R ²
Porosidade aberta, p_0 (%)	$p_0 = -2,30\gamma_d + 68,1$	0,81
Módulo de Elasticidade Dinâmico, E_d (GPa)	$E_d = 2E^{-06} \gamma_d^{5,4}$	0,92

4 CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E GEOTÉCNICA: RESULTADOS OBTIDOS

4.1 Unidades geológico e geotécnicas do terreno

Para uma melhor compreensão da geologia da zona em consideração, apresentam-se, em anexo, os diagramas das sondagens executadas, os registos obtidos com o Penetrómetro Dinâmico Médio, as fotografias dos respetivos testemunhos de sondagem e perfis geológico-geotécnicos, de A-A' a C-C'.

A amostragem recolhida nas sondagens mecânicas permitiu individualizar duas unidades geológicas e geotécnicas distintas:

C1 - Depósitos piroclásticos pomíticos

C2 – Clinker (CL) (C2a) e/ou escoada lávica basáltica s.l. (ELB) (C2b)

Unidade geológica C1 - Depósitos Piroclásticos Pomíticos

A unidade geológica-geotécnica C1 corresponde a depósitos piroclásticos de natureza pomítica. Do ponto de vista granulométrico estes materiais caracterizam-se por apresentarem uma matriz areno siltosa - SM - areias siltosas. A matriz fina apresenta geralmente plasticidade quando húmida e denota diferentes tonalidades, desde o castanho escuro a tons claros.

Esta formação de natureza pomítica foi encontrada em todas as sondagens realizadas. No global, denota uma compacidade muito solta a solta e uma consistência média a muito mole tendo em conta os resultados dos ensaios de SPT obtidos com valores de 2 e 7 pancadas. De referir que na S2 os solos pomíticos apresentaram uma consistência muito mole e muito húmidos no terreno, eventualmente em resultado da presença de água proveniente do poço absorvente que se encontra nas imediações. A realização de ensaios SPT na S2 não foi conseguida devido ao fato do conjunto de ferramentas penetrar no solo apenas com

o peso do dispositivo do ensaio, o que atesta que este material se encontra muito solto e muito mole, sem capacidade de suporte.

De referir que a camada superficial desta unidade é constituída por material remexido por atividades antrópicas, apresentando uma mistura de areias de natureza pomítica, com cascalhos (2-64 mm) e alguns blocos (> 64 mm) rochosos de natureza basáltica, dispersos. Nos ensaios com o PDM, o material remexido é reconhecido pelos valores iniciais elevados, devido à compactação existente, decrescendo quando ocorre a transição para as areias siltosas.

Tendo em consideração o registo do número de pancadas em profundidade obtido pelos ensaios com o PDM e a amostragem obtida nas sondagens, a espessura da C1 variou entre os 1,5 m e os 7,0 m, com um valor médio de 3,7 m (Quadro X).

Quadro X - Espessura da C1 obtida de forma indireta pelo andamento dos valores de penetração obtidos pelo PDM e informação das sondagens.

Designação	Espessura (m)
S1	2,42
S2	7,0
S3	4,7
PDM1	3,9
PDM2	5,3
PDM3	2,7
PDM4	3,1
PDM5	3,7
PDM6	2,3
PDM7	1,5

Unidade geológica C2 – Clinker (CL) (C2a) e/ou escoada lávica basáltica s.l. (ELB) (C2b)

A unidade geológica e geotécnica C2 corresponde a rocha basáltica (s.l.) e/ou clinker. Embora estes materiais estejam associados na sua génese, apresentam características geotécnicas distintas, facto que motiva a divisão desta unidade em 2 subunidades: C2a e C2b.

O clinker (C2a), vulgarmente designado de burgalhau, corresponde a fragmentos rochosos da dimensão do cascalho (2 - 64 mm) e dos blocos (> 64 mm). No ensaio com o PDM, a transição de C1 para C2 é reconhecida através do incremento substancial da resistência à penetração do conjunto de varas.

No quadro XI apresenta-se a profundidade do topo e da base da C2a, obtida pelas sondagens e PDM.

Quadro XI – Profundidade de topo e de base da C2a.

Designação	topo (m)	Base (m)
S1	2,42	4,35
S2	7,0	7,26
S3	4,7	6,3
PDM1	3,9	4,5
PDM2	5,3	6,7
PDM3	2,7	4,8
PDM4	3,1	4
PDM5	3,7	3,9
PDM6	2,3	3,1
PDM7	1,5	4,4

A subunidade geológica e geotécnica C2b corresponde a rocha de natureza basáltica (s.l.), com setores compactos e vacuolares. Apresenta uma textura afanítica e uma matriz de cor cinzenta.

Do ponto de vista da compartimentação, a C2b apresenta-se com fraturas medianamente afastadas (F3). Em termos de alterabilidade, este indicador revela uma rocha pouco alterada (W2), em particular nas faces das descontinuidades, onde denota uma coloração amarelada resultante da circulação de água em profundidade. O indicador de RQD, quando estimado, forneceu um quantitativo mínimo de 60 % e um máximo de 76 %.

De modo a ter-se uma perceção espacial das espessuras de materiais terrosos no contacto com um substrato mais competente em profundidade, nomeadamente a transição da C1 para a C2, apresenta-se na figura 4 o resultado da interpolação espacial, obtida pelo método de kriging.

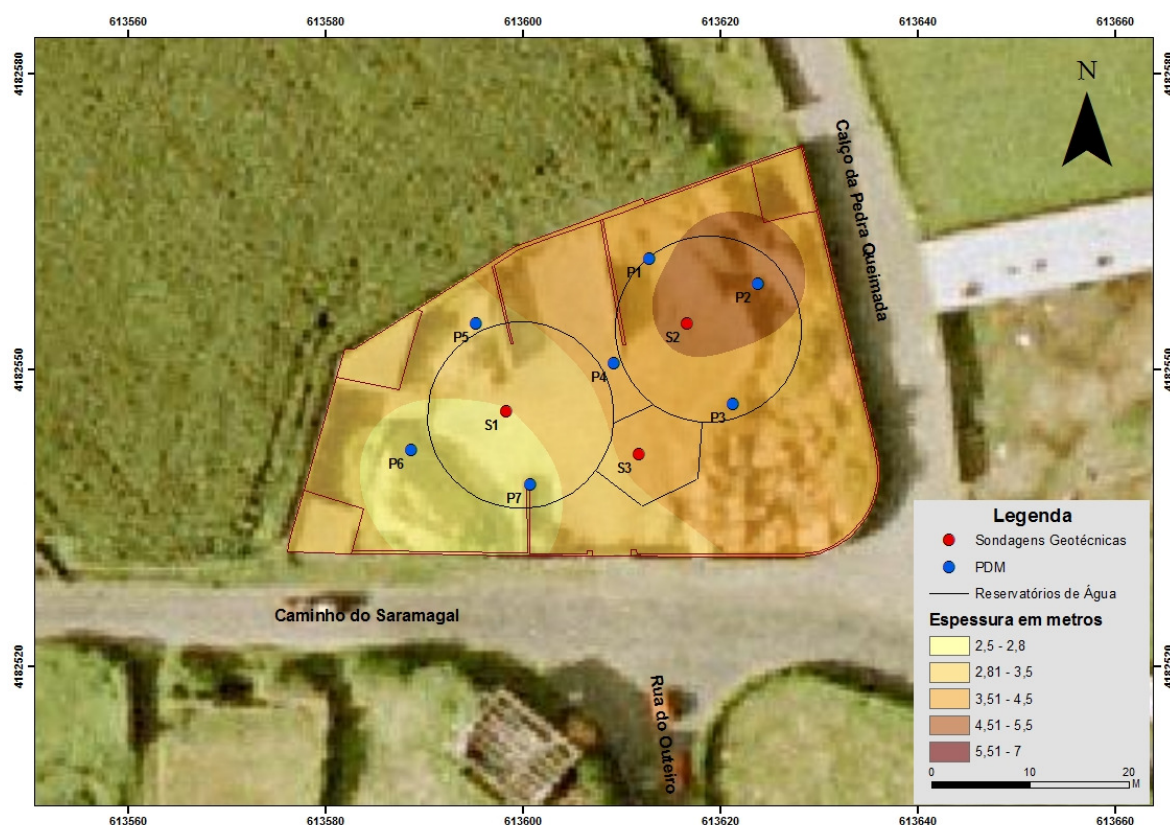


Figura 4 – Representação espacial da espessura dos materiais terrosos, em metros, obtida pelo método de interpolação kriging.

4.2 Características físicas e mecânicas

Apesar da reduzida representatividade do número de ensaios SPT realizados, obteve-se valores entre as 2 e as 7 pancadas, o que indica a existência de solos muito soltos a soltos em termos de compactidade e solos médios a muito moles em termos de consistência.

Tal como referido anteriormente, na S2 não foi possível executar nenhum ensaio SPT uma vez que o amostrador do ensaio penetrava totalmente no terreno apenas com o peso do dispositivo, devido ao fato de o material estar bastante húmido e de ser muito mole em termos de consistência. A corroborar isto, constata-se que o peso volúmico húmido é baixo, com um quantitativo de 12 kN/m^3 e um teor de água de 155%. Com base nestes valores obteve-se um peso volúmico seco de $4,7 \text{ kN/m}^3$.

Tendo em consideração que a C1 é constituída por materiais normalmente consolidados e incoerentes, os parâmetros de resistência ao corte e o módulo de deformabilidade foram estimados empiricamente por correlações vulgarmente utilizadas em geotecnia, a partir dos ensaios SPT. O ângulo de atrito interno foi estimado pela correlação entre $(N_1)_{60}$ e ϕ' proposta por Décourt (1989), e módulo de deformabilidade foi obtido através da expressão 3.

Para o ângulo de atrito interno estimaram-se valores entre os 27° e os 32° e para o módulo de deformabilidade valores entre 1 e os 5 MPa. É ainda de salientar que na S2 não foi possível efetuar ensaios SPT dadas as características moles do terreno que antevê quantitativos de resistência ao corte e de deformabilidade inferiores aos estimados, pelo que se desaconselha a adoção desta unidade como terreno de fundação.

Para o maciço rochoso, foi determinada a resistência à compressão uniaxial a 10 provetes de rocha. Os resultados desses ensaios são apresentados nos Quadro

XII. Complementarmente, apresenta-se também o respetivo peso volúmico dos provetes secos.

Quadro XII - Caracterização da resistência à compressão uniaxial dos materiais rochosos ocorrentes.

DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL (NP EN 1926:2008)							
Ref. dos provetes		Nº Sondagem / Prof. (m)	Peso Volúmico	Carga de rotura	Resistência à compressão		
Interna	Externa				Valores Individuais	Valor médio	Desvio padrão
			(kN/m ³)	(KN)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
38076.1	A1	S1 [4,35 - 5,65]	26,6	513	105,3	85	15
38076.2	A2		27,1	378	77,8		
38076.3	A3		26,6	423	86,9		
38076.3	A4		26,9	347	71,0		
38077.1	A7	S2 [7,26 - 8,56]	21,4	209	43,1	40	3
38077.2	A8		22,4	185	38,2		
38077.3	A10		22,3	181	37,3		
38080.1	A12	S3 [6,30-7,04]	26,0	430	88,5	86	36
38080.2	A13		26,9	583	119,9		
38080.3	A14		25,8	234	48,2		

No global, os 10 provetes ensaiados apresentaram valores da resistência à compressão entre os 37 MPa e os 120 MPa, com um valor médio de 72 MPa. O peso volúmico seco (γ_d) variou entre os 21 e os 27 kN/m³, com um valor médio de 25 kN/m³. Com base nas correlações apresentadas anteriormente (Quadro IX), a porosidade aberta variou entre o 6 e 19%, com um quantitativo médio de 10%, e o módulo de elasticidade dinâmico apresentou valores compreendidos entre 31 e 109 GPa, com um valor médio de 78 GPa.

Os testemunhos de rocha obtidos na S2 denotam pesos volúmcicos e resistências mais baixas em função da presença de vacúolos na matriz rochosa.

As características médias do conjunto da rocha de natureza basáltica seguindo as considerações da descrição geotécnica de maciços rochosos, proposta pela Sociedade Internacional de Mecânicas das rochas, são as seguintes (Quadro XIII):

Quadro XIII – Resumo das características médias da formação C2b.

Grau de meteorização	W2
Faturação	F3
RQD (%)	60-76
Resistência à compressão uniaxial (MPa)	37 -120
Peso volúmico seco (kN/m³)	21 - 27
Porosidade aberta (%)	6 - 19
Módulo de Elasticidade Dinâmico, E_d (GPa)	30 - 109

4.3 Principais condicionalismos

O terreno em causa é delimitado a nascente pela estrada do Calço da Pedra Queimada, a sul pelo caminho do Saramagal, e a norte e poente por pastagens. No setor NW do terreno encontra-se um poço absorvente com uma área de cerca de 23,4 m² e com uma profundidade visível de cerca de 3 m.

De acordo com a informação disponibilizada pelos SMAS, prevê-se para o local a implementação de dois reservatórios de água, de diâmetro interior de cerca de 18 m, e um edifício de apoio. Estão previstas escavações para a implantação dos dois reservatórios, entre as cotas dos 244,15 m e 243,15 m. A profundidade média de escavação é de 2,5 m, num volume previsto aproximado de 1940 m³.

Dada a proximidade de um dos reservatórios ao poço absorvente, a indução de cargas ao terreno poderá comprometer a estabilidade das paredes do poço e, consequentemente, por descompressão, afetar a estrutura do reservatório. Por

outro lado, sendo um local de recolha de águas, o terreno encontra-se com muita água em profundidade, mantendo o terreno muito húmido. Para além disso, a pendente das camadas em profundidade é favorável à circulação de água e, conseqüentemente, terá tendência a provocar uma lavagem de elementos finos, criando condições para a ocorrência de colapsos em profundidade.

Em novembro do corrente ano na tentativa de medição do nível de água no furo de sondagem S2 verificou-se que o medidor não estabilizava no fundo do furo, o que poderia resultar na presença de uma cavidade. Neste sentido efetuaram-se esforços no sentido de reperfurar o furo de sondagem até aos 12 m de modo a aferir a existência de alguma eventual cavidade e/ou túnel lávico. Nesta reperfuração observou-se a existente de clinker dos 9,55 m aos 10,8 m, e dos 10,8 m até aos 12,0 m a existência de uma nova escoada lávica basáltica. Assim sendo, a justificação para o fenómeno terá sido o colapso da parede do furo, causando uma cavidade em resultado da lavagem de finos provocada pela circulação de água proveniente do poço absorvente.

Do ponto de vista geológico, apresenta-se em anexo 3 perfis geológicos e geotécnicos, onde se ilustra a disposição dos reservatórios. No caso do reservatório do lado poente, as fundações previstas irão assentar essencialmente no clinker (C2a), e as do reservatório do lado nascente irão assentar essencialmente na C1. Uma vez que este material se apresenta mole a muito mole, os trabalhos de escavação nestes solos pomíticos podem constituir um desafio à introdução de máquinas no terreno, dada a presença de bastante água e à consistência muito mole dos mesmos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo geológico e geotécnico compreendeu a realização de sondagens à rotação, acompanhadas por ensaios SPT, e ensaios com um Penetrómetro Dinâmico Médio, para definição das condições geológicas e geotécnicas ocorrentes, onde vão ser construídos dois reservatórios de água no Outeiro, na freguesia dos Arrifes, concelho de Ponta Delgada.

As unidades geológicas e geotécnicas obtidas na perfuração incluíram depósitos piroclásticos pomíticos (C1), e clinker (C2a) e/ou basalto (C2b).

Tendo em consideração a natureza genética e as características macroscópicas do material intersetado pela prospeção considera-se que a unidade geológico-geotécnica (C2), constituída por clinker (C2a) e rocha de natureza basáltica (C2b) apresenta as melhores características para servir de terreno de fundação, com resistências à compressão uniaxial entre os 37 e os 120 MPa.

Com base na prospeção realizada, verifica-se que a unidade geológico-geotécnica (C1) apresenta uma grande heterogeneidade em termos de espessuras, apresentando valores entre os 2,4 m e os 7,0 m de poente para nascente. Esta formação apresenta-se muito solta a solta em termos de compacidade e com uma consistência média a muito mole, com quantitativos de SPT entre as 2 e as 7 pancadas.

Em anexo apresentam-se três perfis geológico e geotécnicos do terreno (perfis 1, 2 e 3), com a indicação das unidades geológicas e geotécnicas e a implantação dos reservatórios de água nas profundidades previstas em projeto.

O perfil 1 (alinhamento A-A') e o perfil 3 (B-B') permitem verificar que o reservatório a poente irá ficar com os seus elementos de fundação na transição da C1 para C2a,

sendo que nalgumas situações intersectarão a C2a, e noutras ficarão muito próximo de intersectar.

Para o reservatório 2, que se localiza a nascente, o terreno de fundação predominante é constituído pela unidade geológica e geotécnica C1. No entanto, nalguns limites deste reservatório, os elementos de fundação situam-se muito próximo da C2a. A zona central denota em profundidade uma espessura considerável de solos pomíticos, muito pouco competentes, até alcançar a cota dos 239 m.

Como referido anteriormente, o reservatório de água previsto a nascente irá situar-se muito próximo de um poço absorvente e sobrejacente à maior espessura de solos. Na sondagem S2, este material encontrava-se com um elevado teor de água (155%) e com um peso volúmico seco muito baixo. Para além disso, a pendente das camadas em profundidade é favorável à circulação de água proveniente do poço absorvente, o que poderá promover a lavagem de finos e a criação de condições para o desenvolvimento de colapsos em profundidade, tal como foi referido no ponto 4.3.

Tendo em consideração as fracas características da unidade C1, sugere-se uma solução que minimize ao máximo as deformações diferenciais através da adoção de soluções do tipo de ensoleiramento geral para ambos os reservatórios e a aplicação de pegões e/ou micro estacas apoiadas na C2b.

Alerta-se que os trabalhos escavação através da introdução de equipamentos pesados sobre a C1, que apresenta elevados teores de água e características finas, irão originar dificuldades de manobrar máquinas bem como dificuldades de estabilização (*e.g.*, efeitos do tipo colchão de água). Face a esta situação, sugere-se a execução de uma maior escavação para permitir construir um aterro que que

sirva de plataforma de trabalho. Na interface do solo pomítico com o aterro recomenda-se a colocação de um geotêxtil, com funções de reforço e filtragem.

Atendendo à proximidade do poço absorvente ao reservatório localizado a nascente, sugere-se a desativação do mesmo para evitar a lavagem de finos e a perda de sustentação das estruturas sobrejacentes.

Perante as características macroscópicas dos materiais das unidades C1 e C2a, considera-se que os mesmos poderão ser escavados, na generalidade, com o recurso a meios mecânicos correntes (*e.g.*, retroescavadoras, pás escavadoras, etc.).

BIBLIOGRAFIA

BOWLES, J. (1996) - Foundation Analysis and Design. McGraw-Hill.

CARMO, R. (2013) – Estudo da neotectónica na ilha de S. Miguel. Uma contribuição para o estudo do risco sísmico no arquipélago dos Açores. Tese de doutoramento. Departamento de Geociências. Universidade dos Açores, pp 306.

DÉCOURT, L. (1989) – The Standard Penetration Test – *State of Art Report: In: XII International Conference on soil mechanics and foundation engineering. Rio de Janeiro – RJ, vol.4.*

FERREIRA, T. (2000) – *Caracterização da actividade vulcânica subaérea da ilha de S. Miguel (Açores): vulcanismo basáltico recente e zonas de desgaseificação. Avaliação de riscos.* Tese de doutoramento em Geologia, especialidade em Vulcanologia, Universidade dos Açores, 248 p.

FOLQUE, J. (1987) – Comportamento de maciços terrosos sob a ação de solicitações sísmicas, Geotecnia nº51, Lisboa, pp. 1-31.

ISRM (1981). *Basic geotechnical description of rock masses.* Int. Journal of rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstracts, vol. 18, pp. 85-110.

LIAO, S.S.C. & Whitman, R.V (1987), Discussão a : “Skempton, A. W. (1986), “ Standard penetration test procedures and the effects in sands of overburden pressure, relative density, particle size, ageing and overconsolidation”, Géotechnique 36, nº 3, pp. 425-447”, Géotechnique 37, nº 3, pp. 411-412.

MALHEIRO, A., AMARAL, P., VIEIRA DE SOUSA, J., MIRANDA, & SANTO, A (2018) - Caracterização geomecânica de materiais rochosos de origem vulcânica dos arquipélagos dos Açores e Madeira. 16CNG. Laboratório Regional de Engenharia Civil – Açores. 12 p.

NP 84: 1965 – Solos. Determinação do teor em água.

NP EN 1998-1:2010 – Eurocódigo 8 – Projeto de estruturas para resistência aos sismos. Parte 1: Regras gerais, ações sísmicas e regras para edifícios.

RSA (1983) – Regulamento de Segurança e Ações em Edifícios e Pontes. Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC).

SILVEIRA, D. (2002) – Caracterização da sismicidade histórica da ilha de S. Miguel com base na reinterpretação de dados de macrossísmica: contribuição para a avaliação do risco sísmico. Tese de mestrado em Vulcanologia e Riscos Geológicos. Universidade dos Açores.

TERZAGHI, K. & PECK, R. B. (1967) - Soil Mechanics in Engineering Practice, 2nd edition, John Wiley & Sons, 729 p.

ZBYSZEWSKI, G., FERREIRA, O.V. e ASSUNÇÃO, C.T. (1959) - Carta Geológica de Portugal na escala 1:50000. Not. explicativa da folha A, S. Miguel (Açores). Pub. Serv. Geol. de Portugal, 22 p.

Ponta Delgada, Laboratório Regional de Engenharia Civil, novembro de 2019.

AUTORIA



Paulo Alexandre Pimentel Amaral

Doutorado em Geologia, especialidade Vulcanologia



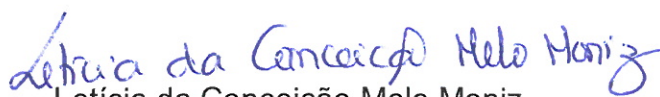
Filipe Miguel Palma Santos Passos Marques

Eng.º Civil, Mestre em Georrecursos



Ana Maria Mota Albergaria P. Malheiro

Geóloga, Mestre Vulcanologia e Riscos Geológicos

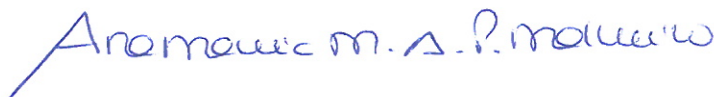


Letícia da Conceição Melo Moniz

Eng.ª Civil, Mestre em Geotecnia

VISTOS

A Diretora de Serviços de
Geotecnia e Prospeção



Ana Maria Mota Albergaria P. Malheiro

O Diretor do LREC



Francisco de Sousa Fernandes

ANEXOS

- **Localização das sondagens e dos ensaios com o Penetrómetro Dinâmico Médio**
- **Fotografias das caixas com as amostras recolhidas ao longo da furação**
- **Diagramas das sondagens**
- **Registo dos ensaios com o Penetrómetro Dinâmico Médio**
- **Perfis geológico e geotécnicos**
- **Boletins de ensaios**

Localização das Sondagens e do PDM



Fotografias das caixas com as amostras recolhidas ao longo da furação



Foto 1 – Testemunhos obtidos na sondagem S1.



Foto 2 – Testemunhos obtidos na sondagem S2.



Foto 3 – Testemunhos obtidos na sondagem S3.

Diagramas de sondagem

LABORATÓRIO REGIONAL DE ENGENHARIA CIVIL



DIAGRAMA DE SONDAGEM

CLIENTE	SMAS	COORDENADAS BOCA FURO	EQUIPAMENTO:	Rotatec RL-48
PROJETO	Reservatórios de água	X 613598,301	INCLINAÇÃO:	Vertical
LOCAL	Outeiro - Arrifes	Y 4182545,803	DIÂMETRO FURO:	101 mm
SONDAGEM Nº	S1	Z 245,898	NÍVEL DE ÁGUA:	Nd
DATA REALIZAÇÃO	29/07/2019	PROFUNDIDADE MÁXIMA:	5,65 m	

Profundidade (m)	Prof. Nível de Água	Unidade Geol-Geot	Log. Estratigráfico	DESCRIÇÃO GEOLÓGICA	SOLOS										ROCHA				
					Ensaio Lab.	Nº. PANCADAS SPT / 30 cm						RECUP. (%)				* GRAU METEORIZAÇÃO	* FRACTURAÇÃO	* RQD (%)	
						10	20	30	40	50	60	70	80	90	100				
0				Depósitos piroclásticos pomíticos (DPP). Trata-se de areias siltosas castanhas misturadas com blocos e cascalhos rochosos. Matriz fina não denota plasticidade quando húmida.													-	-	-
1				Nota: sem recuperação de material entre os 1,42 m e os 2,42 m.															
2																	-	-	-
3				Clinker (CL) – Trata-se de blocos e cascalhos rochosos. D. máx: 20 cm. A matriz fina não denota plasticidade.													-	-	-
4																	-	-	-
5				Escoada lávica de natureza basáltica (ELB) – Trata-se de rocha basáltica (s.l.), compacta, de cor cinzenta e de textura afanítica. Denota descoloração nas descontinuidades.													W2	F3	76
6				[4,35 – 5,65 m] Peso volúmico: 26,8 kN/m3 (26,6 – 27,1 kN/m3); Resistência à Compressão Uniaxial: 85 MPa (105 – 71 MPa)															
7				Fim da sondagem: 5,56 m															
8																			
9																			
10																			

OBSERVAÇÕES

ENSAIOS LAB.

G - Granulometria
LA - Limites de Atterberg
IF - índices físicos
Tri - Ensaio Triaxial
Ed - Ensaio edométrico
C.U - Compressão Uniaxial

Manobra de perfuração
* ISRM (1981). Basic geotechnical description of rock masses.
Int. Journal of rock Mechanics and Mining Sciences and
Geomechanics Abstracts, vol. 18, pp. 85-110.

Elaborado por:

Paula Azeiteiro

Data 21-11-2019

Verificado por:

Amelucio

Data 26-11-2019

REC
LABORATÓRIO REGIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

CLIENTE	SMAS	COORDENADAS BOCA FURO	EQUIPAMENTO:	Rotattec RL-48
PROJETO	Reservatórios de água	X 613616,632	INCLINAÇÃO:	Vertical
LOCAL	Outeiro - Arrifes	Y 4182554,659	DIÂMETRO FURO:	101 mm
SONDAGEM Nº	S2	Z 245,672	NÍVEL DE ÁGUA:	Nd
DATA REALIZAÇÃO	30/07/2019	PROFUNDIDADE MÁXIMA:	9,55 m	

[illegible]

ENSAIOS LAB.
G - Granulometria
LA - Limites de Atterberg
IF - índices físicos
Tri - Ensaio Triaxial
Ed - Ensaio edométrico
C.U - Compressão Uniaxial

* ISRM (1981). Basic geotechnical description of rock masses. Int. Journal of rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstracts, vol. 18, pp. 85-110.

Verificado por: Amadeu Data 26-11-2019

LABORATÓRIO REGIONAL DE ENGENHARIA CIVIL



DIAGRAMA DE SONDAGEM

CLIENTE	SMAS	COORDENADAS BOCA FURO	EQUIPAMENTO:	Rotatéc RL-48
PROJETO	Reservatórios de água	X 613611,77	INCLINAÇÃO:	Vertical
LOCAL	Outeiro - Arrifes	Y 4182541,472	DIÂMETRO FURO:	101 mm
SONDAGEM Nº	S3	Z 245,473	NÍVEL DE ÁGUA:	Nd
DATA REALIZAÇÃO	30/07/2019	PROFUNDIDADE MÁXIMA:	7,6 m	

Profundidade (m)	Prof. Nível de Água	Unidade Geol-Geot	Log. Estratigráfico	DESCRIÇÃO GEOLÓGICA	SOLOS		ROCHA			
					Ensaio Lab.	Nº. PANCADAS SPT / 30 cm	RECUP. (%)	* GRAU METEORIZAÇÃO	* FRACTURAÇÃO	* RQD (%)

0				Depósitos piroclásticos pomíticos (DPP). Trata-se de areias siltsas castanhas. Matriz fina denota plasticidade quando húmida. Compacidade solta a muito solta e consistência média a muito mole.											
1															
2				NSPT [1,6 m – 1+1+1] [3,2 m – 1+3+4]											
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															

OBSERVAÇÕES

ENSAIOS LAB.	Manobra de perfuração
G - Granulometria	* ISRM (1981). Basic geotechnical description of rock masses.
LA - Limites de Atterberg	Int. Journal of rock Mechanics and Mining Sciences and
IF - índices físicos	Geomechanics Abstracts, vol. 18, pp. 85-110.
Tri - Ensaio Triaxial	
Ed - Ensaio edométrico	
C.U - Compressão Uniaxial	

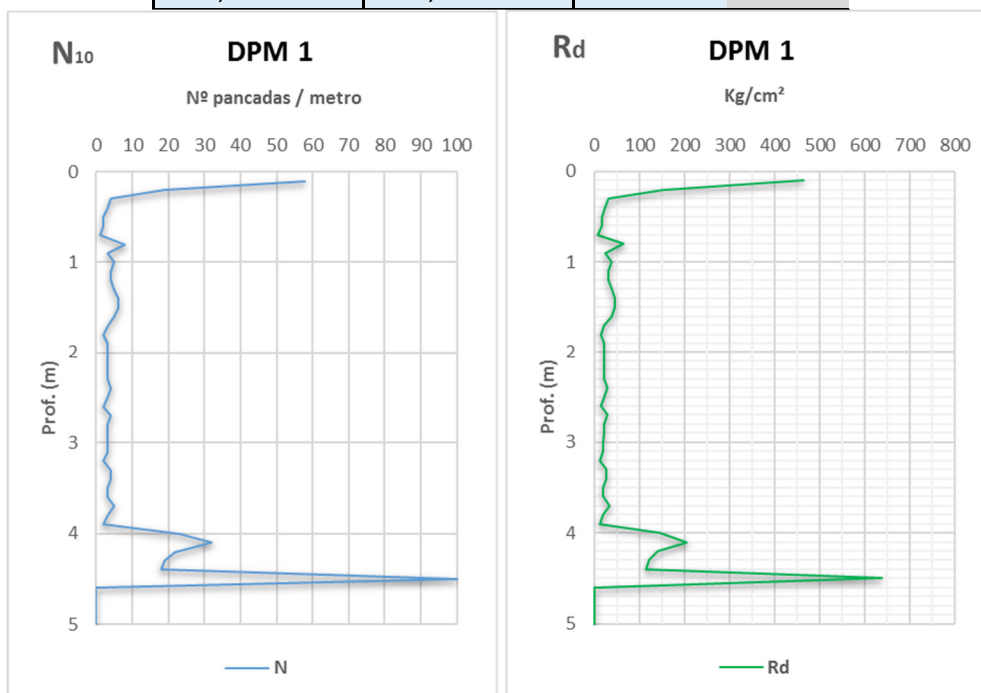
Elaborado por: Pablo Sal Data 21-11-2019

Verificado por: Amelucio Data 26-11-2019

Registo dos ensaios com o Penetrómetro Dinâmico Médio

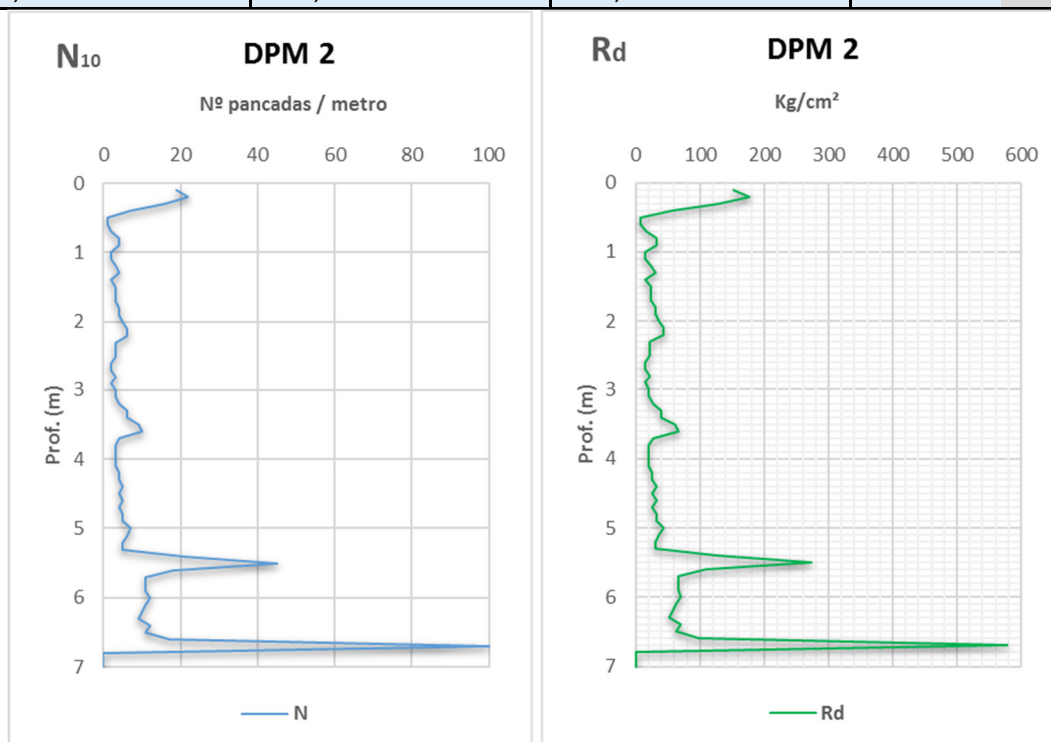
PDM1

PROF. (m)	N	PROF. (m)	N	PROF. (m)	N	N
0,10	58	2,10	3	4,10	32	
0,20	19	2,20	3	4,20	22	
0,30	4	2,30	3	4,30	19	
0,40	3	2,40	4	4,40	18	
0,50	2	2,50	3	4,50	100	
0,60	2	2,60	2			
0,70	1	2,70	4			
0,80	8	2,80	3			
0,90	3	2,90	3			
1,00	5	3,00	3			
1,10	4	3,10	3			
1,20	4	3,20	2			
1,30	5	3,30	4			
1,40	6	3,40	4			
1,50	6	3,50	3			
1,60	5	3,60	3			
1,70	3	3,70	5			
1,80	2	3,80	3			
1,90	3	3,90	2			
2,00	3	4,00	23			



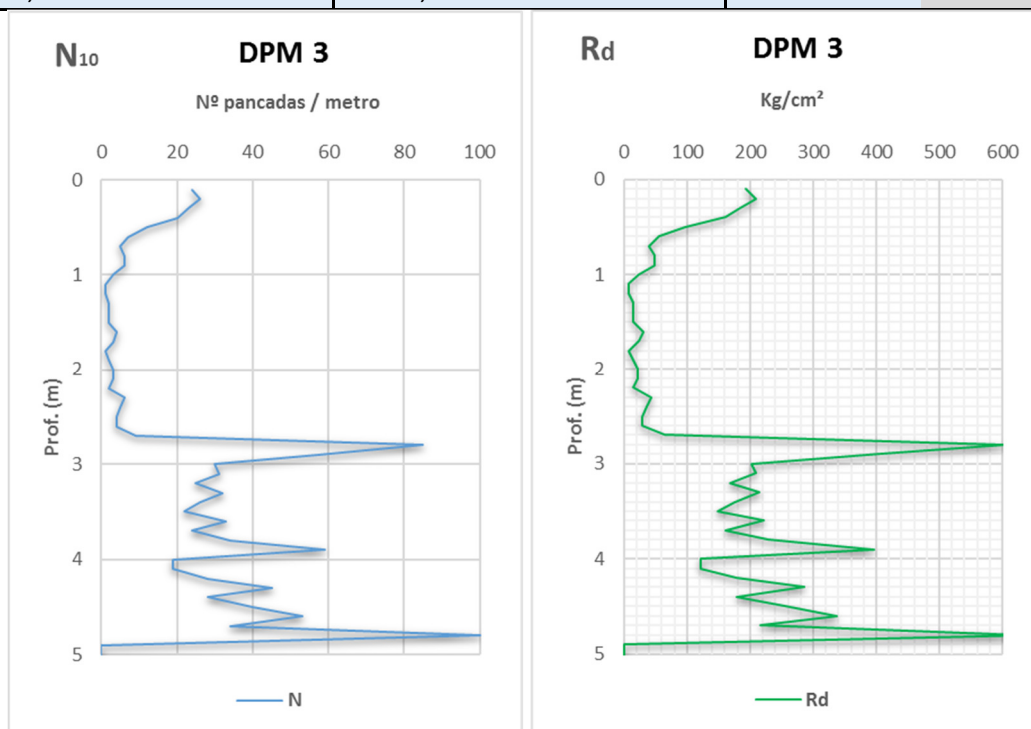
PDM2

PROF. (m)	N	PROF. (m)	N	PROF. (m)	N	PROF. (m)	N
0,10	19	2,10	6	4,10	3	6,10	11
0,20	22	2,20	6	4,20	4	6,20	10
0,30	16	2,30	3	4,30	4	6,30	9
0,40	7	2,40	3	4,40	5	6,40	12
0,50	1	2,50	3	4,50	4	6,50	11
0,60	1	2,60	2	4,60	5	6,60	17
0,70	2	2,70	2	4,70	4	6,70	100
0,80	4	2,80	3	4,80	5		
0,90	4	2,90	2	4,90	5		
1,00	2	3,00	3	5,00	7		
1,10	2	3,10	3	5,10	6		
1,20	3	3,20	4	5,20	5		
1,30	4	3,30	6	5,30	5		
1,40	2	3,40	6	5,40	21		
1,50	3	3,50	9	5,50	45		
1,60	3	3,60	10	5,60	18		
1,70	3	3,70	4	5,70	11		
1,80	4	3,80	3	5,80	11		
1,90	4	3,90	3	5,90	11		
2,00	5	4,00	3	6,00	12		



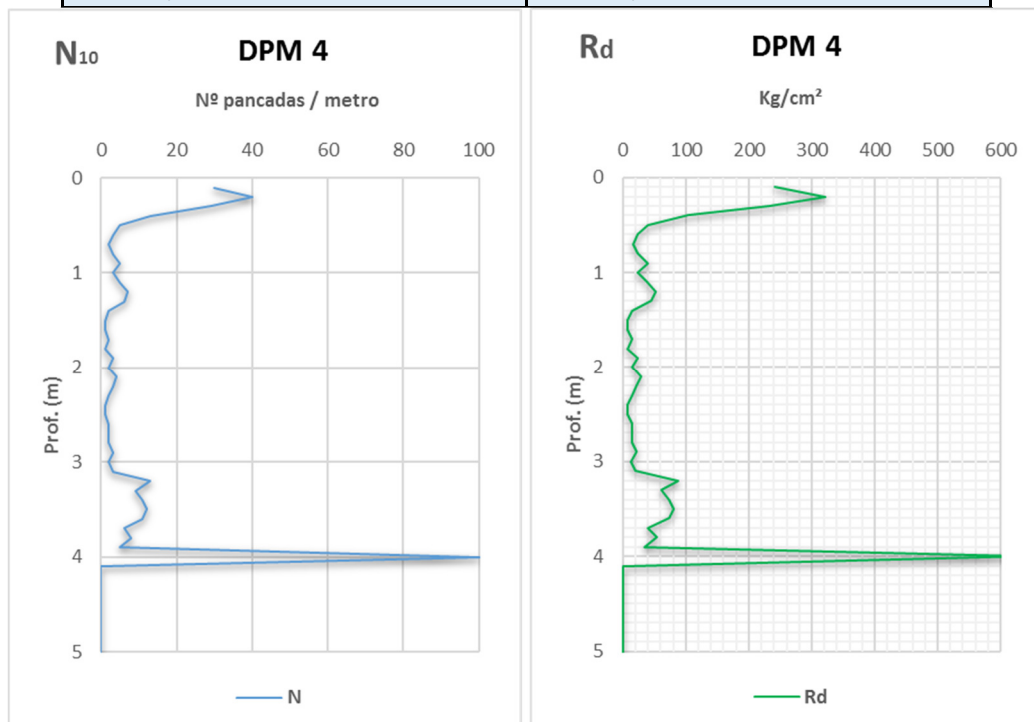
PDM3

PROF. (m)	N	PROF. (m)	N	PROF. (m)	N
0,10	24	2,10	3	4,10	19
0,20	26	2,20	2	4,20	28
0,30	23	2,30	6	4,30	45
0,40	20	2,40	5	4,40	28
0,50	12	2,50	4	4,50	40
0,60	7	2,60	4	4,60	53
0,70	5	2,70	9	4,70	34
0,80	6	2,80	85	4,80	100
0,90	6	2,90	57		
1,00	3	3,00	30		
1,10	1	3,10	31		
1,20	1	3,20	25		
1,30	2	3,30	32		
1,40	2	3,40	26		
1,50	2	3,50	22		
1,60	4	3,60	33		
1,70	3	3,70	24		
1,80	1	3,80	34		
1,90	2	3,90	59		
2,00	3	4,00	19		



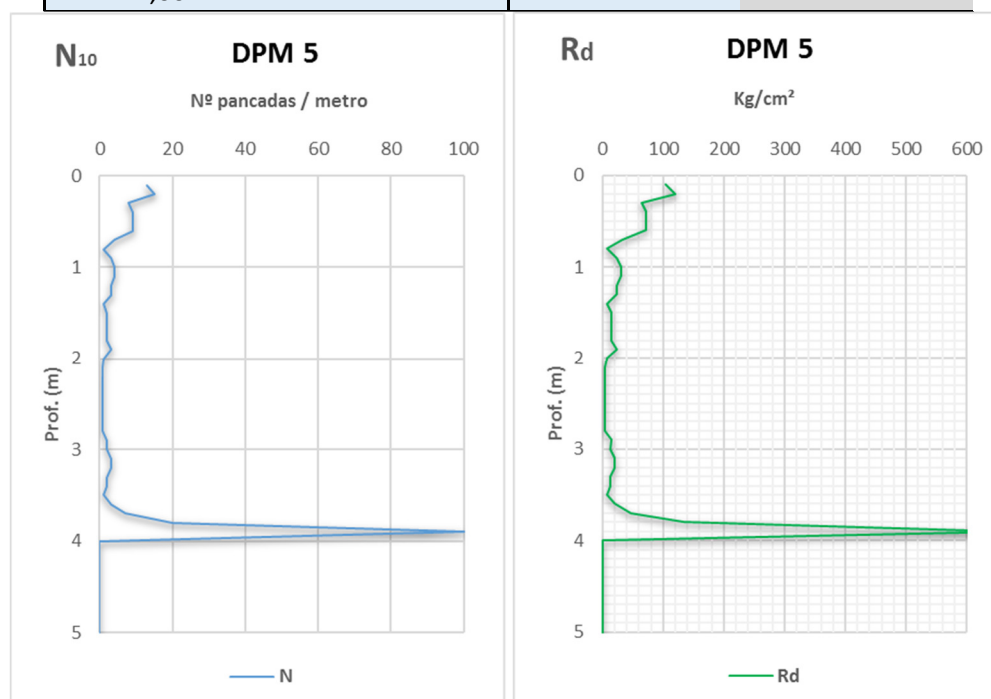
PDM4

PROF. (m)	N	PROF. (m)	N
0,10	30	2,10	4
0,20	40	2,20	3
0,30	29	2,30	2
0,40	13	2,40	1
0,50	5	2,50	1
0,60	3	2,60	2
0,70	2	2,70	2
0,80	3	2,80	2
0,90	5	2,90	3
1,00	3	3,00	2
1,10	5	3,10	3
1,20	7	3,20	13
1,30	6	3,30	9
1,40	2	3,40	11
1,50	1	3,50	12
1,60	1	3,60	11
1,70	2	3,70	6
1,80	1	3,80	8
1,90	3	3,90	5
2,00	2	4,00	100



PDM5

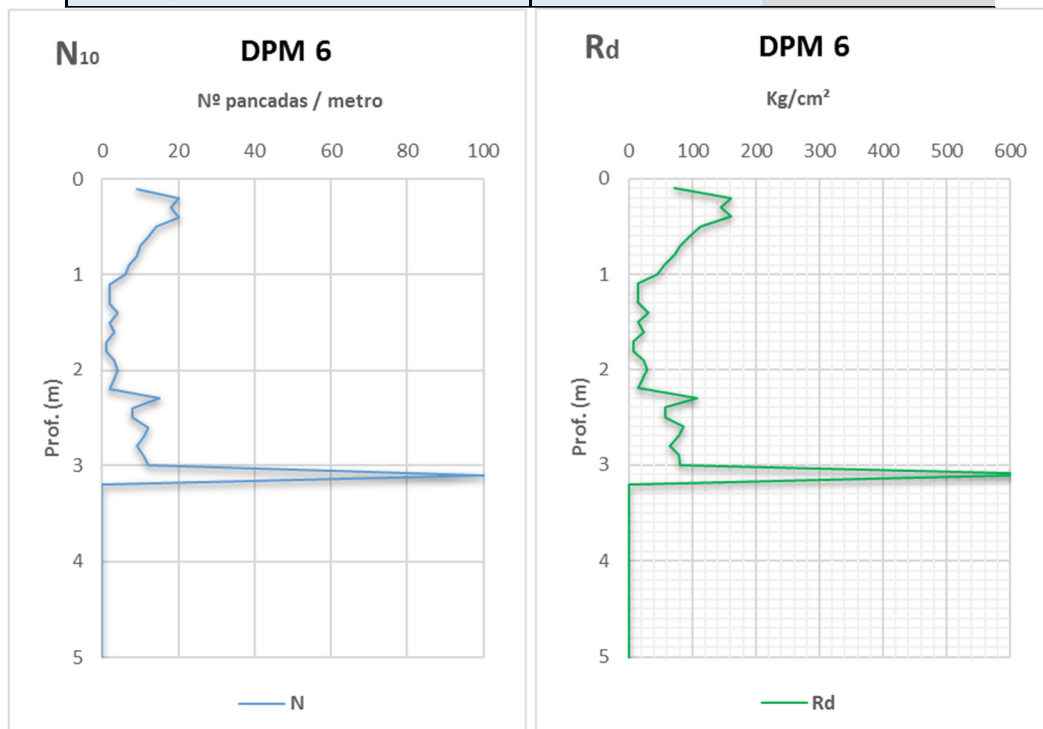
PROF. (m)	N	PROF. (m)	N
0,10	13	2,10	0,625
0,20	15	2,20	0,625
0,30	8	2,30	0,625
0,40	9	2,40	0,625
0,50	9	2,50	0,625
0,60	9	2,60	0,625
0,70	4	2,70	0,625
0,80	1	2,80	0,625
0,90	3	2,90	2
1,00	4	3,00	2
1,10	4	3,10	3
1,20	3	3,20	3
1,30	3	3,30	2
1,40	1	3,40	2
1,50	2	3,50	1
1,60	2	3,60	3
1,70	2	3,70	7
1,80	2	3,80	20
1,90	3	3,90	100
2,00	1		



PDM5

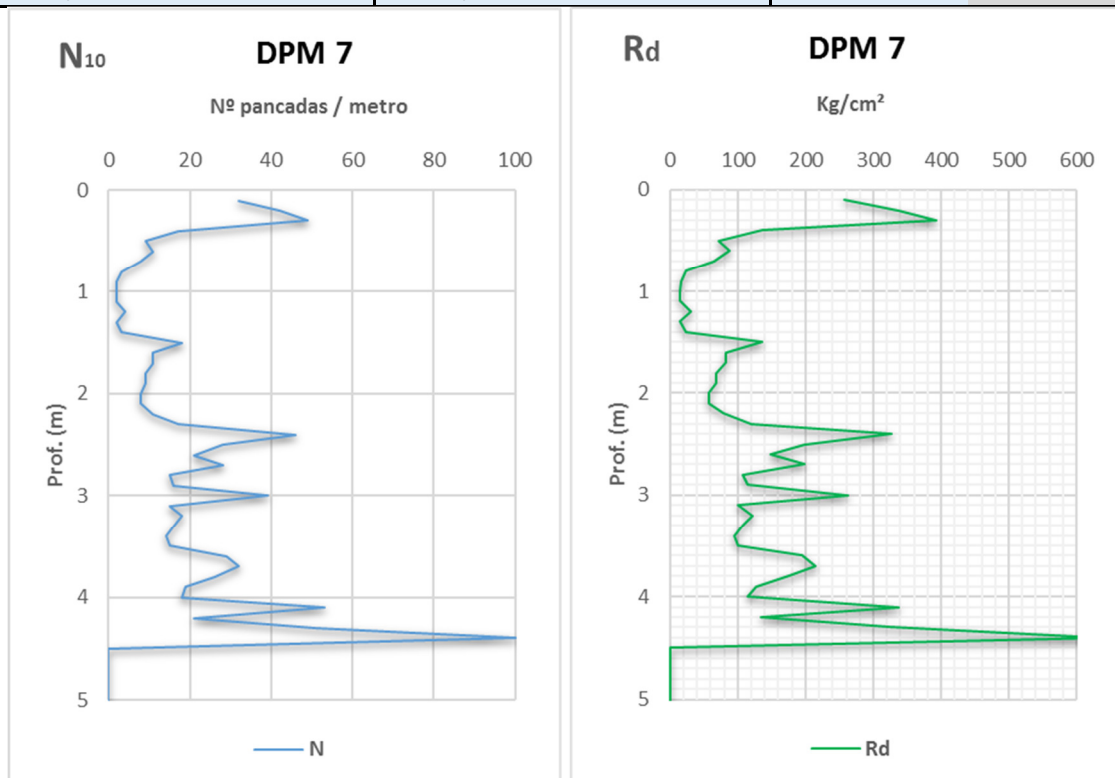
PDM6

PROF. (m)	N	PROF. (m)	N
0,10	9	2,10	3
0,20	20	2,20	2
0,30	18	2,30	15
0,40	20	2,40	8
0,50	14	2,50	8
0,60	12	2,60	12
0,70	10	2,70	11
0,80	9	2,80	9
0,90	7	2,90	11
1,00	6	3,00	12
1,10	2	3,10	100
1,20	2		
1,30	2		
1,40	4		
1,50	2		
1,60	3		
1,70	1		
1,80	1		
1,90	3		
2,00	4		

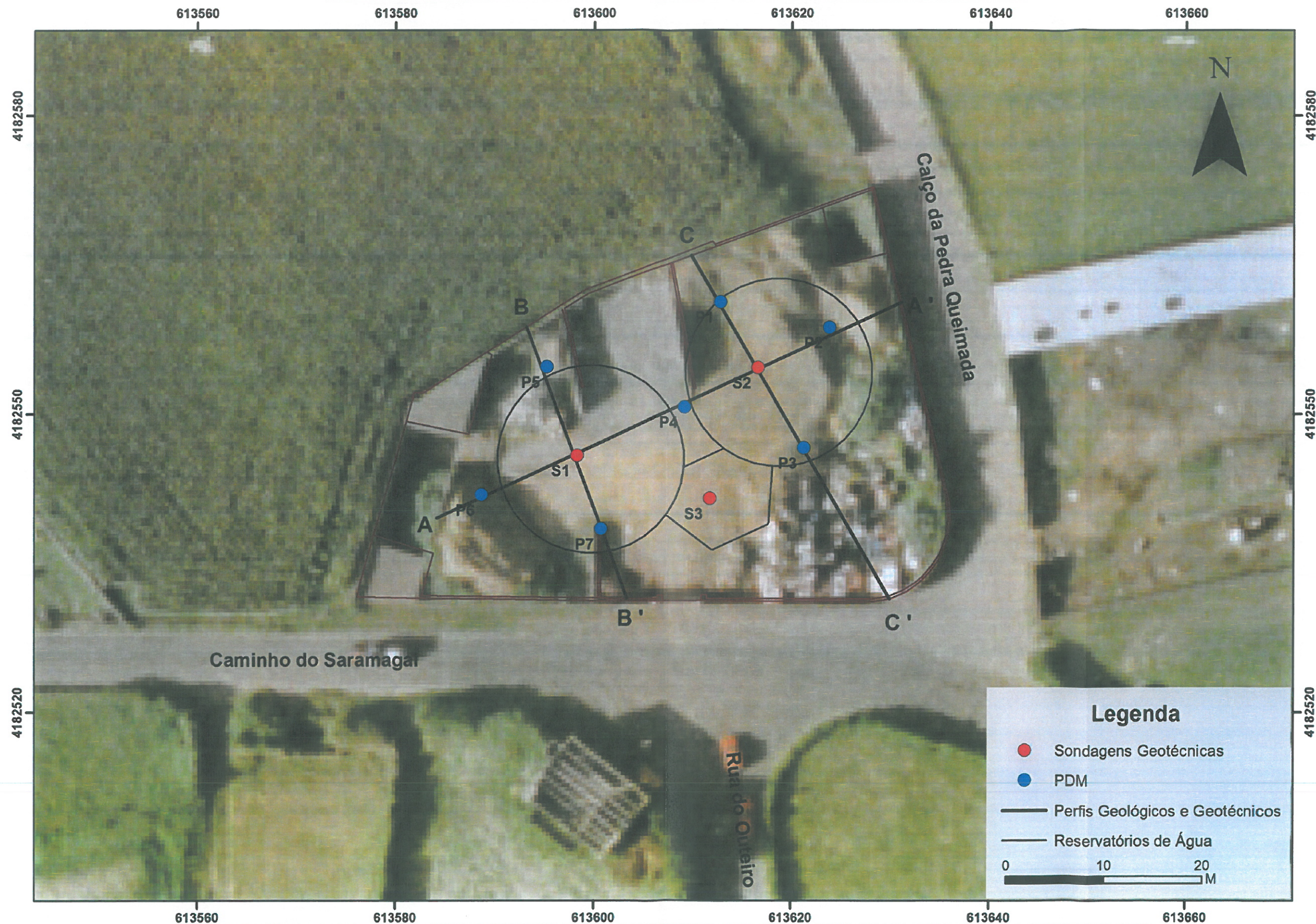


PDM7

PROF. (m)	N	PROF. (m)	N	PROF. (m)	N
0,10	32	2,10	8	4,10	53
0,20	42	2,20	11	4,20	21
0,30	49	2,30	17	4,30	51
0,40	17	2,40	46	4,40	100
0,50	9	2,50	28		
0,60	11	2,60	21		
0,70	8	2,70	28		
0,80	3	2,80	15		
0,90	2	2,90	16		
1,00	2	3,00	39		
1,10	2	3,10	15		
1,20	4	3,20	18		
1,30	2	3,30	16		
1,40	3	3,40	14		
1,50	18	3,50	15		
1,60	11	3,60	29		
1,70	11	3,70	32		
1,80	9	3,80	26		
1,90	9	3,90	19		
2,00	8	4,00	18		

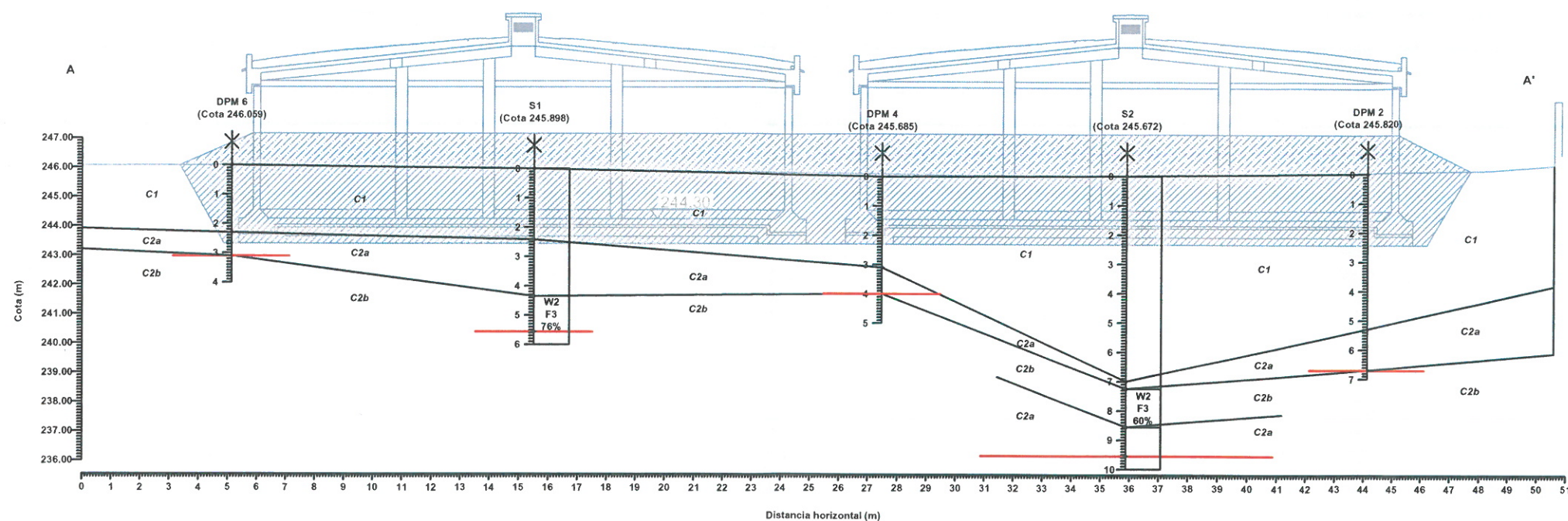


Perfis geológicos e geotécnicos



Legenda

- Sondagens Geotécnicas
 - PDM
 - Perfis Geológicos e Geotécnicos
 - Reservatórios de Água
- 0 10 20 M



Legenda:

- C1 DPP - Depósito piroclástico pomítico
- C2 ELB - Escoda lávica basáltica e/ou clinker
- C2a CL - Clinker
- C2b ELB - Escoda lávica de natureza basáltica (S.L.)

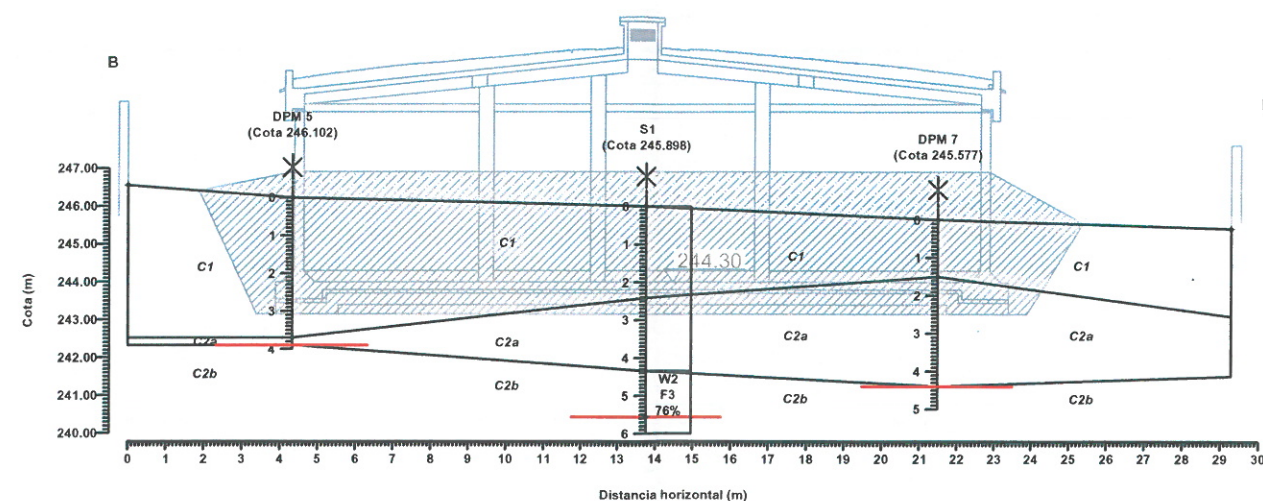
— Fim de sondagem / PDM

Índice de qualidade (ISRM)

Wi - (Alteração, i = 1 a 5)
Fi - (Fracturação, i = 1 a 5)
RQD - (0 - 100%)

Ensaios in situ

N60 - (0 a 60)



Legenda:

- C1 DPP - Depósito piroclástico pomítico
- C2 ELB - Escoda lávica basáltica e/ou clinker
- C2a CL - Clinker
- C2b ELB - Escoda lávica de natureza basáltica (S.L.)

— Fim de sondagem / PDM

Índice de qualidade (ISRM)

Wi - (Alteração, i = 1 a 5)
Fi - (Fracturação, i = 1 a 5)
RQD - (0 - 100%)

Ensaios in situ

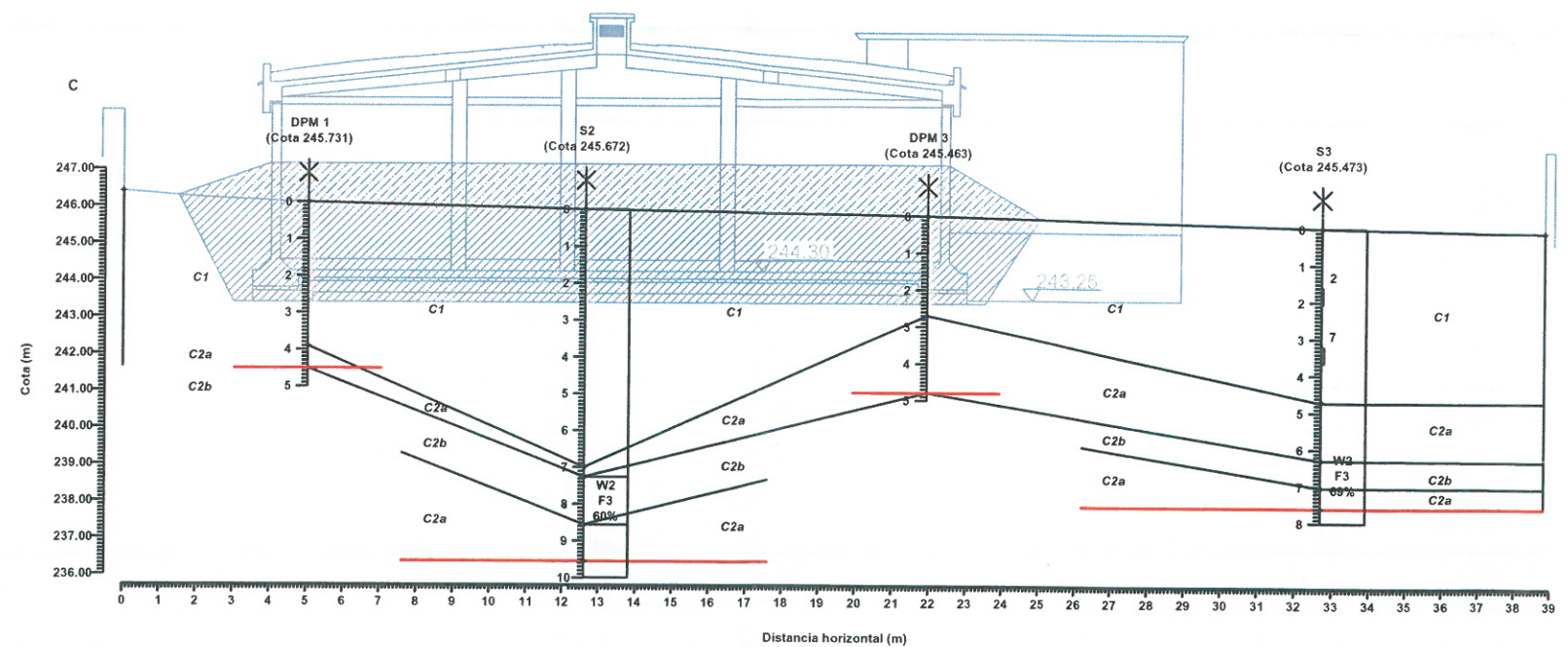
N60 - (0 a 60)

	CLIENTE:	PROJETO:	TÍTULO:	ESCALAS:	DESENHO Nº	ELABORADO POR:
	SMAS	Reservatório de água - Outeiro	Perfil geológico interpretativo: Alinhamento B-B' (Perfil 3)	1/200	3	
					DATA	VERIFICADO POR:
					Novembro de 2019	

Modelo PG.04-03 / Rev 00

Não é permitida a reprodução deste documento nem a sua circulação externa. Qualquer impressão ou cópia deste documento é considerada **cópia não controlada**

Página 3 de 4



Legenda:

- C1 DPP - Depósito piroclástico pomítico
- C2 ELB - Escoda lávica basáltica e/ou clinker
- C2a CL - Clinker
- C2b ELB - Escoda lávica de natureza basáltica (S.L.)

— Fim de sondagem / PDM

Índice de qualidade (ISRM)

WI - (Alteração, 1 = 1 a 5)
FI - (Fracturação, 1 = 1 a 5)
RQD - (0 - 100%)

Ensaios in situ

NGO - (0 a 60)

LABORATÓRIO REGIONAL DE ENGENHARIA CIVIL	CLIENTE: SMAS	PROJETO: Reservatório de água - Outeiro	TÍTULO: Perfil geológico interpretativo: Alinhamento C-C' (Perfil 2)	ESCALAS: 1/200	DESENHO Nº 4	ELABORADO POR: DATA Novembro de 2019
---	-----------------------------	---	--	------------------------------	----------------------------	---

Modelo PG.04-03 / Rev 00

Não é permitida a reprodução deste documento nem a sua circulação externa. Qualquer impressão ou cópia deste documento é considerada **cópia não controlada**

Página 4 de 4

Boletins de ensaios



LABORATÓRIO REGIONAL DE ENGENHARIA CIVIL
DIRECÇÃO DE SERVIÇOS DE GEOTECNIA E PROSPECÇÃO
Unidade Laboratorial de Geotecnia

Visto
O Diretor do LREC

Francisco S. Fernandes

Requerente SMAS-Serviços Municipalizados de Água e Saneamento-Município de Ponta Delgada
Morada Rua Tavares de Resende, 165, 9504-507 Ponta Delgada
Obra SEM OBRA ASSOCIADA
V/Referência N/Ref nº. 738/19 Proc. nº. 226

Solos - Determinação do Teor em Água NP 84

Identificação da(s) Amostra(s)

Amostra(s) nº	38095								
Tipo de Solo:	Solo	D _{Máx.} :	4,0	mm	Data da Entrada:				
Local da Recolha:	Outeiro [Arrifes]				Data da Recolha:	30-07-2019			

Resultados do Ensaio

Referência do provete		Massa do Provete Húmido (g)	Massa do Provete Seco (g)	Massa de Água no Provete (g)	Teor em Água do Provete (%)	
					Determinação	Valor Médio
Interna	Externa					
38095.1		314,6	123,4	191,2	154,9%	154,9%

Observações

Amostra(s): 38095 - Sondagem S2 [4,90-5,10m]

Atenção: A massa do provete: 38095.1, é inferior à mínima recomendada

Modelo: LREC GT SO07-01 - Rev. 02

O Técnico de Laboratório

António Carlos Alves Melo

O Responsável Técnico da UL

Filipe Marques, Eng

Visto
O Diretor de Serviços

Ana Malheiro, Dra



LABORATÓRIO REGIONAL DE ENGENHARIA CIVIL
SERVIÇOS DE NATUREZA LABORATORIAL
Unidade Laboratorial de Materiais de Construção

Visto
O Diretor do LREC

Francisco S. Fernandes

Requerente
Morada
Obra
V/Referência

SMAS-Serviços Municipalizados de Água e Saneamento-Município de Ponta Delgada
Rua Tavares de Resende,165, 9504-507 Ponta Delgada
SEM OBRA ASSOCIADA

N/Ref nº. 738/19

Proc. nº. 226

MÉTODOS DE ENSAIO PARA PEDRA NATURAL DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL NP EN 1926:2008

DADOS da AMOSTRA

REFª. INTERNA: 38076 DATA da EXTRAÇÃO: 30-07-2019 a 30-07-2019
REFª. EXTERNA: S1 4,35 - 5,65m DATA de ENTRADA: 30-07-2019
NOME PETROGRÁFICO da PEDRA: Basalto - NOME COMERCIAL: Basalto - NOME do FORNECEDOR: SMAS - Município de Ponta Delgada
ENTIDADE que EFETUOU a AMOSTRAGEM: LREC
LOCAL da EXTRAÇÃO: Terreno no Outeiro, Arrifes.

RESULTADOS dos ENSAIOS

GEOMETRIA:		Cilindrica	Nº PROVETES:		4 (1) DATA INICIO/ FIM:			28-10-2019	/ 30-10-2019	
REFª do PROVETE		MÉTODO PREP. SUPERFÍCIE	G.NC	DIÂM	ALTURA	MASSA	PESO VOL.	CARGA de ROTURA	RESIST. COMP.	OBS.
Interna	Externa			(mm)	(mm)	(g)	(kN/m³)	(kN)	(MPa)	
38076.1	A1	(3)	PI	79	80	1058	26,6	513	105,3	
38076.2	A2	(3)	PI	79	80	1082	27,1	378	77,8	
38076.3	A3	(3)	PI	79	80	1059	26,6	423	86,9	
38076.4	A4	(3)	PI	79	80	1073	26,9	347	71,0	

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO MÉDIA ($\pm$ desvio-padrão) (MPa): 85 ($\pm$ 15) COEFICIENTE de VARIAÇÃO: 0,18
PESO VOLUMÍCO MÉDIO ($\pm$ desvio-padrão) (kN/m³): 26,8 ($\pm$ 0,24) COEFICIENTE de VARIAÇÃO: 0,01

- (1) Foram utilizados para ensaio um número inferior a 10 provetes.
(2) Não cumpre os requisitos de dimensão exigidos.

G.NC-Grandezas Não Conformes (PI-Planura; Re-Retitude; Pa-Paralelismo).

OBSERVAÇÕES

CONDICIONAMENTO dos PROVETES: Secagem: a 70 $\pm$ 5°C até massa constante. Armazenamento (após secagem): a 20 $\pm$ 5°C até atingirem o equilíbrio térmico. EIXO de CARREGAMENTO: Não aplicável.

- (3) Os Provetes com G.NC foram ensaiados sem prévia preparação da superfície.

Modelo: LREC MC PN02-01- Rev. 01

O Técnico de Laboratório
Pedro Tavares

O Responsável Técnico da UL
Vidália Miranda, Eng.

Visto
O Diretor de Serviços
José Carlos Oliveira, Eng.



LABORATÓRIO REGIONAL DE ENGENHARIA CIVIL
SERVIÇOS DE NATUREZA LABORATORIAL
Unidade Laboratorial de Materiais de Construção

Visto
O Diretor do LREC

Francisco S. Fernandes

Requerente
Morada
Obra
V/Referência

SMAS-Serviços Municipalizados de Água e Saneamento-Município de Ponta Delgada
Rua Tavares de Resende, 165, 9504-507 Ponta Delgada
SEM OBRA ASSOCIADA

N/Ref nº. 738/19

Proc. nº. 226

MÉTODOS DE ENSAIO PARA PEDRA NATURAL
DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAxIAL
NP EN 1926:2008

DADOS da AMOSTRA

REFª. INTERNA: 38080 DATA da EXTRAÇÃO: 30-07-2019 a 30-07-2019
REFª. EXTERNA: S3 6,30 - 7,04m DATA de ENTRADA: 30-07-2019
NOME PETROGRÁFICO da PEDRA: Basalto - NOME COMERCIAL: Basalto - NOME do FORNECEDOR: SMAS - Município de Ponta Delgada
ENTIDADE que EFETUOU a AMOSTRAGEM: LREC
LOCAL da EXTRAÇÃO: Terreno no Outeiro, Arrifes.

RESULTADOS dos ENSAIOS

GEOMETRIA:		Cilíndrica	Nº PROVETES:	3 (1)	DATA INICIO/ FIM:			28-10-2019	/ 30-10-2019		
REFª. do PROVETE			MÉTODO PREP. SUPERFÍCIE	G.NC	DIÂM.	ALTURA	MASSA	PESO VOL	CARGA de ROTURA	RESIST. COMP.	OBS.
Interna	Externa	(mm)			(mm)	(g)	(kN/m³)	(kN)	(MPa)		
38080.1	A12	(3)	PI	79	80	1028	26,0	430	88,5		
38080.2	A13	(3)	PI	79	81	1079	26,9	583	119,9		
38080.3	A14	(3)	PI	79	80	1023	25,8	234	48,2		

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO MÉDIA ($\pm$ desvio-padrão) (MPa): 86 ($\pm$ 36) COEFICIENTE de VARIAÇÃO: 0,42

PESO VOLUMICO MÉDIO ($\pm$ desvio-padrão) (kN/m³): 26,2 ($\pm$ 0,63) COEFICIENTE de VARIAÇÃO: 0,02

(1) Foram utilizados para ensaio um número inferior a 10 provetes.

(2) Não cumpre os requisitos de dimensão exigidos.

G.NC-Grandezas Não Conformes (PI-Planura; Re-Retitude; Pa-Paralelismo).

OBSERVAÇÕES

CONDICIONAMENTO dos PROVETES: Secagem: a 70 $\pm$ 5 °C até massa constante. Armazenamento (após secagem): a 20 $\pm$ 5 °C até atingirem o equilíbrio térmico. EIXO de CARREGAMENTO: Não aplicável.

(3) Os Provetes com G.NC foram ensaiados sem prévia preparação da superfície.

Assinado por: CRISTINA SOUSA MELO DE OLIVEIRA NETO CORDEIRO DO CANTO TAVARES

Num. de Identificação: 11728494

Data: 2022.07.22 10:04:19+00'00'

Assinado por: PEDRO FILIPE RODRIGUES FURTADO

Num. de Identificação: 10116837

Data: 2022.07.21 17:12:50+00'00'

Modelo: LREC MC PN02-01- Rev. 01

O Técnico de Laboratório
Pedro Tavares

O Responsável Técnico da UL
Vidália Miranda, Eng.

Visto
O Diretor de Serviços
Assinado por: José Carlos Oliveira, Eng.
MARCO FILIPE FREITAS ARRUDA
MOURA RESENDES

Num. de Identificação: 10801874

Data: 2022.07.21 17:12:50+00'00'