



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 AO PROJETO DE
SUBSTITUIÇÃO DE CONDUTAS ADUTORAS
DE PONTA DELGADA (OBRA Nº07/00)

RELATÓRIO 44/2020

Trabalho realizado para
SMAS-Serviços Municipalizados de Água e Saneamento-Município de Ponta
Delgada
Ponta Delgada, junho de 2020



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 AO PROJETO DE SUBSTITUIÇÃO DE
CONDUTAS ADUTORAS DE PONTA DELGADA (OBRA Nº07/00)

IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO

Relatório ID:	LREC/DSGP – RELATÓRIO 44/2020
Proc. ID:	Proc. 399
LREC/CD - Cota ID:	624.131 A516e
Autor(s) ID:	Paulo Alexandre Pimentel Amaral <i>Doutorado em Geologia, Especialidade de Vulcanologia</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 44-20, 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 DE INTERESSE	5
2.1	Localização	5
2.2	Geologia e tectónica.....	6
3	TRABALHOS DESENVOLVIDOS	8
3.1	Penetrómetro Dinâmico Médio (PDM).....	12
4	CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E GEOTÉCNICA: RESULTADOS OBTIDOS.....	15
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	19
	BIBLIOGRAFIA	20

ESTUDO GEOLÓGICO E GEOTÉCNICO PARA APOIO AO PROJETO DE SUBSTITUIÇÃO DE CONDUTAS ADUTORAS DE PONTA DELGADA (OBRA Nº07/00)

1 INTRODUÇÃO

Foi adjudicado ao Laboratório Regional de Engenharia Civil (LREC) pelos SMAS – Serviços Municipalizados de Água e Saneamento, através de e-mail datado de 06-09-2019, a realização de um estudo geológico e geotécnico para servir de apoio a obras de substituição das adutoras de água, na extensão entre o nó de Belém e a rua Dr. Alberto de Oliveira, nos Bairros Novos, em Ponta Delgada.

O referido estudo geológico e geotécnico faz parte do caderno de encargos da obra nº07/00 para substituição das condutas adutoras de Ponta Delgada – Fase 18º.

Tendo em consideração a extensão da área em análise, para a realização deste estudo geológico, foram efetuadas sondagens à rotação com amostragem contínua de solos e/ou rocha e ensaios com um recurso a um Penetrómetro Dinâmico Médio (PDM) para aferir a existência de substratos competentes a pouca profundidade.

Os trabalhos de prospeção com recurso a sondagens foram realizados em janeiro do corrente ano. Porém, face ao encerramento da maioria dos Serviços da Administração Regional fruto da Pandemia COVID-19, os trabalhos de campo referentes à realização dos ensaios com o PDM só foram possíveis de realizar na semana de 25 de maio.

Neste documento efetua-se uma descrição do ponto vista macroscópico das formações geológicas intersetadas pelas sondagens geotécnicas, apresentam-se

os resultados obtidos pelos ensaios com o PDM e tecem-se considerações sobre a escavabilidade para a substituição das adutoras de água, entre o nó de Belém e a rua Dr. Alberto de Oliveira, nos Bairros Novos.

2 ENQUADRAMENTO GERAL DA ÁREA DE INTERESSE

2.1 Localização

O local de estudo compreende o troço paralelo à via rápida, desde o nó de Belém até à rua Dr. Alberto de Oliveira, em Ponta Delgada (Fig. 1).

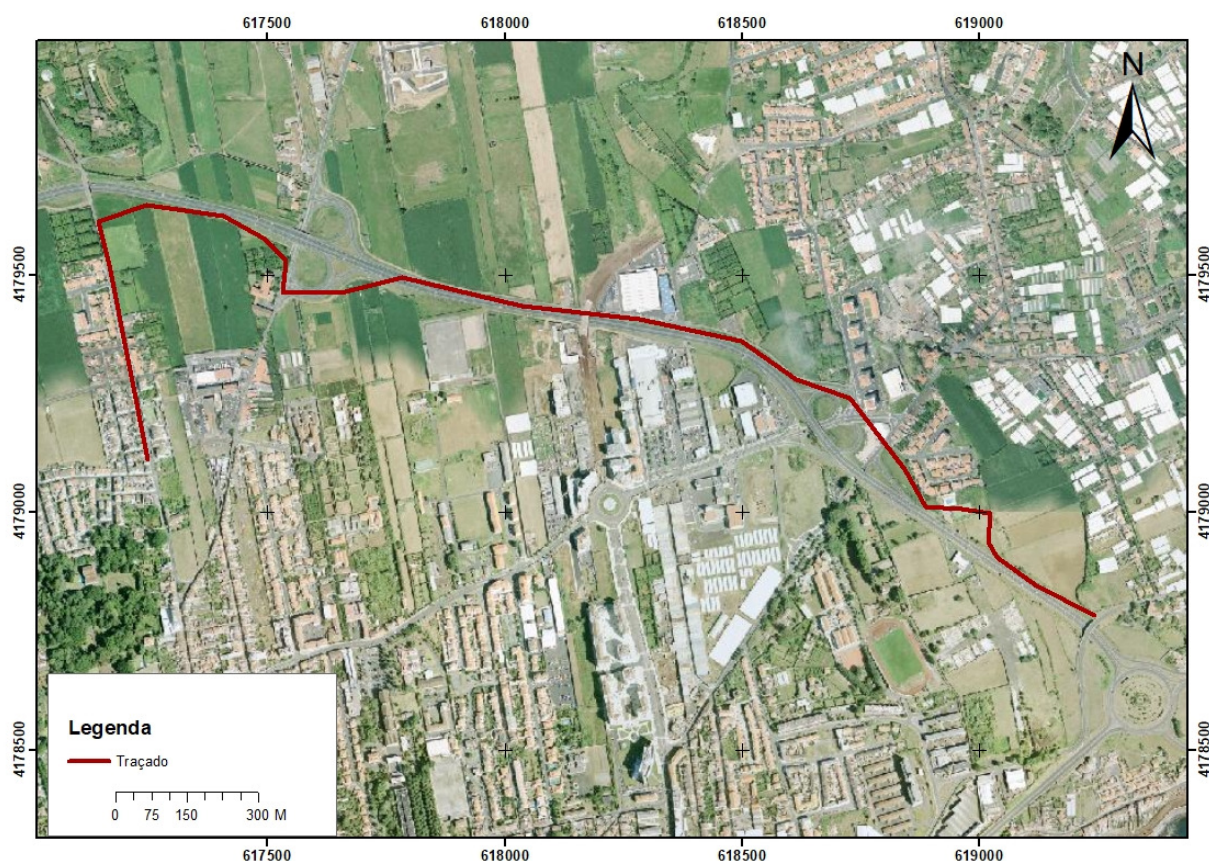


Figura 1 – Localização do troço paralelo à via rápida, entre o nó de Belém e a rua Dr. Alberto de Oliveira.

2.2 Geologia e tectónica

Do ponto de vista geomorfológico, a área em estudo enquadra-se no sistema vulcânico da região dos Picos, uma das 8 regiões geomorfológicas definidas por Zbyszewsky (1959, 1961) 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 do vulcanismo fissural.

Neste sentido, a forma vulcânica predominante corresponde a cones de escórias 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.*) (escórias vulcânicas), a escoadas lávicas de natureza basáltica (*s.l.*) extrudidas a partir dos referidos cones monogenéticos.

As escoadas lávicas durante o seu processo de instalação dão origem a fragmentos irregulares e espinhosos, constituídos por lava consolidada, designados de clinker. Este material apresenta dimensões variadas, desde os blocos (> 64mm), cascalhos (2 - 64 mm) a areias (0,063 – 2 mm). A estrutura externa de um maciço lávico de natureza basáltica 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.

Superficialmente ou intercalados em profundidade com os demais materiais observam-se depósitos piroclásticos de queda e de fluxo de natureza traquítica (*s.l.*), com dimensões variadas desde os siltes aos cascalhos, provenientes essencialmente de erupções ocorridas no maciço vulcânico das Sete Cidades e do Fogo.

A zona onde se desenvolve o traçado e os espaços envolventes às edificações existentes são formados por depósitos de aterro.

O enquadramento tectónico da área é dominado por um conjunto importante de sistemas de falhas, com uma direção predominante de WNW-ESE a NW-SE, coincidente com as direções gerais das principais estruturas tectónicas regionais. Os cones monogenéticos instalados segundo aquelas orientações refletem a referida tendência geoestrutural.

A análise de documentos históricos e os dados da sismicidade instrumental (*e.g.*, Nunes, 1991; CIVISA, 2009) permitem constatar que a ilha de S. Miguel tem sido bastante afetada por eventos de natureza sismovulcânica. A atividade 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 máximas com base no estudo sísmico documental e instrumental para ilha de São Miguel, a área em questão apresenta uma intensidade máxima histórica de VIII / IX graus (Fig. 2).

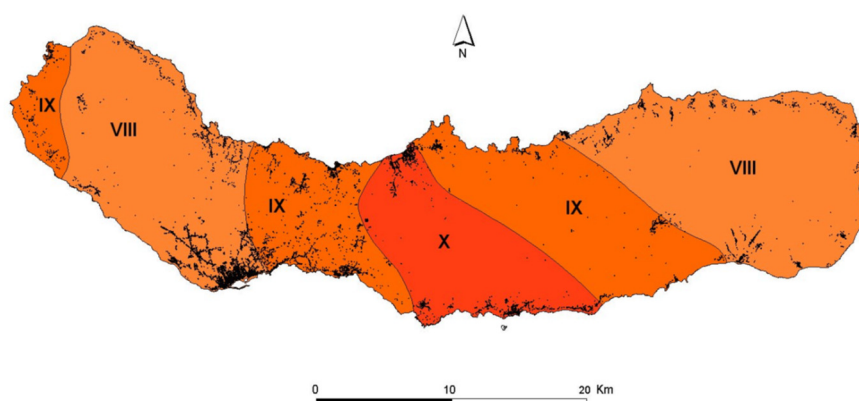


Figura 2 - Carta de intensidades máximas históricas para a ilha de S. Miguel (Silveira, 2002).

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 mais representativa do local, o perfil geológico a considerar será o 4, devendo como tal adotar-se o tipo de terreno B.

3 TRABALHOS DESENVOLVIDOS

Com o objetivo de aferir as unidades geológicas e geotécnicas interessadas pela obra, os trabalhos de prospeção compreenderam o seguinte:

- Realização de 4 sondagens à rotação com amostragem contínua de rocha e/ou solos, com profundidades que variaram entre os 3,0 m e os 4,0 m. As sondagens foram realizadas ao longo da rua Dr. Alberto de Oliveira. Adicionalmente, para este trabalho, apresenta-se a informação obtida na sondagem S1 efetuada para o relatório 25/2019, uma vez que esta se localiza na zona inicial de intervenção desta nova fase.
- Realização de 12 ensaios com um Penetrómetro Dinâmico Médio ao longo do traçado em terra batida existente paralelamente à via rápida, desde as traseiras dos edifícios da parte final da Rua Dr. Alberto até ao nó de Belém.

A localização das sondagens realizadas é ilustrada na planta em anexo. As coordenadas, bem como as profundidades alcançadas, são indicadas no Quadro I. Também neste quadro apresenta-se a coordenada da sondagem S1 realizada para o trabalho de prospeção que culminou no Rel.25/2019.

As coordenadas foram obtidas por um GPS Leica Viva, de monofrequência, da Direção de Serviços de Cartografia e Informação Geográfica (DSCIG). 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.

Tendo em consideração que a parte inicial do traçado é complexo do ponto de vista de infraestruturas subterrâneas, previamente à campanha de campo, foi realizada uma reunião com técnicos responsáveis de diversas áreas com infraestruturas instaladas na área, de forma a garantir que nenhum dos pontos de sondagem determinados estaria em conflito com alguma das infraestruturas.

O equipamento utilizado para a furação foi uma sonda à rotação ROLATEC RL-48-L. Foi utilizada para corte do terreno uma coroa diamantada acoplada a um amostrador de parede dupla com 101 mm de diâmetro. Para limpeza do furo e arrefecimento das peças de perfuração foi usada água como fluido de circulação.

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)	Profundidade do nível de água (m)
S1	617225,587	4179286,655	74,162	3,0	ausente
S2	617193,992	4179384,157	80,789	3,35	ausente
S3	617177,042	4179464,614	84,332	3,5	ausente
S4	617146,267	4179541,361	86,678	4,0	ausente
S1 (Rel.25/2019)	619287,6127	4178799,0861	33,7029	3,2	ausente

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, percentagem de recuperação e espessura dos níveis atravessados, alterabilidade, fraturação e R.Q.D).

Em anexo a este documento, apresenta-se a localização das sondagens realizadas, os diagramas de sondagens da perfuração e as fotografias das caixas de sondagem, com os testemunhos de solos e/ou rochas prospetados.

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 discontinuidades
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 discontinuidades, 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 Penetrómetro Dinâmico Médio (PDM)

O ensaio de penetração dinâmica 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 (rd), a cada 10 cm de penetração da ponteira cônica. pela eq. 1.

$$Rd = \frac{M^2 * h}{A * e * (M + P + Pp)} \quad (\text{Eq. 1})$$

onde:

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

$$e = \frac{10}{N} \quad (\text{Eq. 2})$$

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).

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 V).

Quadro V - 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 12 ensaios com o Penetrómetro Dinâmico Médio. No Quadro VI apresentam-se as coordenadas aproximadas dos locais onde foram efetuados os ensaios com o PDM.

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

Nº PDM	M	P	Profundidade alcançada (m)
PDM1	617245	4179648	3,6
PDM2	617258	4179646	3,5
PDM3	617542	4179762	3,1
PDM4	617628	4179671	4,9
PDM5	617873	4179476	2,4
PDM6	618147	4179427	1,6
PDM7	618392	4179392	2,6
PDM8	618550	4179337	5,1
PDM9	618694	4179263	5,6
PDM10	618886	4179012	5,6
PDM11	619023	4178999	1,8
PDM12	617636	4179441	2,4

As profundidades dos ensaios variaram entre os 5,6 m e os 1,6 m, sendo que a profundidade média de nega situou-se nos 3,5 m.

4 CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E GEOTÉCNICA: RESULTADOS OBTIDOS

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, e as fotografias dos respetivos testemunhos de sondagem.

Os materiais geológicos ocorrentes na furação permitiram diferenciar 3 unidades geológicas e geotécnicas distintas:

C1 – Aterros

C2 – Depósitos piroclásticos pomíticos

C3 – Clinker (CL) (C3a) e/ou escoada lávica basáltica s.l. (ELB) (C3b)

A geologia da área prospectada consiste num nível superior constituído por aterro de natureza diversa. Trata-se de material colocado pela ação humana. Corresponde a uma mistura de areias de grão médio a grosseiro com cascalhos e blocos rochosos.

Na rua Dr. Alberto de Oliveira o aterro denota uma espessura que varia entre os 1,40 m e os 2,15 m. Junto ao nó de Belém onde foi realizada a sondagem S1 (Rel. 25/2019) esta unidade denotou uma espessura de 3,20 m.

Tendo em consideração a informação obtida pelos ensaios com o PDM não é possível afirmar com rigor a espessura do aterro, mas o andamento do número de pancadas obtido por este ensaio sugere a existência de uma camada de aterro, com uma espessura média de cerca de 0,80 m, e com um máximo e um mínimo de 2,40 m e 0,40 m, respetivamente.

O quadro VII apresenta o topo e a base inferida pelo tipo de registo do numero de pancadas.

Quadro VII – Posição estratigráfica da camada de aterro inferida pelo ensaio com o PDM.

Designação	Topo (m)	Base (m)
PDM1	0,0	0,6
PDM2	0,0	0,4
PDM3	0,0	0,5
PDM4	0,0	2,4
PDM5	0,0	0,4
PDM6	0,0	0,6
PDM7	0,0	0,5
PDM8	0,0	0,5
PDM9	0,0	0,6
PDM10	0,0	0,9
PDM11	0,0	0,7
PDM12	0,0	1,1

Unidade geológica C2

A unidade geológica-geotécnica C2 corresponde a uma sequência de depósitos piroclásticos pomíticos. Do ponto de vista granulométrico, esta unidade geológica é constituída por areias e siltes, com alguns cascalhos de natureza pomítica. A matriz fina não apresenta plasticidade. De um modo geral, denota tonalidades castanhas escuras.

Nas sondagens efetuadas na rua Dr. Alberto de Oliveira, esta unidade foi encontrada na S4, apresentando uma espessura de 1,60 m. Pelo andamento do registo com o Penetrómetro este material revela uma menor resistência do que a camada sobrejacente de aterro, denotando quantitativos inferiores. O quadro VIII apresenta o topo e a base inferidos pelo tipo de registo.

Quadro VIII– Posição estratigráfica da camada de depósito piroclástico pomítico inferida pelo ensaio com o PDM.

Designação	Topo (m)	Base (m)
PDM1	0,6	3,5
PDM2	0,4	3
PDM3	0,5	2,9
PDM4	2,4	4,8
PDM5	0,4	1,7
PDM6	0,6	1
PDM7	0,5	2,4
PDM8	0,5	1
PDM9	0,6	2,8
PDM10	0,9	5
PDM11	0,7	1,4
PDM12	1,1	2,3

A interpretação do surgimento destes materiais face ao andamento do registo com o Penetrómetro tem a ver com a diminuição dos quantitativos de pancada no perfil vertical do ensaio aquando da passagem do aterro para este material.

Unidade geológica C3

A unidade geológica e geotécnica C3 corresponde a clinker e/ou rocha basáltica. Embora estes materiais estejam associados na sua génese, apresentam características geotécnicas distintas, facto que motiva a divisão desta unidade em 2 subunidades: a C2a e a C2b.

O clinker (C3a), vulgarmente designado de burgalhau, corresponde a fragmentos rochosos, por vezes vacuolares, da dimensão do cascalho e dos blocos, com algumas areias misturadas. Esta subunidade foi encontrada subjacentemente à unidade C2 e/ou C1, e por vezes intercalada com a C3b.

Nas sondagens realizadas surgiu entre os 2,20 e os 3,00 m na S2, e na S4, entre os 1,60 e os 3,20 m.

Para além disso, nos ensaios com o Penetrómetro, o incremento de resistência abaixo da C2 até à obtenção da nega sugere a presença deste material.

No quadro IX apresentam-se as profundidades onde ocorreram negas e o aparecimento de clinker / rocha.

Quadro IX - Resumo das profundidades de negas nos ensaios efetuados com o Penetrómetro e o surgimento de rocha e / ou clinker.

Profundidade de nega pelo PDM / Surgimento de C3	Designação Penetrómetro
3,6	PDM1
3,5	PDM2
3,1	PDM3
4,9	PDM4
2,4	PDM5
1,6	PDM6
2,6	PDM7
5,1	PDM8
5,6	PDM9
5,6	PDM10
1,8	PDM11
2,4	PDM12

A escoada lávica prospetada apresenta-se com setores compactos e vacuolares. Do ponto de vista da compartimentação, a C3b apresenta-se com uma fraturação medianamente afastada (F3). Em termos de alterabilidade, este indicador revela uma rocha pouco alterada (W2), em particular nas faces das discontinuidades. O indicador de RQD, quando estimado, forneceu um quantitativo mínimo de 71 % e um máximo de 98 %, com um valor médio de 81%.

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 X):

Quadro X – Resumo das características médias da formação C3b.

Grau de meteorização	W2
Fraturação	F3
RQD %	71-98

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os produtos vulcânicos identificados na área de interesse incluíram: aterros (C1), depósitos pomíticos (C2) e clinker e basalto (C3).

Tendo em consideração o objetivo da obra, as escavações previstas para instalação das adutoras irão interseccionar, essencialmente, os materiais de aterro, depósitos pomíticos e o clinker. Estes materiais são escaváveis com recurso a meios tradicionais de terraplanagem, o que não inviabiliza a necessidade de se recorrer a rippers ou a martelos pneumáticos para desmonte de blocos de basalto de maiores dimensões que venham a ser encontrados em fase de obra.

Na rua Alberto de Oliveira, dependendo da profundidade da escavação, poderão ser encontrados com maior frequência substratos rochosos mais aflorantes. No caso dos basaltos (C3b), estes terão de ser escavados com máquina equipada com ripper e martelo demolidor. Nas situações em que não se possa proceder desse modo, devido às vibrações causadas nas edificações, sugere-se que o desmonte seja realizado com recurso a um cimento expansivo.

Os trabalhos de colocação das infraestruturas em profundidade irão envolver escavações, dando origem, temporariamente, a pequenos taludes de escavação. Estes taludes podem ser solicitados por estímulos extremos, podendo causar roturas do terreno, com implicações para a obra e para a segurança de pessoas e

bens, pelo que devem ser tomadas as medidas de contenção adequadas para que os trabalhos ocorram com segurança.

Durante a execução dos trabalhos de campo não foi detetado nenhum nível de água até às cotas referidas.

BIBLIOGRAFIA

- AMARAL, P. (2019) – Estudo geológico e geotécnico para servir de apoio a obras de substituição das adutoras de água na E.R.3.1ª – Ponta Delgada, entre a Alameda de Santa Teresa e o nó de Belém. Relatório Técnico RT 25/2019. Laboratório Regional de Engenharia Civil., 32p.
- 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.
- INMG e LNEC (1986) - Sismicidade instrumental do arquipélago dos Açores (Período 1980-1986). Estudos realizados para o Novo Hospital de Ponta Delgada, Relatório INMG/LNEC Nº2.
- ISRM (1981). Basic geotechnical description of rock masses. Int. Journal of rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstracts, vol. 18, pp. 85-110.
- NUNES, J.C. (1991) - Microssismos e neotectónica: contribuição para o seu estudo nos Açores. Tese APCC, Universidade dos Açores, 245 p.
- 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.
- ZBYSEWSKI, 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, junho de 2020.

AUTORIA

Paulo Alexandre Pimentel Amaral
Doutorado em Geologia, especialidade Vulcanologia

VISTOS

A Diretora de Serviços de
Geotecnia e Prospeção

Ana Maria Mota Albergaria P. Malheiro

O Diretor do LREC

Francisco de Sousa Fernandes

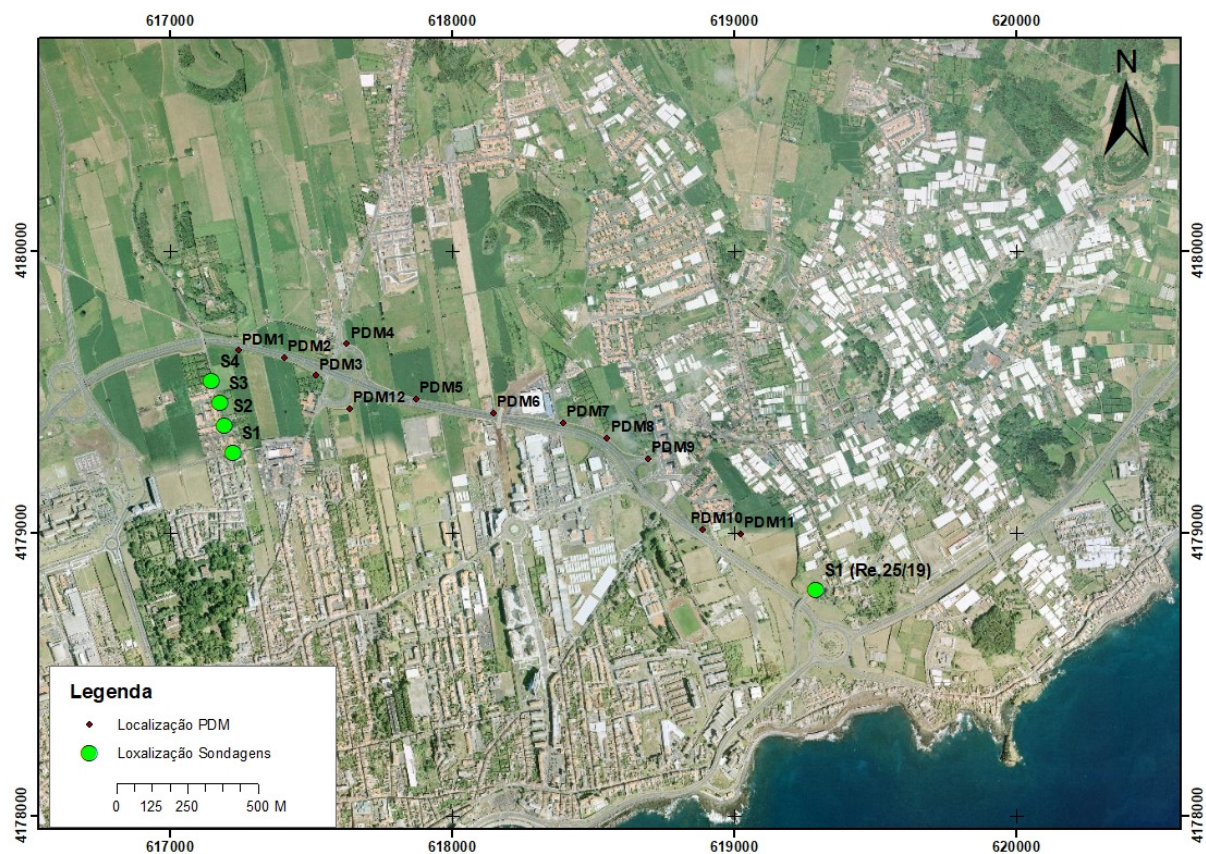
ANEXOS

Elaborados por:

Verificados por:

- **Localização da sondagem e dos Penetrómetros Dinâmicos Médios**
- **Fotografia da caixa com os testemunhos recolhidas ao longo da furação**
- **Diagrama da sondagem**
- **Registos dos PDM**

Localização das sondagens



Localização e designação das sondagens e PDM

Fotografias das caixas de sondagem



Foto 1 – Testemunhos obtidos na S1.



Foto 2 – Testemunhos obtidos na S2.



Foto 3 – Testemunhos obtidos na S3.



Foto 4 – Testemunhos obtidos na S4.



Foto 5 – Testemunhos obtidos na S1 (Rel.25/2019).

Diagramas de sondagem

LABORATÓRIO REGIONAL DE ENGENHARIA CIVIL



DIAGRAMA DE SONDAGEM

CLIENTE	SMAS	COORDENADAS BOCA FURO	EQUIPAMENTO:	Rotatéc RL-48
PROJETO	Obra nº 70/00	X 617225,587	INCLINAÇÃO:	Vertical
LOCAL	Ponta Delgada	Y 4179286,655	DIÂMETRO FURO:	101 m
SONDAGEM Nº	S1	Z 74,162	NÍVEL DE ÁGUA:	Nd
DATA REALIZAÇÃO	17/01/2020	PROFUNDIDADE MÁXIMA:	3 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				AT (Aterro): Trata-se de cascalhos (2-64mm) e blocos rochosos (>654m) misturados com areias de grão grosso. A matriz arenosa apresenta coloração cinza. Não plástico.														
1																		
				C1														
				ELB - Escoda lávica de natureza basáltica. Rocha vacuolar, cinza. Pouco alterada e medianamente fraturada.														
				Fim da sondagem: 3,0 m														
2																		
				C3b														
3																		
4																		
5																		

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: _____ Data _____

Verificado por: _____ Data _____

LABORATÓRIO REGIONAL DE ENGENHARIA CIVIL



DIAGRAMA DE SONDAGEM

CLIENTE	SMAS	COORDENADAS BOCA FURO	EQUIPAMENTO:	Rotatéc RL-48
PROJETO	Obra nº 70/00	X 617193,992	INCLINAÇÃO:	Vertical
LOCAL	Ponta Delgada	Y 4179384,157	DIÂMETRO FURO:	101 m
SONDAGEM Nº	S2	Z 80,789	NÍVEL DE ÁGUA:	Nd
DATA REALIZAÇÃO	15/01/2020	PROFUNDIDADE MÁXIMA:	3,35 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				AT (Aterro): Trata-se de cascalhos (2-64mm) e blocos rochosos (>654m) misturados com areias de grão grosso. A matriz arenosa apresenta coloração cinza. Não plástico.														
1				C1												-	-	-
2				C3b												W2	F3	98
3				C3a												-	-	-
4				C3b												W2	F3	71
5				Fim da sondagem: 3,35 m														

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: _____ Data _____

Verificado por: _____ Data _____

LABORATÓRIO REGIONAL DE ENGENHARIA CIVIL



DIAGRAMA DE SONDAGEM

CLIENTE	SMAS	COORDENADAS BOCA FURO	EQUIPAMENTO:	Rotatéc RL-48
PROJETO	Obra nº 70/00	X 617177,042	INCLINAÇÃO:	Vertical
LOCAL	Ponta Delgada	Y 4179464,614	DIÂMETRO FURO:	101 m
SONDAGEM Nº	S3	Z 84,332	NÍVEL DE ÁGUA:	Nd
DATA REALIZAÇÃO	15/01/2020	PROFUNDIDADE MÁXIMA:	3,5 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	10	20	30	40				50	60	70	80	90	100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0				AT (Aterro): Trata-se de cascalhos (2-64mm) e blocos rochosos (>654m) misturados com areias de grão grosso. A matriz arenosa apresenta coloração cinza. Não plástico.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				

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: _____ Data _____

Verificado por: _____ Data _____

LABORATÓRIO REGIONAL DE ENGENHARIA CIVIL



DIAGRAMA DE SONDAGEM

CLIENTE	SMAS	COORDENADAS BOCA FURO	EQUIPAMENTO:	Rotatéc RL-48
PROJETO	Obra nº 70/00	X 617146,267	INCLINAÇÃO:	Vertical
LOCAL	Ponta Delgada	Y 4179541,361	DIÂMETRO FURO:	101 m
SONDAGEM Nº	S4	Z 86,678	NÍVEL DE ÁGUA:	Nd
DATA REALIZAÇÃO	16/01/2020	PROFUNDIDADE MÁXIMA:	4,0 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				DPP - Depósito piroclástico pomítico. Trata-se de areias pomíticas de tons castanhos claros, com partículas de pedra pomes inseridas na matriz fina. Não plástico.															
1		C2															-	-	-
2		C3a		CL – Clinker. Cascalhos e blocos rochosos.													-	-	-
3		C3b		ELB - Escoda lávica de natureza basáltica. Rocha com setores vacuolares e compactos. Cor cinza. Pouco alterada e medianamente fraturada. Fim da sondagem: 3,0 m													W2	F3	78
4																			
5																			

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: _____ Data _____

Verificado por: _____ Data _____

LABORATÓRIO REGIONAL DE ENGENHARIA CIVIL



DIAGRAMA DE SONDAGEM

CLIENTE	SMAS	COORDENADAS BOCA FURO	EQUIPAMENTO:	Rotatec RL-48
PROJETO	Subst. das adutoras de água	X 619287,6127	INCLINAÇÃO:	Vertical
LOCAL	Ponta Delgada	Y 4178799,0861	DIÂMETRO FURO:	101 m
SONDAGEM N°	S1 (Rel-25/2019)	Z 33,7029	NÍVEL DE ÁGUA:	Nd
DATA REALIZAÇÃO	19/03/2019	PROFUNDIDADE MÁXIMA:	3,2 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				AT (Aterro): Trata-se de cascalhos (2-64mm) e blocos rochosos (>654m) misturados com areias de grão grosso. A matriz arenosa apresenta coloração castanha. Não plástico.														
				NSPT 3,20 m (6+6+14)												-	-	-
1				Fim da sondagem: 3,20m														
																-	-	-
2																		
																-	-	-
3																		
4																		
5																		

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.

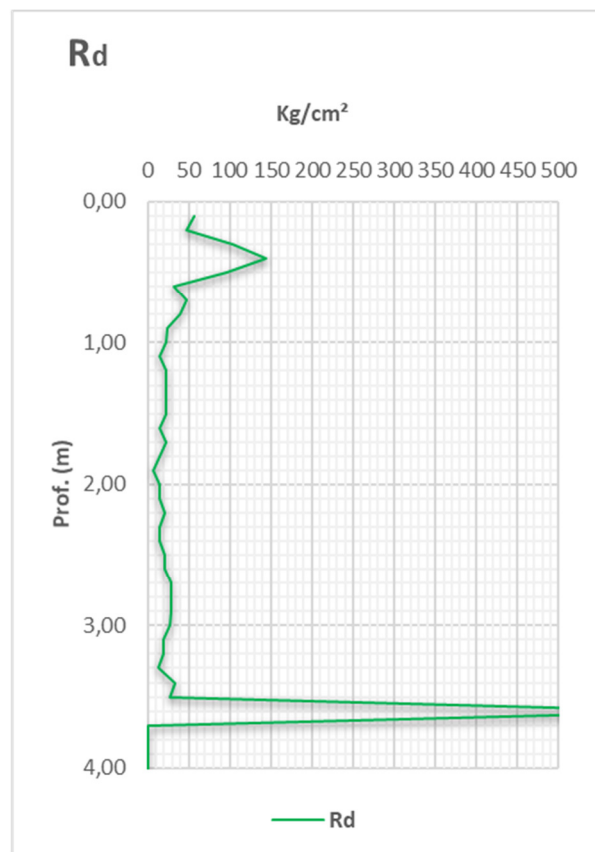
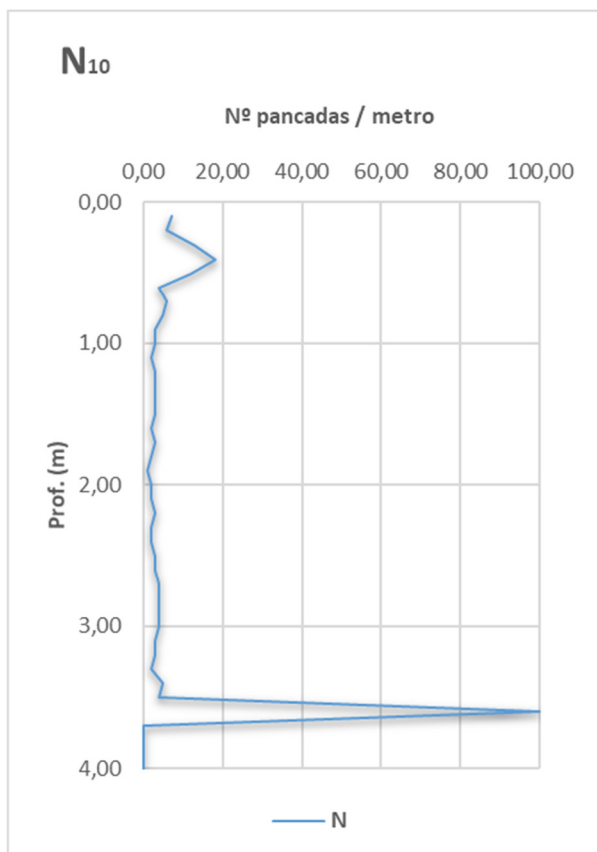
Elaborado por: _____ Data _____

Verificado por: _____ Data _____

Registos dos PDM

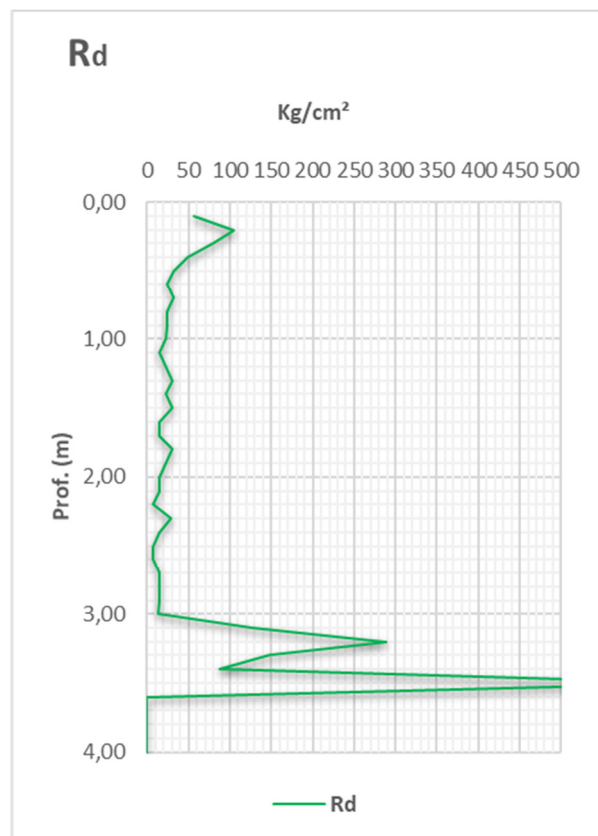
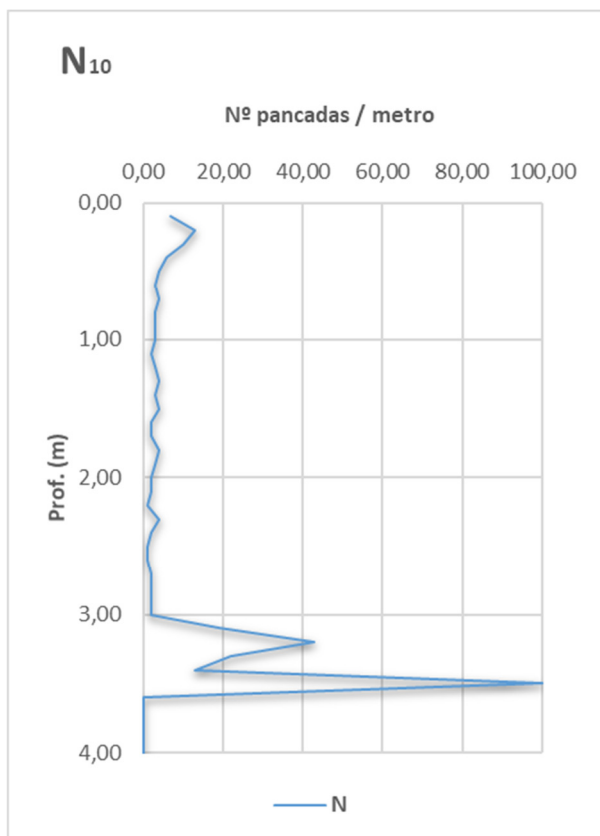
PDM1

PROF. (m)	N	PROF. (m)	N
0,10	7	3,10	3
0,20	6	3,20	3
0,30	13	3,30	2
0,40	18	3,40	5
0,50	12	3,50	4
0,60	4	3,60	100
0,70	6	---	
0,80	5		
0,90	3		
1,00	3		
1,10	2		
1,20	3		
1,30	3		
1,40	3		
1,50	3		
1,60	2		
1,70	3		
1,80	2		
1,90	1		
2,00	2		
2,10	2		
2,20	3		
2,30	2		
2,40	2		
2,50	3		
2,60	3		
2,70	4		
2,80	4		
2,90	4		
3,00	4		



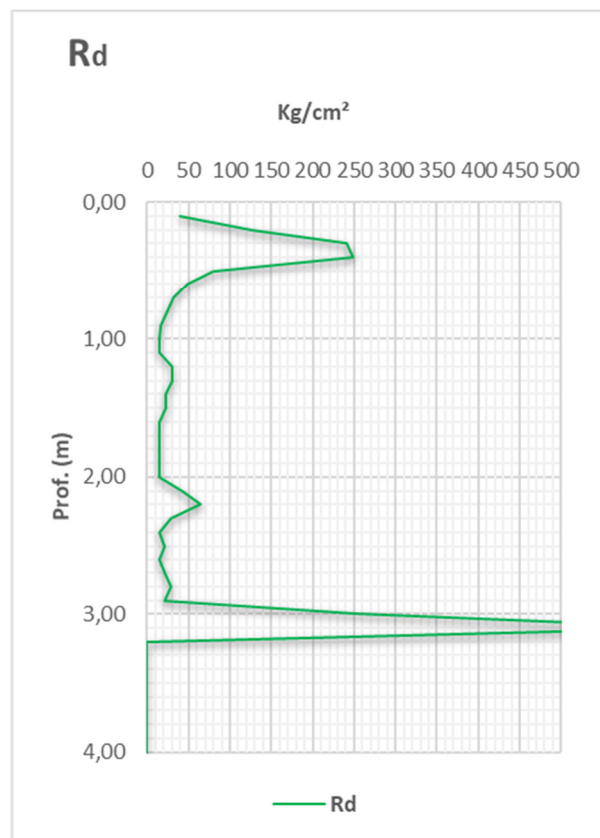
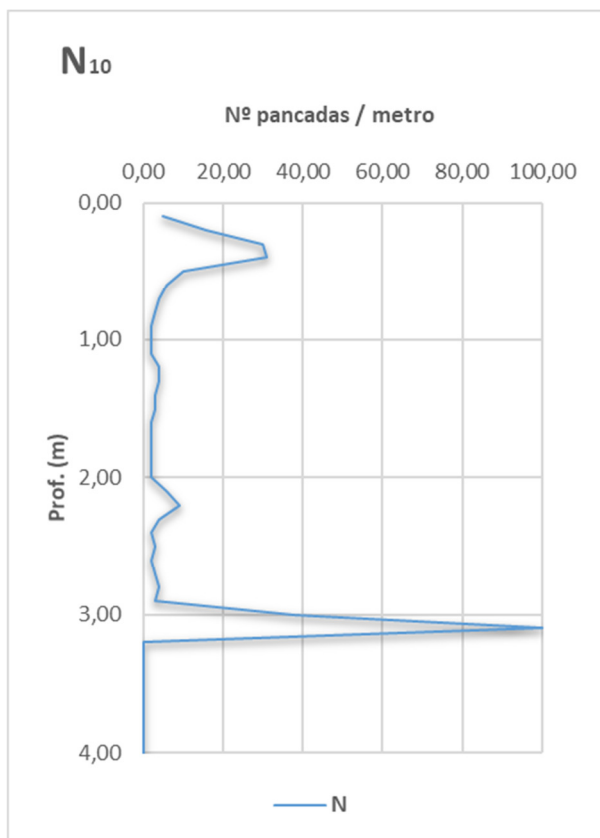
PDM2

PROF. (m)	N	PROF. (m)	N
0,10	7	3,10	19
0,20	13	3,20	43
0,30	10	3,30	22
0,40	6	3,40	13
0,50	4	3,50	100
0,60	3	---	
0,70	4		
0,80	3		
0,90	3		
1,00	3		
1,10	2		
1,20	3		
1,30	4		
1,40	3		
1,50	4		
1,60	2		
1,70	2		
1,80	4		
1,90	3		
2,00	2		
2,10	2		
2,20	1		
2,30	4		
2,40	2		
2,50	1		
2,60	1		
2,70	2		
2,80	2		
2,90	2		
3,00	2		



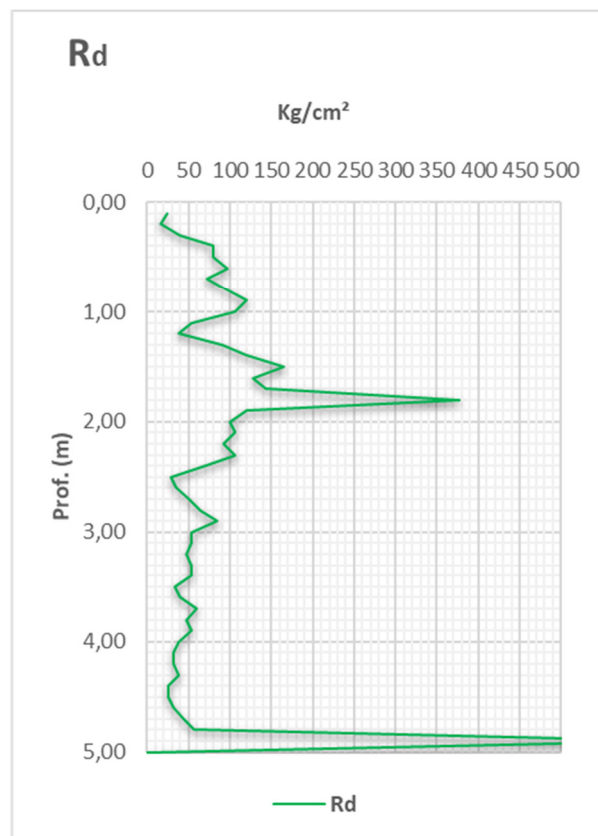
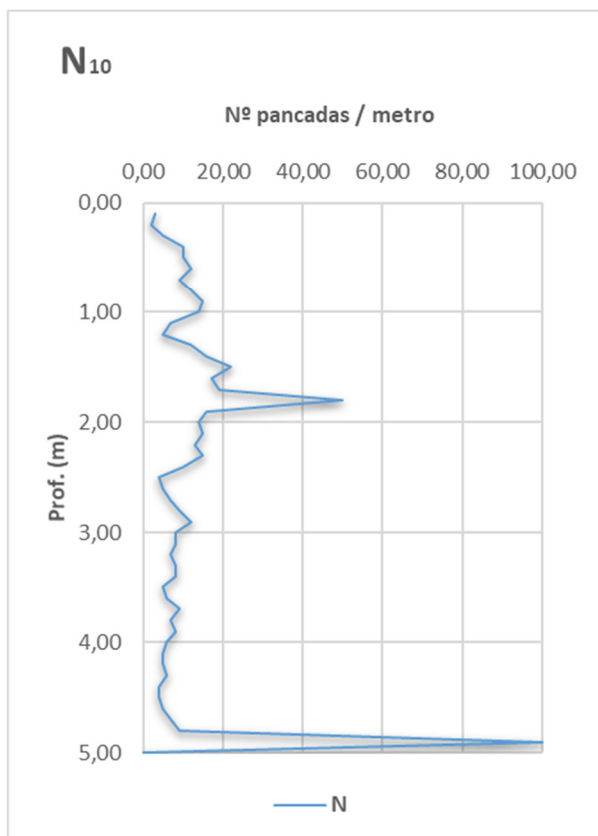
PDM3

PROF. (m)	N	PROF. (m)	N
0,10	5	3,10	100
0,20	16	---	
0,30	30		
0,40	31		
0,50	10		
0,60	6		
0,70	4		
0,80	3		
0,90	2		
1,00	2		
1,10	2		
1,20	4		
1,30	4		
1,40	3		
1,50	3		
1,60	2		
1,70	2		
1,80	2		
1,90	2		
2,00	2		
2,10	6		
2,20	9		
2,30	4		
2,40	2		
2,50	3		
2,60	2		
2,70	3		
2,80	4		
2,90	3		
3,00	38		



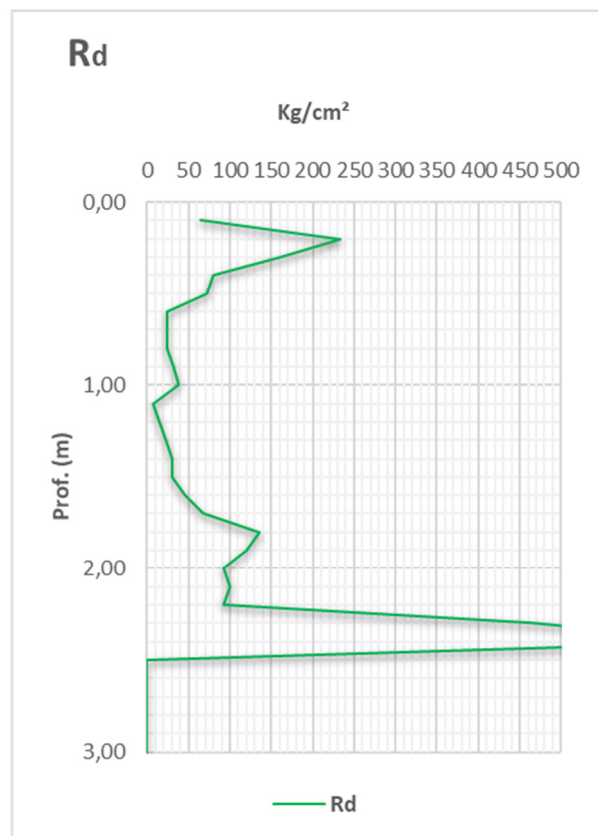
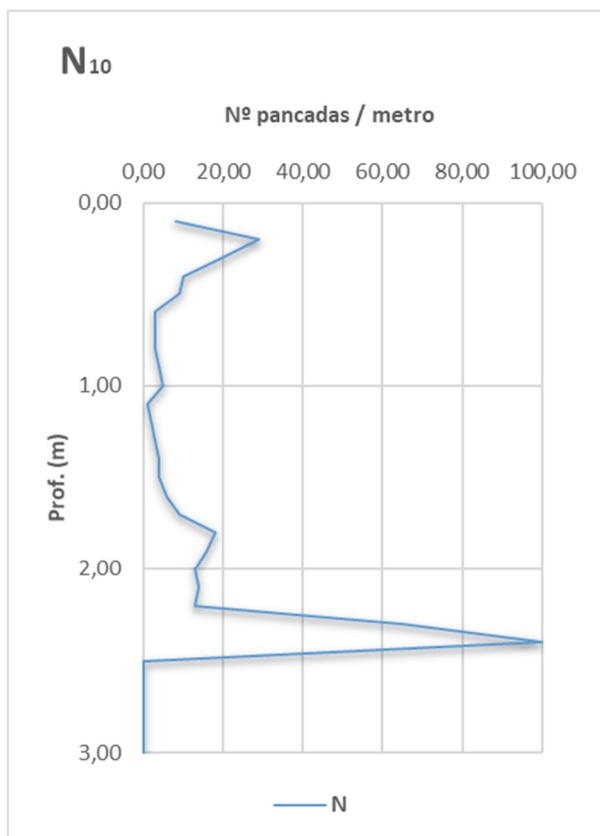
PDM4

PROF. (m)	N	PROF. (m)	N
0,10	3	3,10	8
0,20	2	3,20	7
0,30	5	3,30	8
0,40	10	3,40	8
0,50	10	3,50	5
0,60	12	3,60	6
0,70	9	3,70	9
0,80	12	3,80	7
0,90	15	3,90	8
1,00	14	4,00	6
1,10	7	4,10	5
1,20	5	4,20	5
1,30	12	4,30	6
1,40	16	4,40	4
1,50	22	4,50	4
1,60	17	4,60	5
1,70	19	4,70	7
1,80	50	4,80	9
1,90	16	4,90	100
2,00	14	---	
2,10	15		
2,20	13		
2,30	15		
2,40	10		
2,50	4		
2,60	5		
2,70	7		
2,80	9		
2,90	12		
3,00	8		



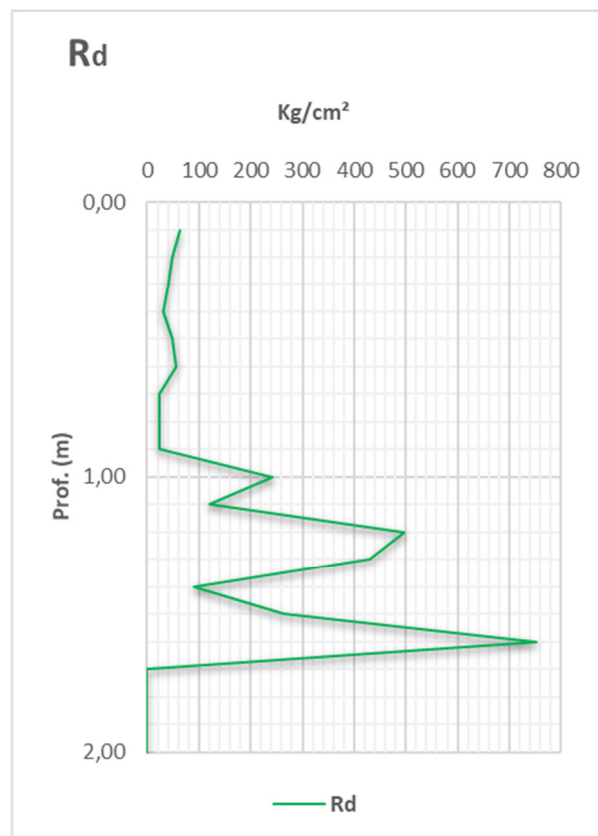
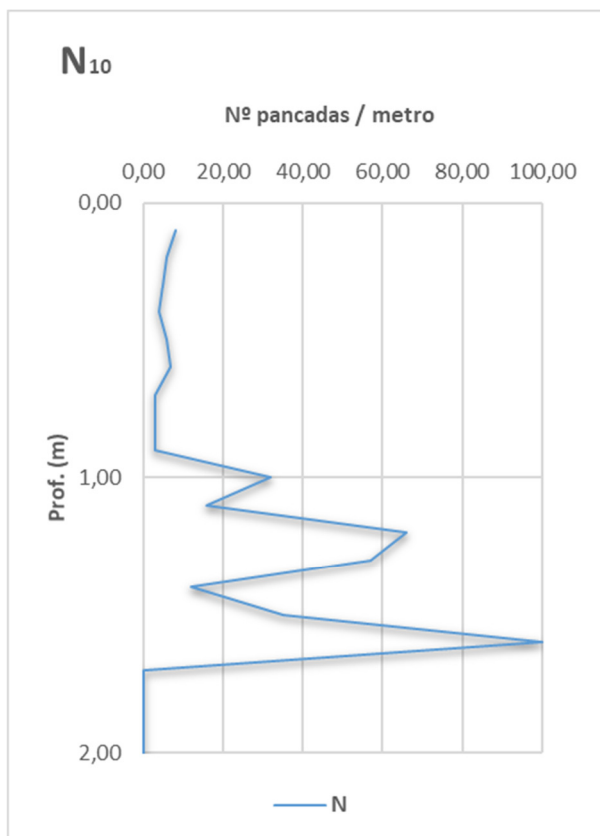
PDM5

PROF. (m)	N
0,10	8
0,20	29
0,30	20
0,40	10
0,50	9
0,60	3
0,70	3
0,80	3
0,90	4
1,00	5
1,10	1
1,20	2
1,30	3
1,40	4
1,50	4
1,60	6
1,70	9
1,80	18
1,90	16
2,00	13
2,10	14
2,20	13
2,30	65
2,40	100



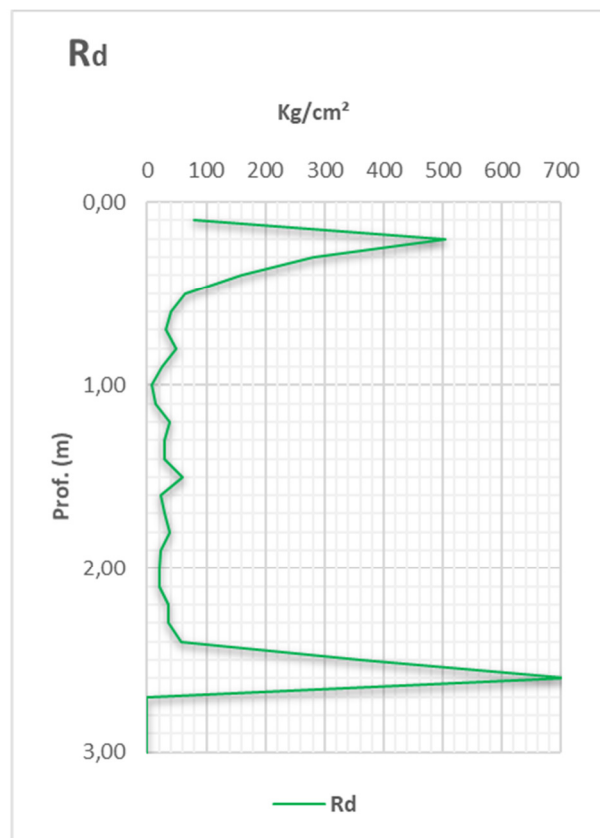
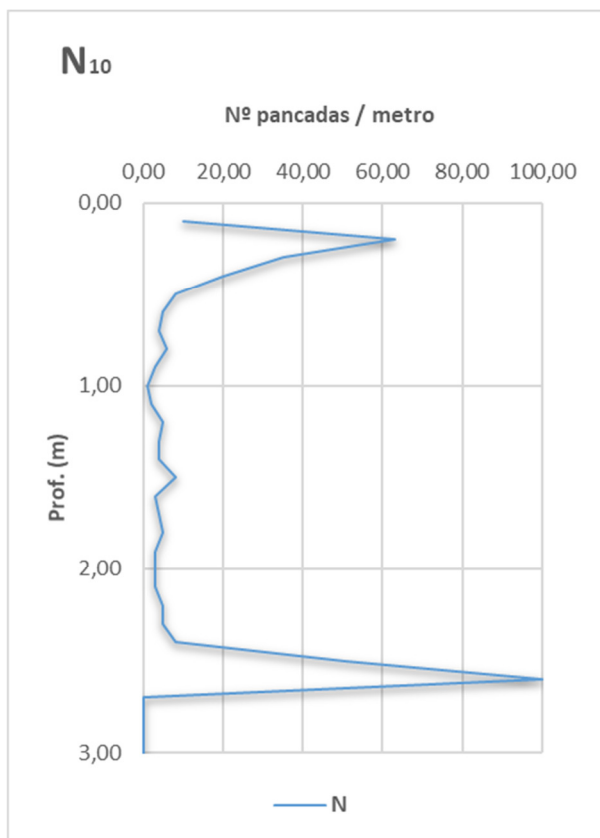
PDM6

[illegible]



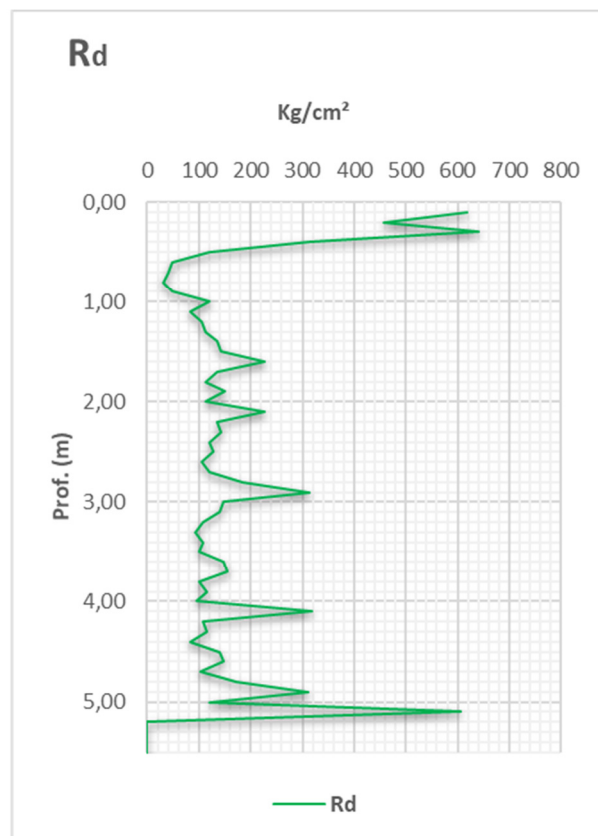
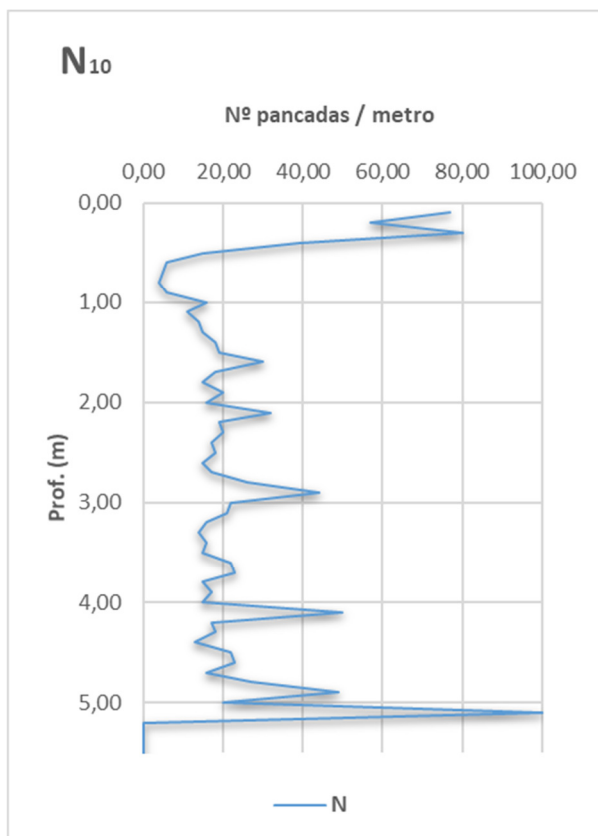
PDM7

PROF. (m)	N
0,10	10
0,20	63
0,30	35
0,40	20
0,50	8
0,60	5
0,70	4
0,80	6
0,90	3
1,00	1
1,10	2
1,20	5
1,30	4
1,40	4
1,50	8
1,60	3
1,70	4
1,80	5
1,90	3
2,00	3
2,10	3
2,20	5
2,30	5
2,40	8
2,50	51
2,60	100



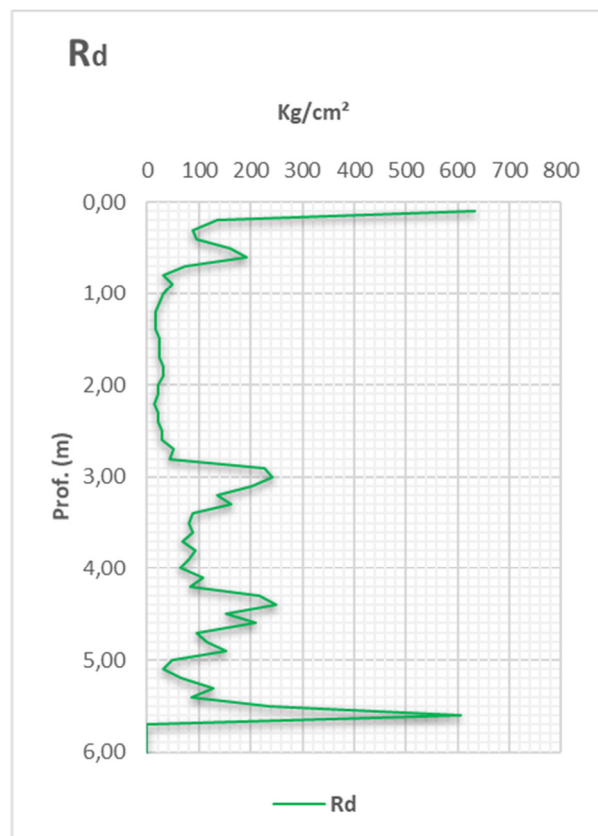
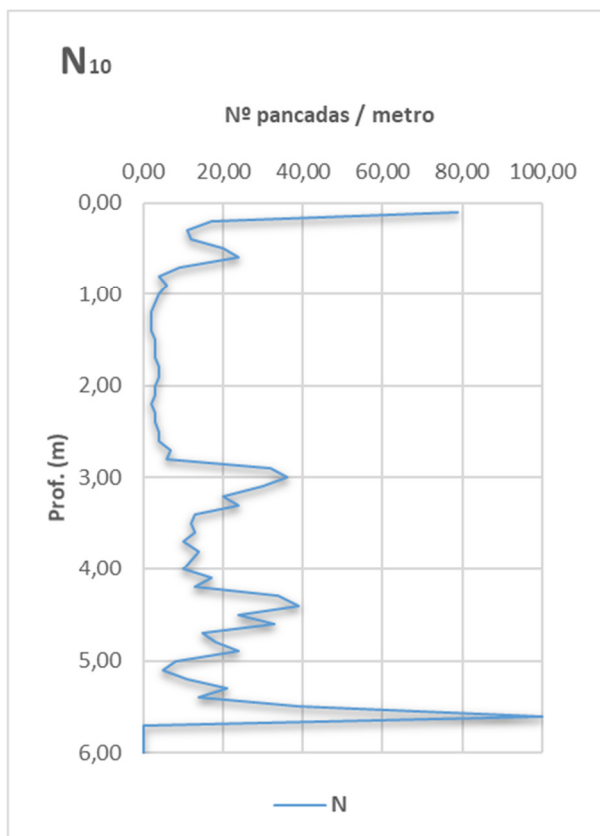
PDM8

PROF. (m)	N	PROF. (m)	N
0,10	77	3,10	21
0,20	57	3,20	16
0,30	80	3,30	14
0,40	39	3,40	16
0,50	15	3,50	15
0,60	6	3,60	22
0,70	5	3,70	23
0,80	4	3,80	15
0,90	6	3,90	17
1,00	16	4,00	15
1,10	11	4,10	50
1,20	14	4,20	17
1,30	15	4,30	18
1,40	18	4,40	13
1,50	19	4,50	22
1,60	30	4,60	23
1,70	18	4,70	16
1,80	15	4,80	27
1,90	20	4,90	49
2,00	16	5,00	20
2,10	32	5,10	100
2,20	19	---	
2,30	20		
2,40	17		
2,50	18		
2,60	15		
2,70	17		
2,80	26		
2,90	44		
3,00	22		



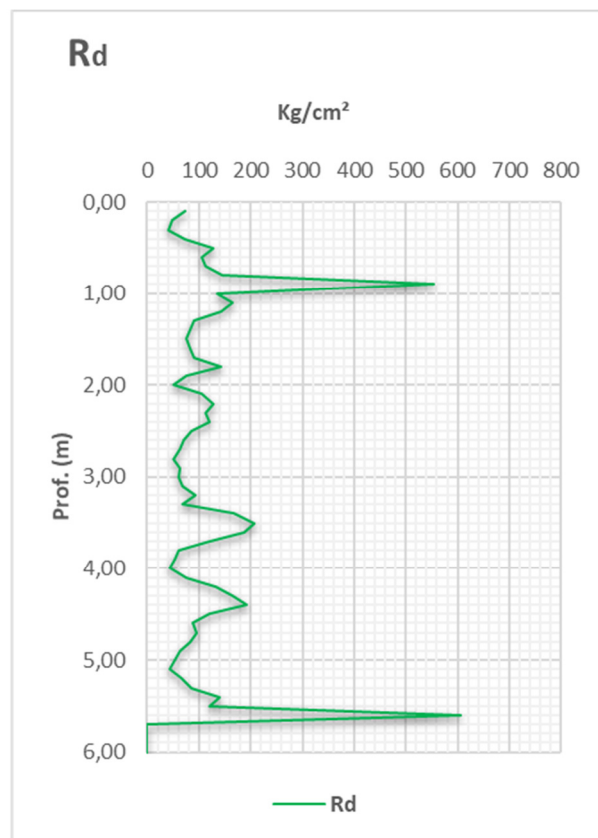
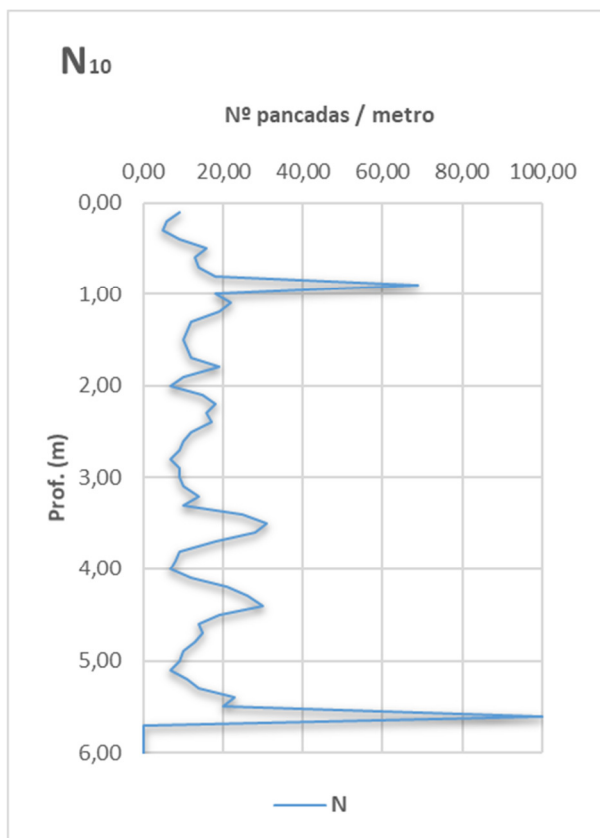
PDM9

PROF. (m)	N	PROF. (m)	N
0,10	79	3,10	30
0,20	17	3,20	20
0,30	11	3,30	24
0,40	12	3,40	13
0,50	20	3,50	12
0,60	24	3,60	13
0,70	9	3,70	10
0,80	4	3,80	14
0,90	6	3,90	12
1,00	4	4,00	10
1,10	3	4,10	17
1,20	2	4,20	13
1,30	2	4,30	34
1,40	2	4,40	39
1,50	3	4,50	24
1,60	3	4,60	33
1,70	3	4,70	15
1,80	4	4,80	18
1,90	4	4,90	24
2,00	3	5,00	8
2,10	3	5,10	5
2,20	2	5,20	11
2,30	3	5,30	21
2,40	3	5,40	14
2,50	4	5,50	39
2,60	4	5,60	100
2,70	7	---	
2,80	6		
2,90	32		
3,00	36		



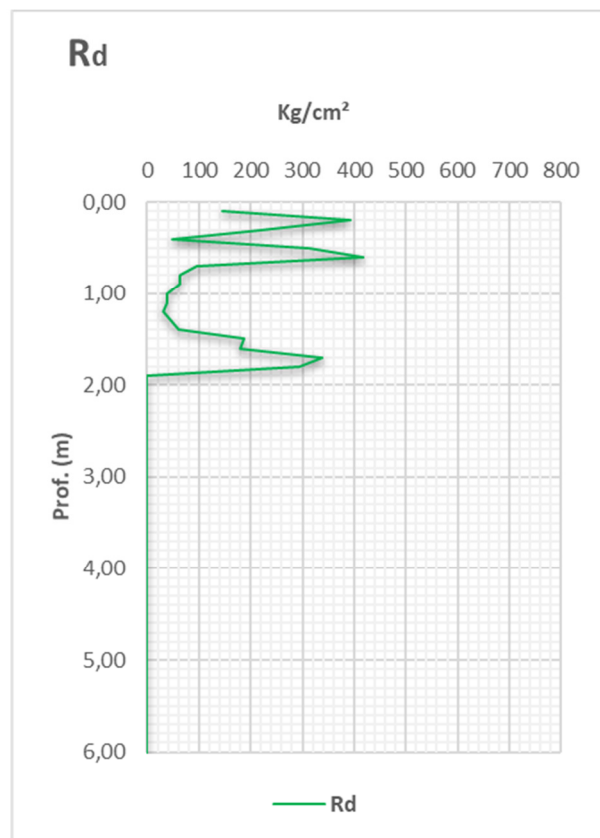
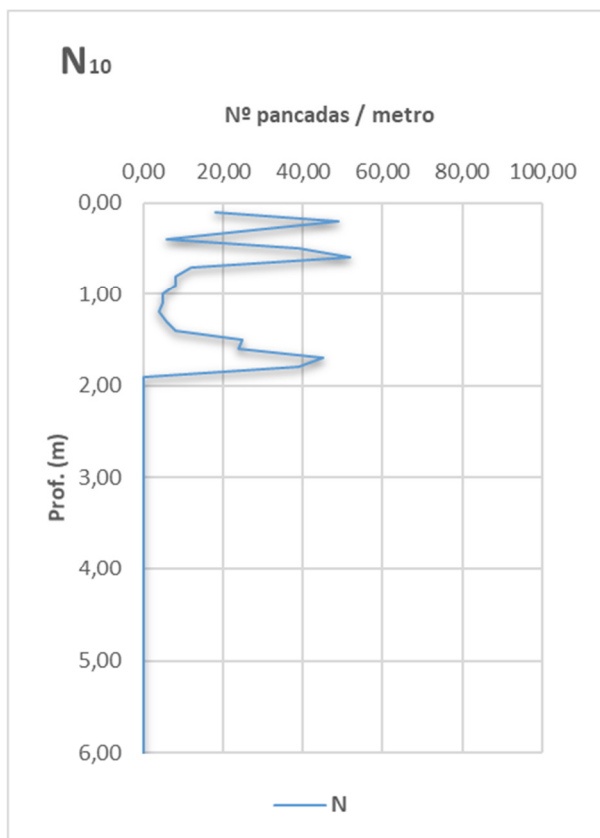
PDM10

PROF. (m)	N	PROF. (m)	N
0,10	9	3,10	10
0,20	6	3,20	14
0,30	5	3,30	10
0,40	9	3,40	25
0,50	16	3,50	31
0,60	13	3,60	28
0,70	14	3,70	18
0,80	18	3,80	9
0,90	69	3,90	8
1,00	18	4,00	7
1,10	22	4,10	12
1,20	19	4,20	21
1,30	12	4,30	26
1,40	11	4,40	30
1,50	10	4,50	19
1,60	11	4,60	14
1,70	12	4,70	15
1,80	19	4,80	13
1,90	10	4,90	10
2,00	7	5,00	9
2,10	15	5,10	7
2,20	18	5,20	11
2,30	16	5,30	14
2,40	17	5,40	23
2,50	12	5,50	20
2,60	10	5,60	100
2,70	9	---	
2,80	7		
2,90	9		
3,00	9		



PDM11

PROF. (m)	N
0,10	18
0,20	49
0,30	27
0,40	6
0,50	39
0,60	52
0,70	12
0,80	8
0,90	8
1,00	5
1,10	5
1,20	4
1,30	6
1,40	8
1,50	25
1,60	24
1,70	45
1,80	39
1,90	



PDM12

PROF. (m)	N
0,10	4
0,20	12
0,30	16
0,40	18
0,50	12
0,60	15
0,70	19
0,80	13
0,90	14
1,00	13
1,10	10
1,20	7
1,30	4
1,40	2
1,50	2
1,60	1
1,70	2
1,80	4
1,90	7
2,00	5
2,10	2
2,20	3
2,30	9
2,40	100

