

Obra n.º 40/02 – Estudos e Projetos em Redes de Saneamento

**PROJETO DE EXECUÇÃO DA ETAR DE NORDELA E DOS RESPETIVOS
SISTEMAS GRAVÍTICOS E ELEVATÓRIOS**



VOL. 2 – Documentos Técnico - Jurídicos

PROSPEÇÃO GEOLÓGICA E GEOTÉCNICA

MARÇO 2017



REGIÃO AUTÓNOMA DOS AÇORES

SECRETARIA REGIONAL DOS TRANSPORTES E OBRAS PÚBLICAS
LABORATÓRIO REGIONAL DE ENGENHARIA CIVIL
DIREÇÃO DE SERVIÇOS DE GEOTECNIA E PROSPEÇÃO

PROSPEÇÃO GEOLÓGICA E GEOTÉCNICA
PARA APOIO AO PROJETO DA ETAR DA
NORDELA, EM PONTA DELGADA (SÃO
MIGUEL)

RELATÓRIO 22/2017

Trabalho realizado para
NORAQUA - Consultores de Engenharia, Lda.

Ponta Delgada, março de 2017



REGIÃO AUTÓNOMA DOS AÇORES

SECRETARIA REGIONAL DOS TRANSPORTES E OBRAS PÚBLICAS
LABORATÓRIO REGIONAL DE ENGENHARIA CIVIL
DIREÇÃO DE SERVIÇOS DE GEOTECNIA E PROSPEÇÃO

PROSPEÇÃO GEOLÓGICA E GEOTÉCNICA PARA APOIO AO PROJETO DA ETAR DA
NORDELA, EM PONTA DELGADA (SÃO MIGUEL)

IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO

Relatório ID: LREC/DSGP – RELATÓRIO 22/2017
Proc. ID: Proc. 95
LREC/CD - Cota ID: 624.131
A516p
Autor(s) ID: Paulo Alexandre Pimentel Amaral
Geólogo, Doutor em Geologia, Especialidade de Vulcanologia
Letícia da Conceição Melo Moniz
Eng.ª Civil, Mestre em Geotecnia
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 22-17, 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	TRABALHOS DESENVOLVIDOS	5
2.1	Prospecção Geotécnica – Sondagens mecânicas.....	6
2.2	Poços de reconhecimento.....	9
2.3	Ensaio de campo e laboratoriais	11
3	ENQUADRAMENTO GERAL DA ÁREA	15
3.1	Localização	15
3.2	Geologia e Tectónica	16
4	RESULTADOS OBTIDOS.....	18
4.1	ETAR da Nordela	18
4.2	Estação elevatória de Santa Clara.....	21
4.3	Estação elevatória de Vila Nova	22
4.4	Condutas entre a Vila Nova e a ETAR Nordela	25
5	CONSIDERAÇÕES	35
	BIBLIOGRAFIA	39

PROSPEÇÃO GEOLÓGICA E GEOTÉCNICA PARA APOIO AO PROJETO DA ETAR DA NORDELA, EM PONTA DELGADA (SÃO MIGUEL)

1 INTRODUÇÃO

Foi solicitado ao Laboratório Regional de Engenharia Civil, pela empresa Noráqua, SA, através do correio eletrónico datado de 17-11-2016, a realização de trabalhos de prospeção geológica e geotécnica para apoio ao projeto de execução da ETAR da Nordela e respetivos sistemas gravíticos e elevatórios.

Para a realização deste estudo foram efetuados trabalhos de prospeção mecânica através de 5 sondagens à rotação e de 6 poços de observação. As sondagens geotécnicas decorreram entre os dias 14 a 22 de fevereiro de 2017 e os poços de observação apenas foram realizados no dia 24-03-2017, uma vez que foi necessário obter o aval de várias entidades (EDA, Portos dos Açores, Nato, SAAGA, Marinha, NAV etc.), tendo em consideração a existência de várias infraestruturas subterrâneas. Para além disso, foram realizados ensaios laboratoriais de caracterização física e mecânica aos materiais rochosos ocorrentes. Estes foram concluídos a 13-04-2017.

Neste relatório efetua-se uma síntese, do ponto vista macroscópico, das formações geológicas intersetadas pelas sondagens geotécnicas e poços e apresentam-se os resultados obtidos pelos ensaios *in situ* e de laboratório com vista à obtenção das características geomecânicas dos terrenos prospetados.

2 TRABALHOS DESENVOLVIDOS

Com o propósito de esclarecer a natureza genética e as características geotécnicas dos materiais que configuram nos terrenos onde vão ser implementadas as infraestruturas da futura ETAR da Nordela, da futura Estação Elevatória (EE) de Santa Clara, da futura Estação Elevatória (EE) de Vila Nova e condutas elevatórias, o programa de trabalhos consistiu na realização de:

- (1) 5 sondagens mecânicas à rotação, na posição vertical, designadas de S1 a S5, com amostragem contínua de solos e/ou rocha. As sondagens foram distribuídas pelos terrenos da futura ETAR da Nordela (S1, S2 e S3), futura Estação Elevatória de Santa Clara (S4) e futura Estação Elevatória da Vila Nova (S5).
- (2) Ensaios de penetração dinâmica normalizada (SPT) sempre que os constituintes geológicos o permitiam, de modo a determinar a compacidade do terreno e estimar, empiricamente, os parâmetros de resistência ao corte e de deformabilidade das unidades geotécnicas ocorrentes;
- (3) Abertura de 6 poços de reconhecimento do terreno, designados de P1 a P6. Entre a futura EE da Vila Nova e a EE de Santa Clara foram realizados 3 poços de observação (P1, P2 e P3), e entre a EE de Santa Clara e a futura ETAR da Nordela foram efetuados outros 3 poços de observação (P4, P5 e P6).
- (4) Ensaios de laboratório com vista à determinação das características físicas e mecânicas de materiais rochosos representativos da zona, através da realização de ensaios de compressão uniaxial, das massas volúmicas e porosidade aberta.
- (5) Interpretação dos resultados.

2.1 Prospeção Geotécnica – Sondagens mecânicas

A prospeção geológica e geotécnica nos terrenos para a nova ETAR da Nordela, EE de Santa Clara e EE de Vila Nova foi realizada com o recurso à sonda ROLATEC RL-48-L (Fig. 1). Foram utilizadas coroas diamantadas (impregnadas) com diâmetro de 116 e 101 mm, acopladas a amostradores de paredes dupla, tendo-se usado água como fluido de circulação para limpeza do furo e arrefecimento das peças de perfuração.



Figura 1 – Equipamento utilizado nos trabalhos de perfuração.

A localização espacial das sondagens realizadas é ilustrada na planta em anexo. As coordenadas, no sistema de referência PTR08-UTM/ITRF93, 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 N°	M	P	Cota	Profundidade alcançada (m)	Profundidade do nível de água (m)
S1	613897,688	4177950,173	55,355	10,00	nd
S2	613952,083	4177921,034	55,147	10,34	nd
S3	613990,774	4177898,629	55,32	10,00	nd
S4	616095,738	4177144,684	6,551	9,80	6,0
S5	616773,504	4177318,906	4,031	10,85	4,9

Nota: nd. Não determinado.

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, fracturação e R.Q.D).

Ao longo do trabalho foi efetuado um registo fotográfico das caixas com os testemunhos colhidos nas sondagens, o qual também se apresenta 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 fracturação (ISRM, 1981).

Símbolos	Intervalos de afastamento (cm)	Afastamento das fraturas	Estado de fracturação 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

É de referir que em 2012 o LREC efetuou sondagens à rotação (Rel.52-2012) no setor compreendido entre a rotunda de Santa Clara e a BENCON, SA (troço da conduta elevatória que efetua a ligação da Estação Elevatória de Santa Clara e a ETAR da Nordela), no âmbito do projeto da obra de construção da via marginal de ligação de Santa Clara à Relva – 2ª fase. Por forma a complementar a informação geológica referente a este percurso são apresentados, de forma resumida na subseção 4.4, os resultados daquela campanha efetuada.

2.2 Poços de reconhecimento

Os trabalhos realizados contemplaram ainda a abertura de 6 poços de observação para o reconhecimento geológico ao longo do segmento onde serão colocadas as condutas elevatórias entre as Estações Elevatórias (Santa Clara e Vila Nova) e a ETAR da Nordela.

Os poços foram abertos com o recurso a uma retroescavadora (Fig. 2), permitindo a observação da constituição geológica do terreno até à profundidade máxima de 3 m. A escavabilidade foi terminada quando o avanço da máquina era dificultado pelo substrato geológico (e.g., presença de rocha), à exceção do P2, onde foram detetadas tubagens em profundidade, não reconhecidas pelas entidades presentes, o que motivou à não continuidade da abertura do mesmo. No entanto, na proximidade deste poço encontra-se uma infraestrutura da EDA, a 1,80 m de profundidade que permitiu estabelecer a correlação dos materiais existentes.



Figura 2 – Abertura de poços de observação com recurso a retroescavadora.

No quadro V apresentam-se as coordenadas dos locais onde foram realizados os poços. Na subsecção 4.4 apresenta-se a descrição lito-estratigráfica obtida pela abertura dos poços e em anexo apresenta-se a localização espacial do local onde foram executados.

Quadro V – Localização planimétrica e altimétrica no sistema de referência PTR08-UTM/ITRF93, e profundidade máxima alcançada nos poços de reconhecimento realizados.

Poço Nº	M	P	Cota	Profundidade alcançada (m)
P1	616745,287	4177249,378	6,26	1,5
P2	616501,458	4177182,900	6,228	1,0
P3	616246,392	4177230,337	7,224	3,0
P4	614963,32	4177257,984	22,118	2,9
P5	614659,439	4177529,719	35,141	2,5
P6	614176,239	4177677,297	44,27	2,4

2.3 Ensaios de campo e laboratoriais

Durante a perfuração realizada, sempre que a natureza geológica permitia, 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 intersetado quanto à sua compacidade e/ou consistência (Terzaghi & Peck, 1967), com base nos critérios definidos nos Quadros VI e VII, respetivamente:

Quadro VI – Classificação dos solos arenosos quanto à compacidade.

N (SPT)	Grau de compacidade	Índice de compacidade (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 VII – 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

Este ensaio possibilita ainda, para além da avaliação da compacidade e/ou consistência do material, a caracterização mecânica dos terrenos ocorrentes, por intermédio de correlações vulgarmente utilizadas em geotecnia (Terzaghi e Peck, 1948).

O ângulo de atrito interno (ϕ') pode ser estimado a partir do conhecimento de $(N_1)_{60}$, assumido-se como válida a proposta por Décourt (1989) (Fig. 3). Para profundidades até 4 m, o valor de $(N_1)_{60}$ deve ser reduzido a metade.

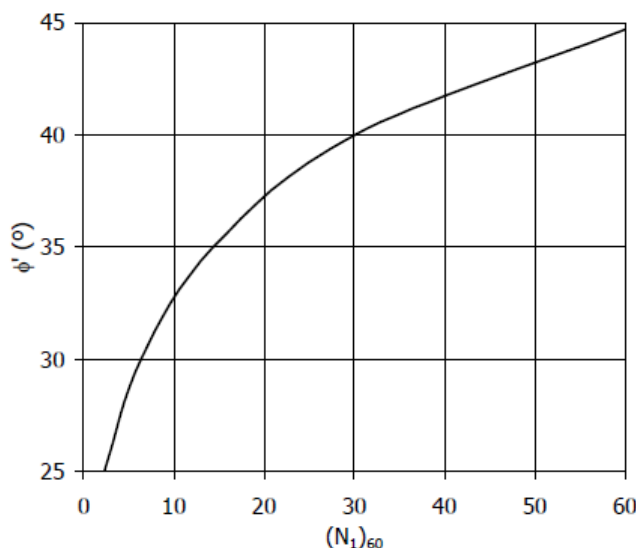


Figura 3 – Correlação entre $(N_1)_{60}$ e ϕ' para areias (Décourt, 1989).

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):

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 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).

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

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

O módulo de elasticidade 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:

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

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

Nas sondagens foram obtidos testemunhos de rocha, que foram submetidos aos seguintes ensaios:

- Resistência à compressão uniaxial (UCS) - NP EN 1926:2008;
- Massa volúmica aparente - NP EN 1936:2008;
- Porosidade total - NP EN 1936:2008;

Em anexo a este relatório apresentam-se os boletins dos ensaios realizados.

3 ENQUADRAMENTO GERAL DA ÁREA

3.1 Localização

Os trabalhos de prospeção mecânica com recurso a sondagens foram efetuados nos terrenos da futura ETAR, da futura EE de Santa Clara e da futura EE da Vila Nova. Os trabalhos referentes à prospeção mecânica com recursos a retroescavadora para abertura de poços foram realizados nos troços compreendidos entre a EE da Vila Nova e a EE de Santa Clara e entre esta última e a futura ETAR da Nordela (Fig.4).



Figura 4 – Localização onde foram efetuados os trabalhos de prospeção mecânica.

3.2 Geologia e Tectónica

Do ponto de vista geomorfológico a área em questão enquadra-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 do vulcanismo fissural.

A forma vulcânica predominante diz respeito a cones de escórias, que correspondem a cones 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 nesta área correspondem, para além dos piroclastos basálticos (s.l.), a escoadas lávicas de natureza basáltica (s.l.) emitidas a partir dos referidos cones monogenéticos.

Para além dos referidos materiais podem ainda observar-se, pontualmente, intercalações de depósitos piroclásticos de natureza traquítica (s.l.), provenientes dos sistemas vulcânicos vizinhos. Em zonas urbanas, como é o caso de Ponta Delgada, é frequente encontrar depósitos de aterro sobre os referidos materiais vulcânicos, por vezes com espessuras consideráveis e depositados, frequentemente, sem qualquer processo de controlo.

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

A análise de documentos históricos e os dados da sismicidade instrumental (*e.g.*, INMG e LNEC, 1986; Nunes, 1991) 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 graus (Fig. 5).

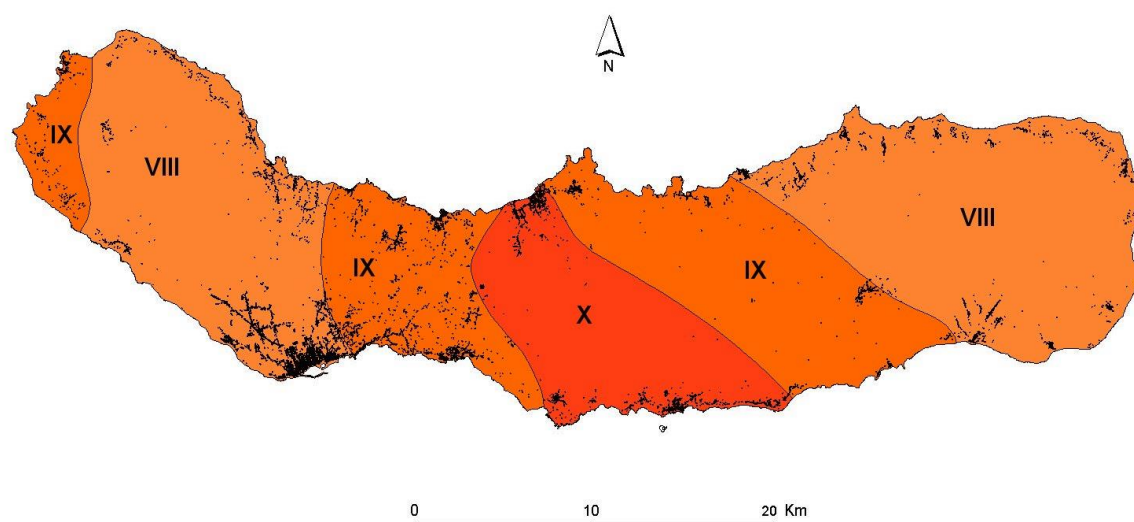


Figura 5 - Carta de intensidades máximas históricas para a ilha de S. Miguel (Silveira, 2002).

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, o perfil geológico a considerar será o 3, devendo como tal adotar-se o tipo de terreno B.

4 RESULTADOS OBTIDOS

Tendo em consideração os elementos obtidos na campanha de sondagem e nos poços de reconhecimento, os diferentes produtos vulcânicos foram agrupados em 4 unidades geológicas e geotécnicas:

C1 – Depósito de Aterro (At)

C2 – Depósito piroclástico pomítico, indiferenciado (DPP, I)

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

C4 – Depósito de litoral (DL)

Nas subseções 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4 efetua-se uma síntese das principais características geológicas e geotécnicas das unidades ocorrentes na zona da futura ETAR da Nordela, da EE de Santa Clara, da EE de Vila Nova e das condutas elevatórias entre a EE de vila Nova e ETAR da Nordela.

4.1 ETAR da Nordela

Para a caracterização do terreno de fundação na zona da futura ETAR da Nordela foram realizadas as sondagens S1 a S3. Nas três sondagens executadas foram obtidas as unidades geológicas e geotécnicas C2 e C3 (C3a e C3b).

A unidade geológica e geotécnica C2 corresponde a um depósito piroclástico pomítico. Trata-se de areias (0,063-2 mm) de natureza pomítica misturadas com cascalhos (2-64 mm), de tons castanho claros. Os clastos apresentam formas irregulares e vacúolos, o que confere uma reduzida densidade. Não denota plasticidade quando húmido.

Este depósito denotou uma espessura entre os 3,00 m na S3 e os 4,35 m na S2. Nesta formação foram executados 6 ensaios SPT. No quadro VIII apresenta-se o resultado dos ensaios SPT (discriminando-se o número total de pancadas na 1ª, 2ª e 3ª fases do ensaio), bem como o valor do ângulo de atrito interno (ϕ') e do módulo de deformabilidade (E') obtidos de forma indireta, com o auxílio das equações 1 a 4.

Quadro VIII – Resumo dos ensaios SPT e dos parâmetros de resistência ao corte obtidos.

Nº Sondagem	Profundidade de ensaio	Designação Litológica	N _{SPT}	ϕ'	E'	Compacidade
S1	1,5	DPP	3+4+4	31	5	Solta
S1	3	DPP	2+4+7	31	7	Medianamente compacta
S2	1,5	DPP	2+2+3	29	3	Solta
S2	3	DPP	2+3+4	29	5	Solta
S3	1,5	DPP	2+3+3	30	4	Solta
S3	3	DPP	8+9+13	35	14	Medianamente compacta

O valor médio do nº de pancadas no ensaio SPT foi 10, no somatório da 2ª e 3ª fases, com um mínimo e máximo de 5 e 22 pancadas, respetivamente.

É de sublinhar que os valores mais elevados dos ensaios SPT, obtidos a 3,0 m de profundidade, na S3, estão relacionados com a presença de clastos rochosos (transição para a C3), da dimensão superior à abertura da boquilha do

amostrador, causando atrito à penetração e, desse modo, incrementando os seus valores, pelo que é necessário ter alguma reserva na interpretação destes valores.

Tendo por base a aplicação das expressões 1 a 4 e um peso volúmico seco de 10 kN/m³, os depósitos piroclásticos pomíticos (C2) denotam valores para o ângulo de atrito entre os 29° e os 35°, com um quantitativo médio de 31°. O módulo de deformabilidade oscilou entre os 3 e os 14 MPa, com um valor médio de 6 MPa.

No que toca à unidade geológica e geotécnica C3, esta corresponde a clinker e/ou rocha basáltica. Embora estes dois materiais estejam associados na sua génese, apresentam características geotécnicas e hidrológicas distintas, facto que motiva a divisão desta unidade em 2 subunidades: **C3a** e **C3b**.

O clinker (C3a), vulgarmente designado de burgalhau, corresponde a fragmentos rochosos da dimensão do cascalho (2-64 mm) e dos blocos (> 64 mm). Este material foi encontrado na S1, entre os 4,15 m e os 6,40 m e na S2 entre os 4,35 m e os 5,07 m.

A subunidade C3b corresponde a uma escoada lávica de natureza basáltica (rocha basáltica), de cor cinzenta. Apresenta-se com setores vacuolares e compactos e denota uma textura microporfirica, com plagioclases.

Do ponto de vista da alterabilidade encontra-se a W1. A fracturação observada é oblíqua, sendo a compartimentação caracterizada por se apresentar medianamente afastada (F3) a afastada (F2). Em termos de RQD, este indicador apresentou-se entre os 66 % e os 100%, com um valor médio de 86%, conferindo uma classificação de médio a excelente em termos de qualidade (ver quadro II).

Para a C3b foram realizados ensaios de compressão uniaxial e foram determinadas as porosidades abertas e massas volúmicas aparentes. Em anexo a este documento apresentam-se os relatórios de ensaios.

No que diz respeito aos ensaios de compressão uniaxial, obtiveram-se valores entre os 26 MPa e os 83 MPa, com um valor médio de 52 MPa. A massa volúmica aparente variou entre os 2250 kg/m³ e os 2640 kg/m³, com um valor médio de 2440 kg/m³. No que diz respeito à porosidade aberta, obtiveram-se quantitativos entre os 7,6% e os 18,3%, com um valor médio de 13,6%.

As características médias do conjunto da rocha de natureza basáltica (unidade C3b) encontrada no local prospetado, seguindo as considerações da descrição geotécnica de maciços rochosos propostos pela Sociedade Internacional de Mecânicas das rochas, são as seguintes (quadro IX):

Quadro IX – Resumo das características médias da formação C3a obtida no local de prospeção para a futura ETAR da Nordela.

Grau de meteorização	W1
Fraturação	F3-2
RQD (%)	66-100
Resistência à compressão uniaxial (MPa)	26-83
Massa volúmica seca (kg/m³)	2250-2640
Porosidade aberta (%)	7,6-18,3

4.2 Estação elevatória de Santa Clara

Na zona da futura estação elevatória de Santa Clara apenas foi executada uma sondagem à rotação, designada de S4, tendo-se alcançado os 9,80 m de profundidade.

Na sondagem S4 obtiveram as unidades geológicas e geotécnicas C1 e C4. A unidade geológica C1 corresponde a um depósito de aterro. Trata-se de uma mistura de areias pomíticas com cascalhos e blocos rochosos de natureza diversa. Na perfuração também foram detetados resíduos sólidos. Esta unidade foi verificada entre a superfície topográfica e os 4,15 m de profundidade. A matriz fina apresenta uma coloração castanha e não denota características plásticas.

A partir dos 4,15 m transitou-se para a unidade geológica e geotécnica C4. Esta unidade corresponde a um depósito de litoral, caracterizado pela presença de areias basálticas, misturadas com cascalhos e blocos rochosos ($D_{\text{máx}}$: 30 cm). As faces dos clastos apresentam-se roladas. As areias não denotam características plásticas e denotam tons cinzentos. Esta unidade foi detetada entre os 5,15 m e o final a perfuração (9,80 m).

Tendo em consideração a natureza do substrato existente (elevada concentração de blocos rochosos), tanto na camada de aterro, como no depósito de litoral, não foram efetuados ensaios SPT.

4.3 Estação elevatória de Vila Nova

Na zona da futura Estação Elevatória da Vila Nova foi realizada a sondagem S5. Esta alcançou os 10,85 m de profundidade. A amostragem realizada permitiu identificar as unidades geológicas e geotécnicas C1, C2 e C3.

A unidade C1 corresponde a um aterro. Trata-se de uma mistura de areias e solos arenosos, castanhos, com blocos e cascalhos rochosos. Entre os 2,65 m e os 3,00 m foi detetada uma laje de betão, o que dificultou a perfuração devido à presença de armadura. Esta unidade apresenta uma espessura na ordem dos 4,00 m. A matriz fina não denota plasticidade. Aos 1,50 m foi realizado um ensaio SPT, tendo-se obtido um quantitativo de 16 pancadas, o que se traduz numa

compacidade mediana. Claramente este valor reflete a natureza dos constituintes, o que favorece o incremento do nº de pancadas.

Descendo na coluna estratigráfica, a partir dos 4,00 m foi detetada a unidade geológica e geotécnica C3, em particular a C3b. Trata-se de uma escoada lávica de natureza basáltica, de cor cinzenta escura, de textura afanítica e bastante vacuolar. Esta formação foi detetada entre os 4,00 m e os 8,84 m. Entre os 5,26 m e os 8,20 m denotou a intercalação com a C3a (clinker).

Do ponto de vista da compartimentação, esta apresenta-se medianamente afastada (F3). A escoada lávica apresenta-se sã (W1) a pouco alterada (W2) e denota um RQD entre os 47% e os 80%, com um quantitativo de 65%. Para esta unidade foram realizados 3 ensaios de compressão uniaxial e determinadas as porosidades abertas e massas volúmicas aparentes. Em anexo a este documento apresentam-se os relatórios de ensaios.

No que diz respeito aos ensaios de compressão uniaxial, obtiveram-se valores entre os 21 e os 26 MPa, com um valor médio de 23 MPa. A massa volúmica aparente variou entre os 2150 kg/m³ e os 2230 kg/m³, com um valor médio de 2180 kg/m³. No que se refere à porosidade aberta, obtiveram-se quantitativos entre os 24,6 e os 26,1%, com um valor médio de 25,3%, refletindo a maior presença de vacúolos comparativamente às obtidas nas sondagens S1, S2 e S3.

As características médias do conjunto da rocha de natureza basáltica (unidade C3b) encontrada no local prospetado, seguindo as considerações da descrição geotécnica de maciços rochosos propostos pela Sociedade Internacional de Mecânicas das rochas, são as seguintes (Quadro X):

Quadro X – Resumo das características médias da formação C3a obtida no local de prospeção para a futura EE da Vila Nova.

Grau de meteorização	W1-2
Fraturação	F3
RQD (%)	47-80
Resistência à compressão uniaxial (MPa)	21-26
Massa volúmica seca (kg/m³)	2150-2230
Porosidade aberta (%)	24,6-26,1

Entre os 8,84 m e o final da perfuração foi detetada a unidade geológica e geotécnica C2. Trata-se de areias e cascalhos de natureza pomítica, incoerentes de cor tons castanhos claros. Não denota plasticidade quando húmido.

Nesta unidade foram realizados 2 ensaios SPT. Quanto ao número de pancadas obtidas nestes ensaios, obtiveram-se valores entre as 5 e as 14 (somatório da 2^a e 3^a fases do ensaio). Tendo por base a aplicação das expressões 1 a 4 e um peso volúmico seco de 10 kN/m³, os depósitos piroclásticos pomíticos (C2) denotaram um valor de ângulo de atrito mínimo de 28° e um máximo de 33°, com um valor médio de 31°. O módulo de deformabilidade oscilou entre os 4 e os 12 MPa (Quadro XI).

Quadro XI - Resumo dos ensaios SPT e dos parâmetros de resistência ao corte obtidos.

Nº Sondagem	Profundidade de ensaio	Designação Litológica	N_{SPT}	φ'	E'	Compacidade
S5	9,35	DPP	2+2+3	28	4	Solta
S5	10,95	DPP	6+7+7	33	12	Medianamente compacta

4.4 Condutas entre a Vila Nova e a ETAR Nordela

Para a caracterização geológica do terreno de fundação entre a EE da Vila Nova e a ETAR da Nordela, com vista à implementação de condutas elevatórias, foram abertos 6 poços de observação. A localização espacial destes poços encontra-se em anexo a este documento.

Entre a EE da Vila Nova e a EE de Santa Clara, ao longo da Rua Eng.º Abel Ferin Coutinho, foram abertos os poços P1 a P3. Os restantes poços foram distribuídos entre a rua Baden Powell e a avenida da Nordela. Entre a 2ª rua de Santa Clara e a EE de Santa Clara não foram abertos poços de observação, uma vez que em 2012 o LREC efetuou sondagens neste setor (Rel. 52/2012) no âmbito do projeto da obra de construção da via marginal de ligação de Santa Clara à Relva – 2ª fase.

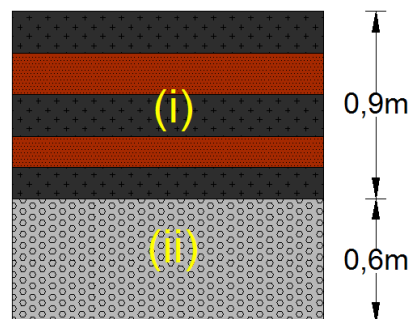
Apresenta-se seguidamente a descrição geológica obtida em cada um dos poços de observação:

Poço 1 - Profundidade máxima: 1,50 m

0,00 – 1,5 m – Aterro: entre os 0,00 m e os 0,90 m apresenta uma alternância de areias de cor escura com piroclastos basálticos de cor vermelha; Não plástico **(i)**.

Entre os 0,90 m e os 1,50 m é constituído por blocos rochosos de dimensões variadas, verificando-se por vezes a presença de blocos com face rolada.

Apresentam uma estrutura aberta com pouco elementos finos. A dimensão máxima dos blocos é de 0,50 m **(ii)** (Fig.6).



Nota: Aquando da abertura deste poço verificou-se a presença de dois tipos de tubagens, que não foram identificadas por nenhuma entidade competente no ato de marcação da localização dos poços (Figura 77).



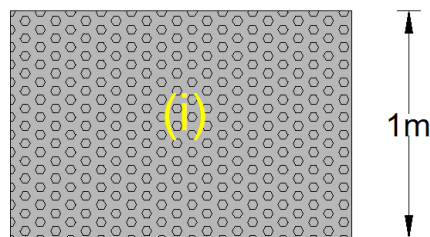
Figura 6 – Apeto geral do poço 1.



Figura 7 – Tubagens detetadas no poço 1 (assinaladas a vermelho).

Poço 2 - Profundidade máxima: 1,00 m

0,00 – 1,00 m – Aterro: solo castanho, não plástico, com blocos rochosos. Dimensão máxima de 0,40 m **(i)** (Fig. 8).



Nota: não foi possível prosseguir com a abertura deste poço, pois verificou-se a presença de uma tubagem (Figura), não identificada por nenhuma entidade competente. Contudo, a partir de uma caixa de visita da EDA, presente neste local, foi possível constatar que o substrato rochoso se encontra a uma profundidade superior a 1,80 m.



Figura 8 – Apeto geral do poço 2, com identificação da tubagem detetada.

Poço 3 - Profundidade máxima: 3,00 m

0,00 – 0,65 m – Aterro: solo vegetal sobrejacente (10 cm) transitando para uma camada de areias de cor cinzenta, seguindo-se um solo castanho não plástico, misturado com lixo urbano (incluindo telhas cerâmicas) e blocos rochosos **(i)**;

0,65 – 3,00 m – Depósito piroclástico pomítico de cor castanha, não plástico. Trata-se de areias pomíticas misturadas com cascalhos e blocos pomíticos (pedra pomes). Presença de blocos rochosos de natureza basáltica, dispersos ($D_{máx}$: 0,20 m). A Matriz fina não denota plasticidade **(ii)** (Fig.9).

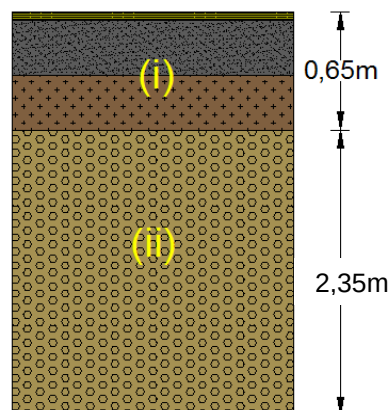


Figura 9 – Apeto geral do poço 3.

Poço 4 – Profundidade máxima: 2,90 m

0,00 – 0,80 m – Aterro: Intercalações de areias basálticas de cor cinzenta com areias e siltes pomíticos, de tons castanhos. Não plásticos **(i)**;

0,80 – 2,80 m – Depósito piroclástico pomítico de cor castanha. Matriz arenosa, com cascalhos e blocos pomíticos (pedra-pomes). É de referir que a partir dos 1,90 m a matriz apresenta uma fração granulométrica superior à anterior **(ii)**;

> 2,80 m – Clinker e rocha de natureza basáltica **(iii)** (Fig.10).

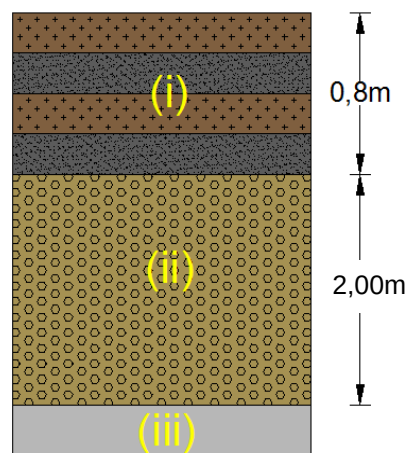
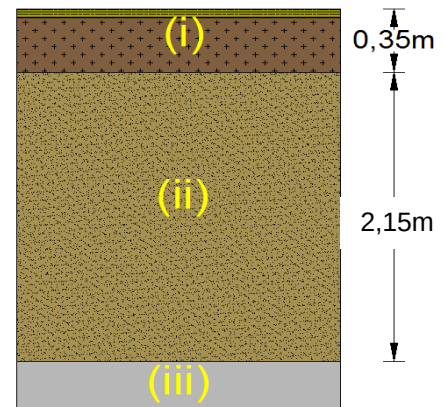


Figura 10 – Apeto geral do poço 4.

Poço 5 – Profundidade máxima: 2,50 m

0,00 – 0,35 m – Aterro: Solo vegetal sobrejacente a solos castanhos misturados com blocos rochosos **(i)**;

0,35 – 2,50 m – Areias de natureza pomítica e de cor castanha clara, material não plástico. Verificou-se a presença de piroclastos pomíticos (cascalhos) de matriz fina **(ii)**;



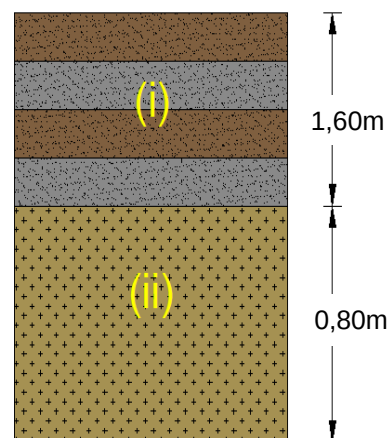
> 2,50 m – Clinker e rocha de natureza basáltica **(iii)** (Fig.11).



Figura 11 – Apeto geral do poço 5.

Poço 6 – Profundidade máxima: 2,40 m

0,00 – 1,60 m – Aterro: areias pomíticas de cor castanha escuro e areias de natureza basáltica de cor cinzenta com blocos rochosos. A 1,50 m de profundidade, no bordo sul do poço, verificou a presença de uma tubagem de passagem de cabos de eletricidade de baixa tensão da empresa EDA **(i)**;



1,60 – 2,40 m – Solo pomítico de cor castanha clara com piroclastos pomíticos, classificados como areia e cascalhos, dada a sua dimensão, bem como piroclastos de natureza traquítica (pedra-pomes) **(ii)** (Fig. 12);



Figura 12 – Apeto geral do poço 6.

Para além da abertura dos poços, foi efetuada uma inspeção visual aos afloramentos disponíveis tanto no lado da arriba como no talude exterior ao longo da avenida da Nordela.

Neste contexto, apresentam-se algumas notas sobre o reconhecimento geológico obtido pela inspeção visual:

- Entre o terreno da futura ETAR da Nordela e o local onde foi aberto o P6, o talude contíguo à estrada é constituído por depósitos piroclásticos pomíticos, chegando a alcançar os 2,50 m de desnível (Fig. 13). No entanto, tendo em consideração a posição da estrada em relação aos materiais que afloram na arriba, considera-se que a geologia onde esta assenta seja constituída por clinker e/ou rocha (coordenadas aproximadas: M – 614080; P – 4177760).



Figura 13 – Exemplo dos depósitos pomíticos existentes no talude da estrada, na avenida da Nordela.

- Entre o local do P6 e do P5 o foi possível identificar afloramentos rochosos ao nível da estrada, com cerca de 2,40 m de altura (coordenadas

aproximadas: M – 614616; P – 4177533). Noutros segmentos, foi possível detetar a presença de aterro com espessura entre os 2 m (coordenadas aproximadas: M – 614546; P – 4177566) e os 3,00 m (coordenadas aproximadas: M – 614461; P – 4177594). Nalguns setores, a escoada lávica posiciona-se a cerca de 0,40 m abaixo da cota do pavimento (coordenadas aproximadas: M – 614395; P – 4177603) (Fig. 14).



Figura 14 – Exemplos de afloramento rochoso a uma cota superior à estrada e aterros junto à crista da arriba, sobrejacente às formações rochosas.

- Entre o local do P4 e do P5, particularmente entre as coordenadas aproximadas: M – 614924; P – 4177283 a M – 614895; P – 4177361, a espessura de aterro apresenta cerca 2,70 m sobre a bancada rochosa. Entre as coordenadas aproximadas de M – 614802; P- 4177445 e de M - 614754; P- 4177480, a estrada encontra-se a uma cota inferior do afloramento rochoso (Fig. 15).



Figura 15 – Exemplos de afloramento rochoso a uma cota superior à estrada e aterros junto à crista da arriba, sobrejacente às formações rochosas.

- Entre o P4 e a futura EE de Santa Clara, tendo por base as sondagens efetuadas para o Rel. 52/2012, o terreno é constituído por aterros, com espessuras que variam entre os 0,70 m e os 4,70 m. Nas S1, S2, S3, S4, S5, S6 e S7 a espessura do aterro apresentou valores de 1,50 m, 4,70 m, 4,30 m, 1,00m, 1,10 m, 0,70 m e 1,50 m, respetivamente (Rel. 52/1012). Abaixo desta formação, o substrato geológico é composto por clinker e/ou rocha. A localização espacial das sondagens efetuadas para o Rel. 52/2012 encontra-se na planta em anexo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram efetuados trabalhos de prospeção geotécnica através da realização de sondagens à rotação e abertura de poços de reconhecimento geológico com vista ao apoio do projeto de execução da ETAR da Nordela e respetivos sistemas gravíticos e elevatórios.

As sondagens mecânicas foram distribuídas pelos terrenos da futura ETAR da Nordela (S1, S2 e S3), futura EE de Santa Clara (S4) e futura EE da Vila Nova (S5). Os poços de reconhecimento do terreno, designados de P1 a P5, foram efetuados entre a futura EE da Vila Nova e a EE de Santa Clara (P1, P2 e P3) e entre a EE de Santa Clara e a futura ETAR da Nordela (P4, P5 e P6), em particular a partir da rua Baden Powell e a avenida da Nordela.

Os produtos vulcânicos atravessados durante a perfuração e/ou poços incluíram as seguintes unidades geológicas e geotécnicas: (1) depósito de aterro (C1), depósitos piroclásticos pomíticos (C2), clinker e/ou basalto (C3) e depósito de litoral (C4).

Para a futura ETAR da Nordela, as adequabilidades dos materiais geológicos vão depender da natureza dos trabalhos a desenvolver (passagem de coletores, poços absorventes, edifício de exploração, etc.). No caso da construção de edificações, considera-se que a unidade geológico-geotécnica (C3), materializada pelas subunidades C3a e C3b, apresenta as melhores características para servir de terreno de fundação, podendo ser adotadas tensões admissíveis entre os 200 e os 500 kPa. No entanto, alerta-se para o facto de caso as fundações assentem no nível de clinker (C3a), uma vez que este material é de difícil caracterização física e mecânica, o desempenho para as cargas previstas no projeto deverá ser aferido. Uma vez que este material apresenta também um elevado índice de vazios, será necessário proceder-se, previamente, a uma compactação eficaz, de modo a evitar assentamentos diferenciais aquando da implantação das infraestruturas. Após a compactação, aconselha-se a que se proceda a uma campanha de ensaios de carga em placa para conferir a obtenção da tensão admissível considerada no projeto de dimensionamento das fundações. Face ao arranjo estrutural dos clastos rochosos existentes na formação C3b, este material denota boas características drenantes.

No caso de ser adotada a formação C2 para solo de fundação, face aos valores obtidos pelos ensaios SPT sobre os depósitos pomíticos (C2), considera-se que a tensão admissível para esta formação não deverá ser superior a 150 kPa.

No terreno da futura ETAR da Nordela não foi detetado qualquer nível de água.

No que toca à EE de Santa Clara, a prospeção realizada apenas identificou duas formações: aterro (C1) e depósito de litoral (C4). No primeiro caso, tendo em consideração a sua génese, este material não apresenta características apropriadas para servir de terreno de fundação a edificações, sendo a formação C4 a mais apropriada, caso a tensão admissível não seja superior a 100 kPa. No local onde foi efetuada a prospeção para apoio da EE de Santa Clara foi detetado

o nível de água do mar a cerca dos 6,0 m de profundidade, dada a proximidade do mesmo ao local.

No que diz respeito à EE da Vila Nova, a prospeção realizada detetou 3 formações: aterro (C1), escoada lávica de natureza basáltica (C3b) e depósito piroclástico pomítico (C2). Pelas mesmas razões apontadas anteriormente, o nível de aterro, com uma espessura na ordem dos 4,00 m, não apresenta características apropriadas para servir de terreno de fundação a edificações. Tendo em consideração as características da bancada rochosa, considera-se que a mesma apresenta as melhores condições de servir de terreno de fundação, podendo ser adotadas tensões admissíveis entre os 200 kPa e os 500 kPa. No local onde foi efetuada a prospeção para apoio à EE da Vila Nova foi detetado o nível de água do mar a cerca dos 4,9 m de profundidade, dada a proximidade do mesmo ao local.

No que se refere ao traçado das condutas elevatórias, estas vão intercalar material de aterro e clinker/rocha, o que irá envolver escavações. Desconhece-se a profundidade de instalação das mesmas. No entanto, caso a escavação seja superior a 1 m, devem ser tomadas as medidas de contenção adequadas das paredes das valas para que os trabalhos ocorram com segurança. Aquando da realização dos poços de reconhecimento não foi detetado qualquer nível de água.

Os materiais referentes às unidades geológicas C1, C2, C3a e C4 poderão ser escavados, na generalidade, com o recurso a meios mecânicos correntes (e.g., retroescavadoras, etc.). A escavabilidade da unidade geológico-geotécnica (C3) poderá ser concretizada, na generalidade, com máquinas giratórias equipadas com martelo pneumático.

Como condicionalismos ao projeto refere-se essencialmente a presença de inúmeras infraestruturas subterrâneas, em particular na rua Eng. Abel Ferin

Coutinho e a 2ª rua de Santa Clara. Para além disso, dada a proximidade da avenida da Nordela e da rua Baden Powell à crista da arriba, os trabalhos de escavabilidade poderão causar problemas de estabilidade, caso sejam aplicadas vibrações excessivas durante a execução dos trabalhos.

BIBLIOGRAFIA

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

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.

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.

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.

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

NP EN 1926 (2008) – “Métodos de ensaio para pedra natural. Determinação da resistência à compressão uniaxial”.

NP EN 1936 (2008) – “Métodos de ensaio para pedra natural. Determinação da massa volumica aparente e porosidade aberta”.

NUNES, J.C. (1991) - Microssismos e neotectónica: contribuição para o seu estudo nos Açores. Tese APCC, Universidade dos Açores, 245 p.

Relatório 52/2012 – Campanha de prospeção geotécnica realizada no terreno de fundação da futura obra de construção da via marginal de ligação – Santa Clara à Relva – 2º Fase. Relatório Técnico – LREC. 36 pp.

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.

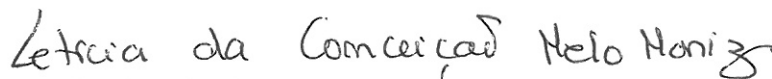
Ponta Delgada, Laboratório Regional de Engenharia Civil, abril de 2017.

AUTORIA



Paulo Alexandre Pimentel Amaral

Doutorado em Geologia, especialidade Vulcanologia

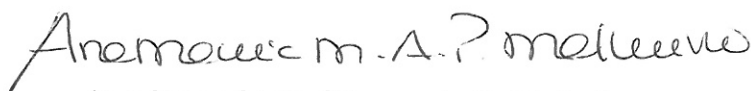


Letícia da Conceição Melo Moniz

Eng^a Civil, Mestre 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**
- **Fotografias das caixas com as amostras recolhidas ao longo da furação**
- **Diagrama das sondagens**
- **Boletins de ensaios**

Localização das sondagens



Planta da localização onde foram realizadas as sondagens geotécnicas e os poços de reconhecimento. Apresenta-se também a localização e a designação das sondagens que fizeram parte do Rel. 52/2012.

Fotografias das caixas com as amostras recolhidas



Fot. 1 – Testemunhos recolhidos na sondagem 1.



Fot. 2 – Testemunhos recolhidos na sondagem 2.



Fot. 3 – Testemunhos recolhidos na sondagem 3.



Fot. 4 – Testemunhos recolhidos na sondagem 4.



Fot. 5 – Testemunhos recolhidos na sondagem 5.

Diagramas de sondagem

REC
LABORATÓRIO REGIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

CLIENTE	Noráqua	COORDENADAS BOCA FURO	EQUIPAMENTO:	Rotatec RL-48
PROJETO	ETAR Nordela e E. Elevatórias	X 613897,688	INCLINAÇÃO:	Vertical
LOCAL	Ponta Delgada	Y 4177950,173	DIÂMETRO FURO:	116 mm
SONDAGEM Nº	S1	Z 55,355		
DATA REALIZAÇÃO	14-02-2017	PROFUNDIDADE MÁXIMA: 10,0 m	NÍVEL DE ÁGUA:	nd

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				DPP – Depósito piroclástico pomítico. Corresponde a intercalações de areias siltosas com cascalhos de natureza pomítica (pedra-pomes). Tons castanho claros. Não denota plasticidade quando húmido.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																

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.

Elaborado por: Paulo Azeite Data 17-04-2018

Verificado por: Amelicio Data 17-04-2017

LABORATÓRIO REGIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

CLIENTE	Noráqua	COORDENADAS BOCA FURO	EQUIPAMENTO:	Rotatec RL-48
PROJETO	ETAR Nordela e E. Elevatórias	X 613952,083	INCLINAÇÃO:	Vertical
LOCAL	Ponta Delgada	Y 4177921,034	DIÂMETRO FURO:	116 mm
SONDAGEM Nº	S2	Z 55,147		
DATA REALIZAÇÃO	16-02-2017	PROFUNDIDADE MÁXIMA: 10,34 m	NÍVEL DE ÁGUA:	nd

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				DPP – Depósito piroclástico pomítico. Corresponde a areias siltosas com cascalhos de natureza pomítica. Tons castanho. A partir dos 3,30 m denota maior concentração de areias e cascalhos pomíticos (pedra-pomes). Não denota plasticidade quando húmido.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										</

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.

Elaborado por: Karel Saezal Data: 17-04-2017

Verificado por: Amorleevo Data 17-04-2017

LABORATÓRIO REGIONAL DE ENGENHARIA CIVIL



DIAGRAMA DE SONDAGEM

CLIENTE	Noráqua	COORDENADAS BOCA FURO	EQUIPAMENTO:	Rotatec RL-48
PROJETO	ETAR Nordela e E. Elevatórias	X 613990,774	INCLINAÇÃO:	Vertical
LOCAL	Ponta Delgada	Y 4177898,629	DIÂMETRO FURO:	101 mm
SONDAGEM Nº	S3	Z 55,32	NÍVEL DE ÁGUA:	nd
DATA REALIZAÇÃO	17-02-2017	PROFUNDIDADE MÁXIMA:	10,0 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. Corresponde a intercalações de areias siltsas com cascalhos de natureza pomítica (pedra-pomes). Tons castanho. Não denota plasticidade quando húmido.														
1																		
2				NSPT Prof. 1,5 m: 2+3+3 Prof. 3,0 m: 8+9+13														
3																		
4				ELB – Escoda lávica de natureza basáltica, com sectores vacuolar e compactos. Textura microporfirica, com plagioclases. Cor cinza. São e com fraturação medianamente afastada (F3) a afastada (F2). Entre os 8,0 m e os 9,0 m apresenta-se com sectores escurecidos, traduzindo-se na presença de clastos rochosos.														
5				Diâmetro do furo: (0,0m - 10,0 m): 116 mm Nível de água não detetado														
6				Fim da sondagem: 10,0 m														
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		

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: P. L. A. L. Data: 27-04-2017

Verificado por: Amelino Data: 17-04-2017

LABORATÓRIO REGIONAL DE ENGENHARIA CIVIL



DIAGRAMA DE SONDAGEM

CLIENTE	Noráqua	COORDENADAS BOCA FURO	EQUIPAMENTO:	Rotatec RL-48
PROJETO	ETAR Nordela e E. Elevatórias	X 616095,738	INCLINAÇÃO:	Vertical
LOCAL	Ponta Delgada	Y 4177144,684	DIÂMETRO FURO:	116 mm
SONDAGEM Nº	S4	Z 6,551	NÍVEL DE ÁGUA:	6,0 m
DATA REALIZAÇÃO	21-02-2017	PROFUNDIDADE MÁXIMA:	9,8 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. Mistura de areias basálticas e pomíticas com blocos rochosos e cascalhos de natureza diversa. Resíduos sólidos. Matriz fina não plástica.														
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
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: Paulo Land Data 17-04-2017

Verificado por: Amaleirao Data 17-04-2017

LABORATÓRIO REGIONAL
DE ENGENHARIA E CIVIL

CLIENTE	Noráqua	COORDENADAS BOCA FURO	EQUIPAMENTO:	Rotatec RL-48
PROJETO	ETAR Nordela e E. Elevatórias	X 616773,504	INCLINAÇÃO:	Vertical
LOCAL	Ponta Delgada	Y 4177318,906	DIÂMETRO FURO:	116 mm
SONDAGEM Nº	S5	Z 4,031		
DATA REALIZAÇÃO	22-02-2017	PROFUNDIDADE MÁXIMA: 10,85 m	NÍVEL DE ÁGUA:	4,9 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.

Elaborado por: Paul Aard Data 17-04-2017

Verificado por: Amelillo Data 17-04-2017

Boletins de Ensaio



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

Visto
O Director do LREC

Francisco S. Fernandes

Requerente: NORAQUA - Consultores de Engenharia, Lda.
Morada: Rua do Monte Cativo, 313, 4050-402 Porto
Obra: SEM OBRA ASSOCIADA
V/Referência: N/Ref n.º 2803/16

Proc. n.º 95

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

DADOS da AMOSTRA

REF. INTERNA:	35176	DATA da EXTRAÇÃO:	14-02-2017 a 14-02-217
REF. EXTERNA:	S1 (7,65 - 8,90m)	DATA de ENTRADA:	14-02-2017
NOME PETROGRÁFICO da PEDRA: Basalto - NOME COMERCIAL: Basalto - NOME do FORNECEDOR: NORAQUA			
ENTIDADE que EFETUOU a AMOSTRAGEM: LREC			
LOCAL da EXTRAÇÃO: Santa Clara (Nordela)			

RESULTADOS dos ENSAIOS

GEOMETRIA:		Cilíndrica	Nº PROVETES:	3 (1)	DATA INÍCIO/ FIM:		03-04-2017 / 10-04-2017			
REF*. do PROVETE		MÉTODO PREP. SUPERFÍCIE	G.NC	DIÂM. (mm)	ALTURA (mm)	MASSA (g)	PESO VOL. (kN/m³)	CARGA de ROTURA (kN)	RESIST. COMP. (MPa)	OBS.
Interna	Externa									
35176.1	3 Compacta	(3)	PI	79	79	1005	25,7	371	76,4	
35176.2	4 Compacta	(3)	PI	79	79	1006	25,8	275	56,5	
35176.3	5 Compacta	(3)	PI	79	79	1014	25,9	402	82,6	

RESISTÊNCIA à COMPRESSÃO MÉDIA (± desvio-padrão) (MPa) :	72 (± 14)	COEFICIENTE de VARIAÇÃO :	0,19
PESO VOLUMICO MÉDIO (± desvio-padrão) (kN/m³) :	25,8 (± 0,11)	COEFICIENTE de VARIAÇÃO :	0,00

- (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 ± 5°C até massa constante. Armazenamento (após secagem): a 20 ± 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.
Rocha Compacta.

Modelo: LREC MC PN02-01- Rev. 01

O Técnico de Laboratório

Pedro Jorge Távares

O Responsável Técnico da UL

Vidália Miranda, Eng.

Visto
O Director de Serviços

José Carlos Oliveira, Eng.

Francisco S. Fernandes

N/Ref n°. 2803/16

Proc. n° 95

DADOS da AMOSTRA

REFª. INTERNA:	35177	DATA da EXTRAÇÃO:	16-02-2017	a	16-02-2017
REFª. EXTERNA:	S2 (5,75 - 6,59m)	DATA de ENTRADA:	16-02-2017		
NOME PETROGRÁFICO da PEDRA: Basalto - NOME COMERCIAL: Basalto - NOME do FORNECEDOR: NORAQUA					
ENTIDADE que EFETUOU a AMOSTRAGEM: LREC					
LOCAL da EXTRAÇÃO: Santa Clara (Nordela)					

RESULTADOS dos ENSAIOS

[illegible]

RESISTÊNCIA à COMPRESSÃO MÉDIA ($\pm$ desvio-padrão) (MPa) :	-	COEFICIENTE de VARIAÇÃO :	-
PESO VOLUMICO MÉDIO ($\pm$ desvio-padrão) (kN/m ³) :	-	COEFICIENTE de VARIAÇÃO :	-

(i) 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). (-) Não aplicável.

OBSERVAÇÕES

CONDICIONAMENTO dos PROJETOS: Secagem: a $70 \pm 5^{\circ}\text{C}$ até massa constante. Armazenamento (após secagem): a $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ até atingirem o equilíbrio térmico. EIXO de CARREGAMENTO: Não aplicável.

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

Modelo: LREC MC PN02-01- Rev. 01

O Técnico de Laboratório

Pedro Jorge TAVARES

O Responsável Técnico da UL

Vidália Miranda, Eng.

Visto
O Director de Serviços

José Carlos Oliveira, Eng



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

Visto
O Director do LREC

Francisco S. Fernandes

Requerente: NORAQUA - Consultores de Engenharia, Lda.
Morada: Rua do Monte Cativo, 313, 4050-402 Porto
Obra: SEM OBRA ASSOCIADA
V/Referência:

N/Ref nº. 2803/16

Proc. nº. 95

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

DADOS da AMOSTRA

REF ^a . INTERNA:	35178	DATA da EXTRAÇÃO:	16-02-2017 a 16-02-2017
REF ^a . EXTERNA:	S2 (7,89 - 9,12m)	DATA de ENTRADA:	16-02-2017
NOME PETROGRÁFICO da PEDRA: Basalto - NOME COMERCIAL: Basalto - NOME do FORNECEDOR: NORAQUA			
ENTIDADE que EFETUOU a AMOSTRAGEM: LREC			
LOCAL da EXTRAÇÃO: Santa Clara (Nordela)			

RESULTADOS dos ENSAIOS

GEOMETRIA:		Nº PROVETES:		2 (1)		DATA INICIO/ FIM:		20-03-2017 / 23-03-2017		
REF ^a . do PROVETE		MÉTODO PREP. SUPERFÍCIE	G.NC	DIÂM. (mm)	ALTURA (mm)	MASSA (g)	PESO VOL. (kN/m³)	CARGA de ROTURA (kN)	RESIST. COMP. (MPa)	OBS.
Interna	Externa									
35178.1	7 Compacta	(3)	Pl,Re,Pa	92	95	1633	25,1	449	67,1	
35178.2	8 Compacta	(3)	Pl,Re	92	95	1663	25,7	178	26,6	

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO MÉDIA (± desvio-padrão) (MPa) :	47 (± 29)	COEFICIENTE de VARIAÇÃO :	0,62
PESO VOLUMICO MÉDIO (± desvio-padrão) (kN/m ³) :	25,4 (± 0,41)	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 (Pl-Planura; Re-Retitude; Pa-Paralelismo).

OBSERVAÇÕES

CONDICIONAMENTO dos PROVETES: Secagem: a 70 ± 5°C até massa constante. Armazenamento (após secagem): a 20 ± 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.
Rocha Compacta.

Modelo: LREC MC PN02-01- Rev. 01

O Técnico de Laboratório

Pedro Jorge Tavares

O Responsável Técnico da UL

Vidália Miranda, Eng.

Visto
O Director de Serviços

José Carlos Oliveira, Eng.



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

Visto
P.º O Director do LREC

Francisco S. Fernandes
Francisco S. Fernandes

Requerente: NORAQUA - Consultores de Engenharia, Lda.
Morada: Rua do Monte Cativo, 313, 4050-402 Porto
Obra: SEM OBRA ASSOCIADA
V/Referência:

N/Ref n.º 2803/16

Proc. n.º 95

MÉTODOS DE ENSAIO PARA PEDRA NATURAL DETERMINAÇÃO DA MASSA VOLÚMICA APARENTE E POROSIDADE ABERTA NP EN 1936:2008 (Secção 8.1)

AMOSTRAGEM

AMOSTRA N.º:	35175	DATA de ENTRADA:	14-02-2017
DATA da EXTRAÇÃO:	14-02-2017	REF.ª EXTERNA:	S1 (6,40 - 7,65m)
NOME PETROGRÁFICO da PEDRA: Basalto - NOME COMERCIAL da PEDRA: Basalto - FORNECEDOR: NORAQUA - Consultores de Engenharia, Lda.			
ENTIDADE que a EFETUOU: LREC			
LOCAL da EXTRAÇÃO: Santa Clara (Nordela)			
ACABAMENTO da SUPERFÍCIE: Não Aplicável.			
DIREÇÃO dos PLANOS de ANISOTROPIA: Não Aplicável			

RESULTADOS dos ENSAIOS

GEOMETRIA:		Cilindrica		Nº PROVETES:		2 ⁽¹⁾		DATA INICIO/ FIM:		09-03-2017 / 17-03-2017	
Nº PROVETE	REF. EXTERNA	DIÂMETRO [mm]	ALTURA [mm]	MASSA VOLUMICA APARENTE [kg/m³]		POROSIDADE ABERTA [%]		Obs.			
				Individuais	Médio	Individuais	Médio				
35175.1	1 Vacuolar	92,5	95,1	2250	2330	18,3	15,3	b),			
35175.2	2 Vacuolar	92,5	95,2	2400		12,2		b),			

(1) Foram utilizados para o ensaio um número inferior a 6 provetes.

OBSERVAÇÕES

b) A razão entre a sua área total e o seu volume não se encontra compreendida entre 0,08 e 0,20 (1/mm). Rocha Vacuolar.

OUTROS DESVIOS À NORMA: Não foi possível manter a depressão normalizada (20±7mbar) durante a introdução de água excedendo o limite superior em 1 mbar.

Modelo: LREC MC PN05-01 - Rev. 01

O Técnico de Laboratório

Luís Manuel Pereira Duarte Medeiros Borge:

O Responsável Técnico da UL

Vidália Miranda, Eng.

Visto
O Director de Serviços

José Carlos Oliveira, Eng.



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

Visto
P6 O Director do LREC

Francisco S. Fernandes
Francisco S. Fernandes

Requerente: NORAQUA - Consultores de Engenharia, Lda.
Morada: Rua do Monte Cativo, 313, 4050-402 Porto
Obra: SEM OBRA ASSOCIADA
V/Referência: N/Ref n.º 2803/16 Proc. n.º 95

MÉTODOS DE ENSAIO PARA PEDRA NATURAL DETERMINAÇÃO DA MASSA VOLÚMICA APARENTE E POROSIDADE ABERTA NP EN 1936:2008 (Secção 8.1)

AMOSTRAGEM

AMOSTRA N.º:	35176	DATA de ENTRADA:	14-02-2017
DATA da EXTRAÇÃO:	14-02-2017	REF.ª. EXTERNA:	S1 (7,65 - 8,90m)
NOME PETROGRÁFICO da PEDRA: Basalto - NOME COMERCIAL da PEDRA: Basalto - FORNECEDOR: NORAQUA - Consultores de Engenharia, Lda.			
ENTIDADE que a EFETUOU: LREC			
LOCAL da EXTRAÇÃO: Santa Clara (Nordela)			
ACABAMENTO da SUPERFÍCIE: Não Aplicável			
DIREÇÃO dos PLANOS de ANISOTROPIA: Não Aplicável			

RESULTADOS dos ENSAIOS

GEOMETRIA: Cilindrica		Nº PROVETES: 2 ⁽¹⁾		DATA INICIO/ FIM: 21-03-2017 / 24-03-2017					
Nº PROVETE	REFª. EXTERNA	DIÂMETRO [mm]	ALTURA [mm]	MASSA VOLUMICA APARENTE [kg/m³]		POROSIDADE ABERTA [%]		Obs.	
				Individuais	Médio	Individuais	Médio		
35176.1	3 Compacta	78,7	78,8	2640	2640	7,6	7,7		
35176.2	4 Compacta	78,7	78,7	2630		7,7			

(1) Foram utilizados para o ensaio um número inferior a 6 provetes.

OBSERVAÇÕES

Rocha Compacta.

OUTROS DESVIOS À NORMA: Não foi possível manter a depressão normalizada (20±7mbar) durante a introdução de água, excedendo o limite superior em 1 mbar.

Modelo: LREC MC PN05-01 - Rev. 01

O Técnico de Laboratório

Luís Manuel Pereira Duarte Medeiros Borge
Luís Manuel Pereira Duarte Medeiros Borge

O Responsável Técnico da UL

Vidália Miranda
Vidália Miranda, Eng.

Visto
O Director de Serviços

José Carlos Oliveira
José Carlos Oliveira, Eng.



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

Visto

P/B Director do LREC

Anomallero

Francisco S. Fernandes

Requerente: NORAQUA - Consultores de Engenharia, Lda.
Morada: Rua do Monte Cativo, 313, 4050-402 Porto
Obra: SEM OBRA ASSOCIADA
V/Referência:

N/Ref n.º 2803/16

Proc. n.º 95

MÉTODOS DE ENSAIO PARA PEDRA NATURAL DETERMINAÇÃO DA MASSA VOLÚMICA APARENTE E POROSIDADE ABERTA NP EN 1936:2008 (Secção 8.1)

AMOSTRAGEM

AMOSTRA N.º:	35179	DATA de ENTRADA:	17-02-2017
DATA da EXTRAÇÃO:	17-02-2017	REFª. EXTERNA:	S3 (3,00 - 4,50m)
NOME PETROGRÁFICO da PEDRA: Basalto - NOME COMERCIAL da PEDRA: Basalto - FORNECEDOR: NORAQUA - Consultores de Engenharia, Lda.			
ENTIDADE que a EFETUOU: LREC			
LOCAL da EXTRAÇÃO: Santa Clara (Nordela)			
ACABAMENTO da SUPERFÍCIE: Não Aplicável			
DIREÇÃO dos PLANOS de ANISOTROPIA: Não Aplicável			

RESULTADOS dos ENSAIOS

GEOMETRIA:		Cilindrica	Nº PROVETES:		3 ⁽¹⁾		DATA INICIO/ FIM:		27-03-2017 / 28-03-2017	
Nº PROVETE	REF. EXTERNA	DIÂMETRO [mm]	ALTURA [mm]	MASSA VOLUMICA APARENTE [kg/m³]		POROSIDADE ABERTA [%]		Obs.		
				Individuais	Médio	Individuais	Médio			
35179.1	9 Vacuolar	78,4	79,5	2350	2380	16,4	16,5			
35179.2	10 Vacuolar	78,5	79,2	2370		16,5				
35179.3	11 Vacuolar	78,6	79,1	2410		16,7				

(1) Foram utilizados para o ensaio um número inferior a 6 provetes.

OBSERVAÇÕES

Rocha Vacuolar.

OUTROS DESVIOS À NORMA: Não foi possível manter a depressão normalizada (20±7mbar) durante a introdução de água excedendo o limite superior em 1 mbar.

Modelo: LREC MC PN05-01 - Rev. 01

O Técnico de Laboratório

Luís Manuel Pereira Duarte Medeiros Borge:

O Responsável Técnico da UL

Vidália Miranda, Eng.

Visto

O Director de Serviços

José Carlos Oliveira, Eng.



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

Visto
Pó Director do LREC

Francisco S. Fernandes
Francisco S. Fernandes

Requerente: NORAQUA - Consultores de Engenharia, Lda.
Morada: Rua do Monte Cativo, 313, 4050-402 Porto
Obra: SEM OBRA ASSOCIADA
V/Referência: N/Ref nº. 2803/16 Proc. nº. 95

MÉTODOS DE ENSAIO PARA PEDRA NATURAL DETERMINAÇÃO DA MASSA VOLÚMICA APARENTE E POROSIDADE ABERTA NP EN 1936:2008 (Secção 8.1)

AMOSTRAGEM

AMOSTRA Nº:	35180	DATA de ENTRADA:	22-02-2017
DATA da EXTRAÇÃO:	22-02-2017	REFª. EXTERNA:	S5 (4,03 - 5,26m)
NOME PETROGRÁFICO da PEDRA: Basalto - NOME COMERCIAL da PEDRA: Basalto - FORNECEDOR: NORAQUA - Consultores de Engenharia, Lda.			
ENTIDADE que a EFETUOU: LREC			
LOCAL da EXTRAÇÃO: Santa Clara (Nordela)			
ACABAMENTO da SUPERFÍCIE: Não Aplicável			
DIREÇÃO dos PLANOS de ANISOTROPIA: Não Aplicável			

RESULTADOS dos ENSAIOS

GEOMETRIA: Cilindrica		Nº PROJETES: 3 ⁽¹⁾		DATA INICIO/ FIM: 09-03-2017 / 21-03-2017				
Nº PROJETE	REFª. EXTERNA	DIÂMETRO [mm]	ALTURA [mm]	MASSA VOLUMICA APARENTE [kg/m³]		POROSIDADE ABERTA [%]		Obs.
				Individuais	Médio	Individuais	Médio	
35180.1	12 Vacuolar	92,1	94,9	2160	2180	25,1	25,3	b),
35180.2	13 Vacuolar	92,2	94,4	2150		26,1	b),	
35180.3	14 Vacuolar	92,2	95,5	2230		24,6	b),	

(1) Foram utilizados para o ensaio um número inferior a 6 provetes.

OBSERVAÇÕES

b) A razão entre a sua área total e o seu volume não se encontra compreendida entre 0,08 e 0,20 (1/mm). Rocha Vacuolar.

OUTROS DESVIOS À NORMA: Não foi possível manter a depressão normalizada (20±7mbar) durante a introdução de água, excedendo o limite superior em 2 mbar.

Modelo: LREC MC PN05-01 - Rev. 01

O Técnico de Laboratório

Manuel Pereira Duarte Medeiros Borge
Luís Manuel Pereira Duarte Medeiros Borge

O Responsável Técnico da UL

Vidália Miranda
Vidália Miranda, Eng.

Visto
O Director de Serviços

José Carlos Oliveira
José Carlos Oliveira, Eng.