



REGIÃO AUTÓNOMA DOS AÇORES

**SECRETARIA REGIONAL DO TURISMO, MOBILIDADE E INFRAESTRUTURAS**  
**LABORATÓRIO REGIONAL DE ENGENHARIA CIVIL**  
**SERVIÇO DE GEOTECNIA, SUSTENTABILIDADE E PROSPEÇÃO**

**ESTUDO GEOLÓGICO E GEOTÉCNICO**  
**PARA A NOVA UNIDADE DE SAÚDE DE**  
**SÃO ROQUE E LIVRAMENTO**

**RELATÓRIO 88/2023**

Trabalho realizado para  
Direção Regional das Obras Públicas  
Ponta Delgada, setembro de 2023



REGIÃO AUTÓNOMA DOS AÇORES

**SECRETARIA REGIONAL DO TURISMO, MOBILIDADE E INFRAESTRUTURAS  
LABORATÓRIO REGIONAL DE ENGENHARIA CIVIL**

**SERVIÇO DE GEOTECNIA, SUSTENTABILIDADE E PROSPEÇÃO**

**ESTUDO GEOLÓGICO E GEOTÉCNICO PARA A NOVA UNIDADE DE SAÚDE DE SÃO  
ROQUE E LIVRAMENTO**

---

**IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO**

---

Relatório ID: LREC/SGSP – RELATÓRIO 88/2023  
Proc. ID: Proc. 541  
LREC/CD - Cota ID: 624.131  
M216e  
Autor(s) ID: Ana Maria Mota de Albergaria Pacheco Malheiro  
Geóloga, Mestre em Vulcanologia e Riscos Geológicos  
Filipe Miguel Palma Santos Passos Marques  
Eng. Civil, Mestre em Georrecursos  
Visto(s) ID: A Diretora do Serviço de Geotecnia, Sustentabilidade e Prospeção  
Ana Maria Mota de Albergaria Pacheco Malheiro  
O Diretor do Laboratório Regional de Engenharia Civil  
Francisco de Sousa Fernandes

---

## Índice

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>ENQUADRAMENTO GERAL DA ÁREA .....</b>	<b>5</b>
2.1	Localização .....	5
2.2	Geologia e tectónica.....	6
<b>3</b>	<b>TRABALHOS DESENVOLVIDOS .....</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E GEOTÉCNICA: RESULTADOS OBTIDOS.....</b>	<b>15</b>
4.1	Unidades geológicas e geotécnicas.....	15
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>17</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>21</b>

# **ESTUDO GEOLÓGICO E GEOTÉCNICO PARA A NOVA UNIDADE DE SAÚDE DE SÃO ROQUE E LIVRAMENTO**

## **1 INTRODUÇÃO**

Foi solicitado ao Laboratório Regional de Engenharia Civil (LREC), pela Direção Regional de Obras Publicas por SGC datado de 16-01-2023, um estudo geológico e geotécnico para apoio ao projeto de construção do edifício para a nova Unidade de Saúde de São Roque e Livramento, na ilha de São Miguel.

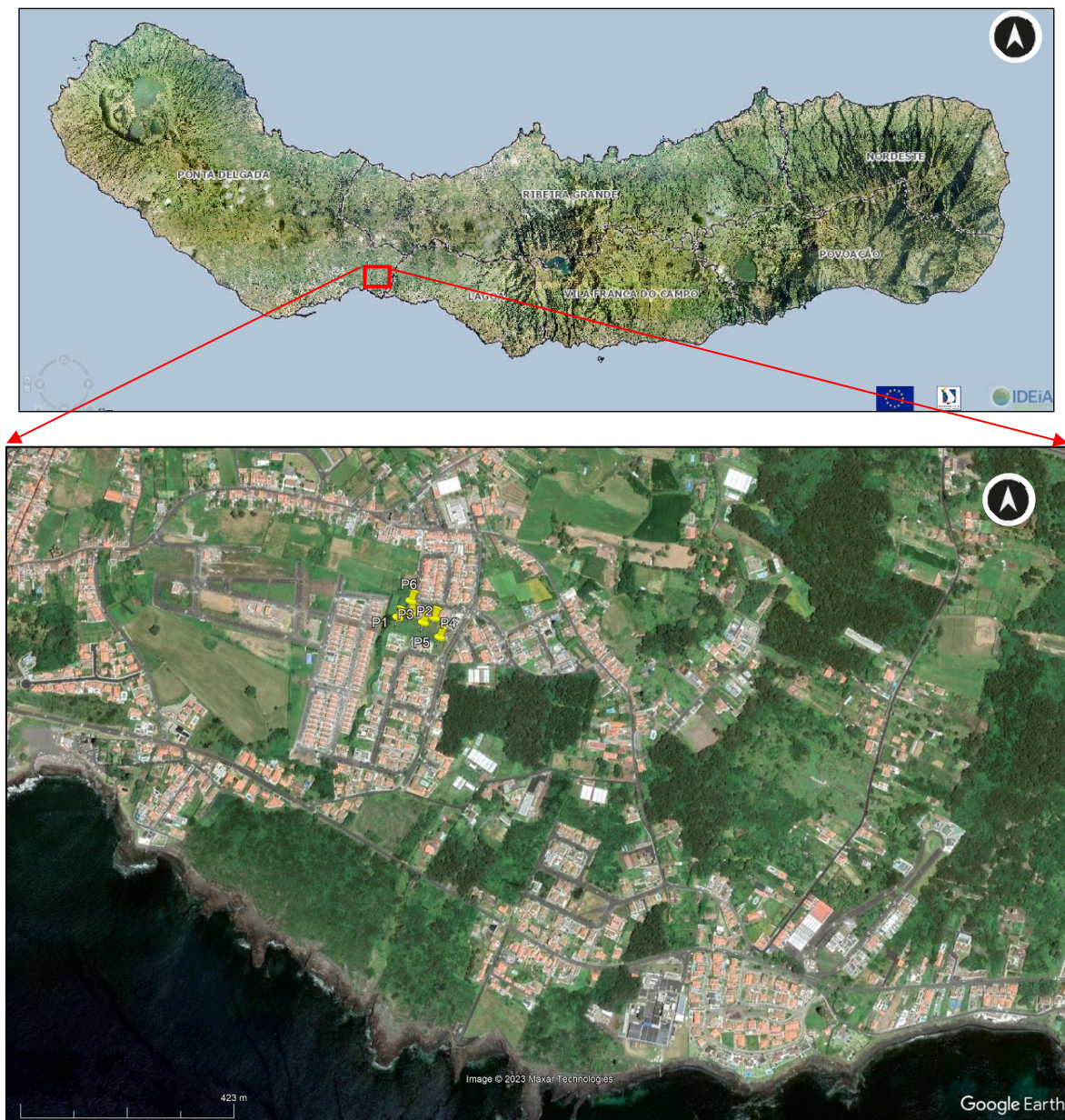
Por motivos de o terreno não se encontrar disponível, o trabalho de campo só aconteceu no passado dia 23-08-2023. A caracterização geológica das litologias ocorrentes foi efetuada por poços de observação.

Neste documento efetua-se uma descrição do ponto de vista macroscópico da constituição geológica ocorrente e são definidas as unidades geológicas e geotécnicas de interesse. Por fim, tecem-se algumas considerações de âmbito geotécnico.

## 2 ENQUADRAMENTO GERAL DA ÁREA

### 2.1 Localização

O terreno em questão localiza-se na cidade da Ribeira Grande, na costa norte da ilha de S. Miguel (Fig.1).



**Figura 1** – Localização da área em análise (a vermelho) (Website: SIGEndA – Sistema de informação geográfica de endereços dos Açores e Google *Earth* (Jun. 2022), respetivamente).

## 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 incluindo formas e produtos vulcânicos gerados na sequência do vulcanismo fissural, de carácter básico.

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 correspondem, para além dos piroclastos basálticos (s.l.) (escórias vulcânicas), a escoadas lávicas de natureza basáltica (s.l.) emitidas a partir dos referidos cones monogenéticos.

Durante o seu processo de instalação, as escoadas lávicas 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). Normalmente, este material encontra-se mal graduado. 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 de natureza traquítica (s.l.), com dimensões variadas desde os siltes aos cascalhos, provenientes essencialmente de erupções explosivas ocorridas no maciço vulcânico das Sete Cidades e do Fogo.

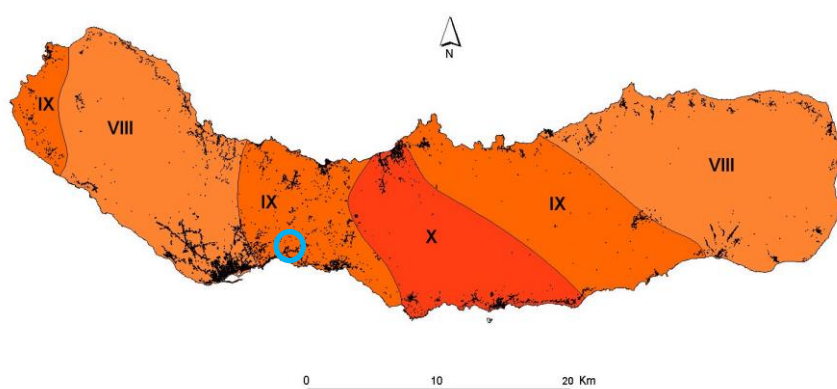
Na área de estudo, em particular no setor E da freguesia do Livramento, desde o Pico do Fogo até ao mar, ocorrem derrames lávicos recentes provenientes da erupção histórica de 1652 com origem no Pico do Fogo. Tais derrames lávicos

cobrem grande parte da zona e constituem o material de superfície predominante. 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, notando-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 grau IX (Fig. 2).

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/s<sup>2</sup>. 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.



**Figura 2** – Carta de intensidades máximas históricas para a ilha de S. Miguel (Silveira, 2002). Zona em estudo assinalada a azul.

### 3 TRABALHOS DESENVOLVIDOS

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

- Abertura de seis poços de observação, doravante designados de P1 a P6, para reconhecimento das formações geológicas ocorrentes;
- Identificação e caracterização geológica dos materiais intersetados nos poços de observação;
- Interpretação dos resultados.

Inicialmente previu-se a realização de ensaios laboratoriais e de ensaios de campo (ensaios de carga em placa), contudo, devido à natureza do material detetado (clinker grosseiro e basalto), a execução destes ensaios não foi possível.

Os poços de observação foram abertos com recurso a uma retroescavadora. As profundidades de abertura situaram-se entre os 1,3 m (no P5) e os 2,7 m (nos P1 P2). Todos os poços foram dados por concluídos pela presença de escoada lávica de natureza basáltica que impediu a progressão da abertura por aquela via, ou por dificuldade de progressão da abertura do poço devido ao material desagregado. Em nenhum dos poços foi observada a existência de nível freático.

A localização dos poços está ilustrada na planta em anexo. As coordenadas e as profundidades alcançadas nos poços de observação são indicadas no Quadro I.

Nos quadros II a VII apresenta-se a descrição litoestratigráfica do terreno ocorrente na abertura dos poços de observação, acompanhada por um registo fotográfico.

**Quadro I** – Localização planimétrica e profundidade máxima alcançada nos poços de observação.

Poço nº	Latitude	Longitude	Profundidade alcançada (m)
P1	37,752949	-25.610699	2,7
P2	37,753033	-25.610411	2,7
P3	37,752854	-25.610128	2,6
P4	37,752921	-25.609866	2,3
P5	37,752586	-25.609741	1,3
P6	37,753246	-25.610401	2,3

**Quadro II** - Descrição do poço de observação P1.

Nº Poço		Prof. Máxima alcançada (m)	Presença de água	Data de realização
P1		2,7	Não	23-08-2023
Profundidades (m)		Descrição geológica do terreno		
0,0	1,2	Aterro: Mistura de clinker com solo areno-siltoso, blocos grandes e resíduos de construções (lajetas de betão, chapas metálicas, etc) e outro lixo.		
1,2	2,7	Clinker, com granulometria muito heterogénea e por vezes com blocos de grandes dimensões (> 50 cm).		
> 2,7		Basalto		

Observações:



Figura 4 - Vista do interior do P1 e do respetivo material.

**Quadro III** - Descrição do poço de observação P2.

Nº Poço		Prof. Máxima alcançada (m)	Presença de água	Data de realização
P2		2,7	Não	23-08-2023
Profundidades (m)		Descrição geológica do terreno		
0,0	2,7	Aterro: Mistura de clinker com solo areno-siltoso, blocos grandes e resíduos de construções (lajetas de betão, chapas metálicas, etc) e outro lixo.		

**Observações:**



**Figura 5** - Vista do interior do P2 e do respetivo material.

**Quadro IV - Descrição do poço de observação P3**

Nº Poço		Prof. Máxima alcançada (m)	Presença de água	Data de realização
P3		2,6	Não	23-08-2023
Profundidades (m)		Descrição geológica do terreno		
0,0	0,9	Aterro: Mistura de clinker com solo areno-siltoso, blocos grandes e resíduos de construções (lajetas de betão, chapas metálicas, etc) e outro lixo.		
0,9	2,6	Clinker, com granulometria muito heterogénea e por vezes com blocos de grandes dimensões (> 50 cm).		
> 2,6		Basalto		
Observações:				
<div></div> <div></div>				

**Figura 6** - Vista do interior do P3 e do respetivo material.

**Quadro V** - Descrição do poço de observação P4.

Nº Poço		Prof. Máxima alcançada (m)	Presença de água	Data de realização
P4		2,3	Não	23-08-2023
Profundidades (m)		Descrição geológica do terreno		
0,0	0,2	Aterro: Mistura de clinker com solo areno-siltoso, blocos grandes e resíduos de construções (lajetas de betão, chapas metálicas, etc) e outro lixo.		
0,2	2,3	Clinker, com granulometria muito heterogénea e por vezes com blocos de grandes dimensões (> 50 cm).		
> 2,3		Basalto		

**Observações:**



**Figura 7** - Vista do interior do P4 e do respetivo material.

**Quadro VI** - Descrição do poço de observação P5.

Nº Poço		Prof. Máxima alcançada (m)	Presença de água	Data de realização
P5		1,3	Não	23-08-2023
Profundidades (m)		Descrição geológica do terreno		
0,0	0,2	Aterro: Mistura de clinker com solo areno-siltoso, blocos grandes e resíduos de construções (lajetas de betão, chapas metálicas, etc) e outro lixo.		
0,2	1,3	Clinker, com granulometria muito heterogênea e por vezes com blocos de grandes dimensões (> 50 cm).		
1,3		Basalto		

**Observações:**



**Figura 8** - Vista do interior do P5 e do respetivo material.

**Quadro VII** - Descrição do poço de observação P6.

Nº Poço		Prof. Máxima alcançada (m)	Presença de água	Data de realização
P6		2,3	Não	23-08-2023
Profundidades (m)		Descrição geológica do terreno		
0,0	2,3	Aterro: Mistura de clinker com solo areno-siltoso, blocos grandes e resíduos de construções (lajetas de betão, chapas metálicas, etc) e outro lixo.		

**Observações:**



**Figura 9** - Vista do interior do P6 e do respetivo material.

## **4 CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E GEOTÉCNICA: RESULTADOS OBTIDOS**

### **4.1 Unidades geológicas e geotécnicas**

Com base nas observações dos poços realizados, pode considerar-se que o terreno em questão é constituído, até às profundidades prospetadas, por 2 formações geológicas:

**C1** – Solos superficiais (aterros)

**C2** – Clinker (C2a) / Basalto (s.l.) (C2b)

#### **Unidade geológica C1 – Solos superficiais (aterros)**

No geral, são materiais que terão sido depositados com vista à regularização da superfície topográfica do terreno, uma vez que devido ao tipo de formação existente (escoadas lávicas com clinker), deveria ser muito irregular. Não denotam plasticidade quando húmidos e apresentam tons acastanhados. Esta unidade apresenta espessuras variáveis (entre os 0,20 m e mais de 2,70 m), sendo por vezes difícil delimitar a sua separação com o clinker natural, uma vez que grande parte do material de aterro consiste, ele próprio, em clinker. De qualquer forma, pela presença de alguns resíduos de construção, delimitou-se a separação entre o terreno natural e o material depositado.

#### **C2 – Clinker (C2a) / Basalto (C2b)**

A unidade geológica e geotécnica C2 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: **C2a** e **C2b**.

A subunidade C2a corresponde ao Clinker e encontra-se subjacente à unidade C1. Vulgarmente designado de “burgalhau”, corresponde a fragmentos rochosos irregulares da dimensão do cascalho e dos blocos, por vezes misturados com areias de natureza basáltica e corresponde ao topo ou à base de uma escoada lávica. Apresenta-se, no geral, mal graduado. Normalmente esta formação apresenta características permeáveis face ao arranjo estrutural existente.

Quanto ao basalto (s.l.), atendendo ao meio de prospeção utilizado (abertura de poços), não foi possível observar as suas características, bem como espessuras. No entanto, pelo conhecimento da geologia da zona, pode considerar-se que as escoadas lávicas, de cor cinzenta, poderão apresentar-se sãs a pouco alteradas, medianamente fraturadas e geralmente compactas (pouco a medianamente porosas).

O basalto foi detetado na maioria dos poços (com exceção dos P1 e P6), a profundidades que variaram dos 1,3 m (no P5) até aos 2,7 m (no P1).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi solicitado ao Laboratório Regional de Engenharia Civil, pela Direção Regional de Obras Publicas, a realização de um estudo geológico e geotécnico do terreno onde se pretende construir a nova Unidade de Saúde de São Roque e do Livramento, na ilha de São Miguel.

O estudo geológico e geotécnico compreendeu a caracterização geológica através da realização de poços de observação não tendo sido possível a realização de ensaios de carga em placa nem ensaios laboratoriais dada a natureza das formações encontradas.

A superfície topográfica do terreno é bastante irregular, podendo observar-se a existência de algumas elevações provavelmente resultantes de deposição de algum material de entulho/aterro (Fig. 10). Nesses depósitos de material observam-se, por vezes, alguns blocos rochosos de grandes dimensões (Fig. 11).

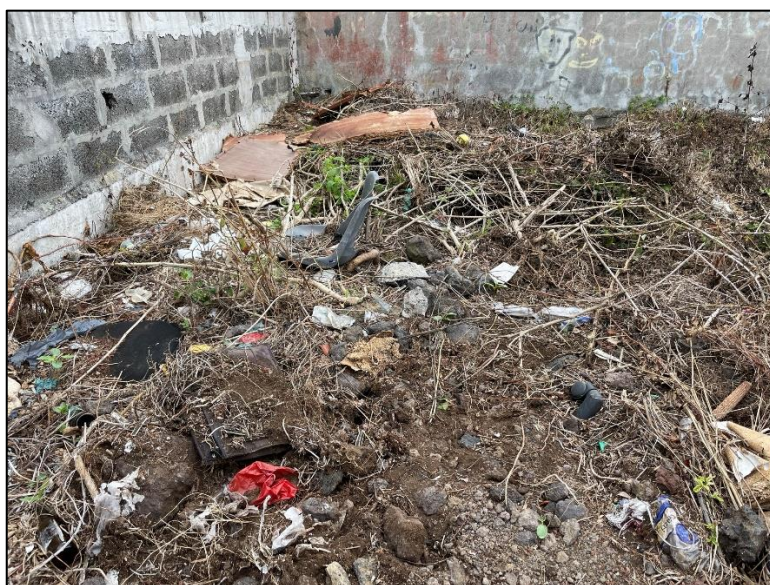


**Figura 10** – Aspeto de uma das elevações existentes no terreno resultantes da deposição de material de aterro/entulho.



**Figura 11** – Blocos rochosos de maiores dimensões nos depósitos de aterro.

De referir também a existência de algum lixo disperso um pouco por todo o terreno (Fig. 12).



**Figura 12** – Aspeto do lixo que se pode observar um pouco por todo o terreno.

A abertura de seis poços de observação permitiu identificar duas unidades geológicas e geotécnicas: C1 – Aterros e C2 – Clinker / Basalto.

A unidade geológica e geotécnica C1 é constituída por aterros em que o material predominante é o clinker. Este surge misturado com algum solo areno-siltoso e com resíduos de construção (lajetas de betão, chapas metálicas, e outro tipo de lixo).

De referir que todo este material foi depositado sem qualquer cuidado pelo que se observam, por vezes, vazios de dimensões significativas (Fig. 13), daí também a importância da remoção de toda esta camada de material.



**Figura 13** – Um dos vazios observados no P6, resultante da deposição de entulho.

A unidade geológica e geotécnica C2 encontra-se dividida em duas subunidades: C2a (clinker) e C2b (basalto).

Os solos superficiais (aterros), pelas suas características não são adequados para servirem de terreno de fundação, pelo que devem ser removidos.

Assim sendo, recomenda-se que as fundações do edifício a construir assentem no clinker, ou, preferencialmente, no basalto.

Porém, no caso do nível de basalto (C2b) surgir a uma cota demasiadamente profunda e se optar por fundar sobre a unidade C2a (clinker), esta deverá ser previamente compactada, atendendo ao elevado índice de vazios que este material normalmente exhibe.

Considerando a situação de a cota de fundação ser feita apenas sobre o nível de clinker e deste ter uma espessura média superior a 1,20 m, deverá considerar-se como tensões admissíveis para as sapatas valores na ordem dos 200 kPa e módulos de deformabilidade de 30 MPa.

Recomenda-se que os elementos de fundação, sempre que possível, assentem num mesmo tipo de formação, por forma a obter-se um melhor comportamento da estrutura. Tendo esta ideia em mente, eventualmente uma solução para as fundações do edifício, poderá passar pela execução de pegões que assentem diretamente no estrato rochoso.

No caso de os elementos de fundação assentarem diretamente sobre rocha ou sobre uma camada de clinker ou de um outro material de regularização, com uma espessura média inferior a 0,60 m, que assente diretamente sobre rocha, poderão considerar-se tensões admissíveis de 300 kPa e módulos de 100 MPa.

No que diz respeito à escavabilidade, tendo em atenção os elementos referidos, prevê-se que as formações **C1 e C2a** possam ser totalmente escaváveis com equipamentos mecânicos de menor potência (retroescavadoras, pás escavadoras, etc.) até à utilização de máquinas giratórias com potência de 150 CV ou 108kW (equivalente a uma máquina do tipo Cat 225C), com balde com capacidade mínima de 2m<sup>3</sup>, equipadas com ripper e martelo demolidor e/ou de tratores pesados de rasto equipados de ripper.

Em relação à escavabilidade da formação **C2b** (Basalto s.l.), antevê-se que a mesma só possa ser removida com recurso a máquinas giratórias com potência de 150 CV ou 108kW (equivalente a uma máquina do tipo Cat 225C), com balde com capacidade mínima de 2m<sup>3</sup>, equipadas com ripper e martelo demolidor e/ou de tratores pesados de rasto equipados de ripper.

Finalmente, é de referir que não foi detetado qualquer nível de água até às profundidades alcançadas nesta campanha de prospeção geotécnica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CIVISA (2009). Base de dados do Centro de Informação e Vigilância Sismo vulcânica dos Açores. Centro de Vulcanologia e Avaliação de Riscos Geológicos da Universidade dos Açores.
- CARMO, R. (2013). Estudo da neotectónica na ilha de S. Miguel. Uma contribuição para o estudo do risco sísmico no arquipélago dos Açores. Tese de doutoramento. Departamento de Geociências. Universidade dos Açores, pp 306.
- 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.
- ZBYSZEWSKI, G., FERREIRA, O.V. & TORRE DE ASSUNÇÃO, C. (1959). Carta Geológica de Portugal na escala 1:50000. Notícia explicativa da folha A, S. Miguel (Açores). Publ. Serv. Geol. de Portugal, 22 p. Lisboa.

Ponta Delgada, Laboratório Regional de Engenharia Civil, setembro de 2023.

## AUTORIA

Ana Maria Mota de Albergaria Pacheco Malheiro  
*Geóloga, Mestre em Vulcanologia e Riscos Geológicos*

Filipe Miguel Palma Santos Passos Marques  
*Eng.º Civil, Mestre em Georrecursos*

## VISTOS

A Diretora do Serviço de  
Geotecnia, Sustentabilidade e Prospeção

Ana Maria Mota Albergaria P. Malheiro

O Diretor do LREC

Francisco de Sousa Fernandes

# **ANEXO**

Localização dos poços realizados

