

Projeto das Medidas de Manutenção, Recuperação e Reposição dos Solos

**Central Solar Fotovoltaica Híbrida “Lagoa
Poente”**

Santa Cruz, Lagoa - Açores



**Azores PV & BESS Parque Solar Santa Cruz
Lagoa São Miguel Poente, Unipessoal Lda**

Maio de 2024

Informação sobre o documento e autores

Azores PV & BESS Parque Solar Santa Cruz Lagoa São Miguel
Poente, Unipessoal Lda

Promotor

Rua Almirante Gago Coutinho No 24 (A/C Branco & Carreiro Lda)
9680-117 Vila Franca do Campo
✉ 914 640 844 ✉ anton@força.pt

Descrição do Documento

Projeto das Medidas de Manutenção, Recuperação e Reposição
dos Solos | Central Solar Fotovoltaica Híbrida “Lagoa Poente” -
Santa Cruz, Lagoa - Açores

Versão

1.0

Referência do Ficheiro

RTXXIV_16_PRAR_APVLW

N.º de Páginas

37

Execução do Estudo

LabGeo – Engenharia e Geotecnologia
Estrada dos Portões Vermelhos, 20
9650-450 Rosário, Lagoa
✉ 96 373 02 87 ✉ info@labgeo.pt

Autores

Diogo Caetano
Adriano Pacheco
Rúben Cabral

Outras Contribuições

Carla Cordeiro

Diogo Caetano
Geólogo, Mestre em Ordenamento do Território e Planeamento Ambiental

Responsável pelo Estudo

Data

Maio de 2024

Índice

1	Introdução	1
1.1	Identificação do Projeto, Proponente e Entidades Licenciadoras.....	1
2	Enquadramento e Síntese do Projeto	3
2.1	Enquadramento Geográfico	3
2.2	Objetivo e Justificação do Projeto	3
2.3	Principais Características Técnicas	4
2.4	Implantação Prevista	6
2.5	Sistemas de Drenagem e Minimização de Riscos.....	8
2.6	Infraestruturas e Redes	9
2.6.1	Abastecimento de Água	9
2.6.2	Eletricidade e Telecomunicações	9
2.7	Fases e Duração do Projeto.....	9
2.8	Projetos Complementares	10
3	Situação de Referência	11
3.1	Reserva Agrícola Regional.....	11
3.2	Geologia e Geomorfologia	12
3.2.1	Zonamento Geológico.....	13
3.2.2	Quantificação de Solos.....	15
3.3	Pedologia.....	15
3.4	Capacidade de Uso do Solo	17
3.5	Ocupação do Solo	18
3.6	Erosão do Solo	20
4	Identificação de Impactes Significativos do Projeto.....	22

4.1 Impactes do Projeto nos Solos e RAR	22
4.1.1 Fase de Construção.....	23
4.1.2 Fase de Exploração.....	24
4.1.3 Fase de Desativação.....	25
5 Evolução da Situação de Referência na Ausência do Projeto	26
6 Medidas de Minimização	27
7 Considerações Finais	29
8 Bibliografia	30

Índice de Figuras

Figura 2.1 Enquadramento geográfico da área do projeto (IGeoE, 2002; https://ot.azores.gov.pt/Informacao-Geografica.aspx?ilha=saoalice)	3
Figura 2.2 Planta geral prevista do empreendimento (Elemento do Pedido de Informação Prévia, disponibilizado pelo promotor - © Millenniarch)	5
Figura 2.3 Plantas Gerais dos Acessos, Arruamentos e Subestações (Elemento do Pedido de Informação Prévia, disponibilizado pelo promotor - © Millenniarch)	6
Figura 2.4 Detalhes da subestação e do inversor (Elemento do Pedido de Informação Prévia, disponibilizado pelo promotor - © Millenniarch)	7
Figura 2.5 Detalhes da BESS e transformador (Elemento do Pedido de Informação Prévia, disponibilizado pelo promotor - © Millenniarch)	7
Figura 2.6 Plantas com pormenor da instalação dos painéis solares (Elemento do Pedido de Informação Prévia, disponibilizado pelo promotor - © Millenniarch)	8
Figura 2.7 Plantas com pormenor da vedação a instalar (Elemento do Pedido de Informação Prévia, disponibilizado pelo promotor - © Millenniarch)	8
Figura 3.1 Enquadramento da área do projeto no contexto da carta da Reserva Agrícola Regional (base geográfica de http://sig-sraa.azores.gov.pt/)	11
Figura 3.2 Enquadramento do local do projeto no contexto geomorfológico da ilha de São Miguel (adaptado de Zbyszewski, 1961)	12
Figura 3.3 Cartografia litológica da área do projeto e envolvente (adaptado de Moore, 1991; base geográfica de https://ot.azores.gov.pt/Informacao-Geografica.aspx?ilha=saoalice)	13
Figura 3.4 Representação esquemática da localização dos poços de inspeção realizados em “Lagoa Poente” sobre ortofotomapta (base https://ot.azores.gov.pt/Informacao-Geografica.aspx?ilha=saoalice)	14
Figura 3.5 Enquadramento da área de estudo no contexto da pedologia da ilha de São Miguel (adaptado de Ricardo <i>et al.</i> , 1977)	16
Figura 3.6 Enquadramento da área do projeto no contexto da capacidade de uso do solo da ilha de São Miguel (adaptado de Sampaio <i>et al.</i> , 1987; base geográfica de http://sig-sraa.azores.gov.pt/)	18
Figura 3.7 Enquadramento da área do projeto no contexto da carta de ocupação do solo (nível 3) da ilha de São Miguel (adaptado de COS.A/2018)	19
Figura 3.8 Enquadramento da área do projeto estudo no contexto da vulnerabilidade à erosão hídrica da ilha de São Miguel (adaptado de PGRH-Açores)	21

Índice de Tabelas

Tabela 2.1 Síntese das principais características e elementos do projeto (dados do PIP)	5
Tabela 3.1 Dados dos elementos de prospeção – poços de inspeção de “Lagoa Poente” (dados do estudo geológico geotécnico - © LabGeo)	14
Tabela 3.2 Perfil de terreno inferido pela interpretação geológica (dados do estudo geológico geotécnico - © LabGeo)	15
Tabela 3.3 Estimativa do volume de solos existentes na área de projeto	15
Tabela 3.4 Classes de capacidade de uso do solo (Sampaio <i>et al.</i> , 1986)	17
Tabela 3.5 Ocupação do solo (nível hierárquico 1) na ilha de São Miguel e na RAA (COS.A/2018).....	18
Tabela 3.6 Ocupação do solo (nível hierárquico 3) na área do projeto e representatividade da respetiva classe no contexto da ilha de São Miguel (dados da COS.A/2018)	20
Tabela 4.1 Síntese e descrição dos parâmetros adotados na análise dos impactes	22
Tabela 4.2 Estimativa do volume de solos a movimentar no contexto da área de projeto	22
Tabela 4.3 Principais propriedades e área afeta à implantação dos painéis solares fotovoltaicos	23
Tabela 5.1 Listagem de medidas de minimização complementares	27

1 Introdução

O projeto de construção de uma central solar fotovoltaica híbrida, com a designação comercial de Azores PV & BESS Parque Solar de Lagoa Poente, incide sobre um prédio rústico, avante melhor descrito e caracterizado, o qual se enquadraria maioritariamente em área de Reserva Agrícola Regional (RAR), conforme delimitação que consta da Portaria n.º 25/2013, de 24 de abril, que aprova a Carta da Reserva Agrícola Regional.

No âmbito do Regime Jurídico da RAR, o uso proposto pelo projeto em apreço é considerado compatível, enquadrando-se no âmbito das exceções previstas, nomeadamente no que respeita a alínea e) do n.º 1 do artigo 5.º do referido regime jurídico.

Neste sentido, o presente documento constitui o Projeto de Medidas de Manutenção, Recuperação e Reposição dos Solos em conformidade com previsto na alínea d) do artigo 7.º do Decreto Regulamentar Regional (DRR) n.º 27/2020/A, de 2 de dezembro, alterado e republicado pelo DRR n.º 26/2021/A, de 27 de outubro, o qual estabelece os limites e as condições para a viabilização das utilizações não agrícolas referidas no Regime Jurídico da Reserva Agrícola Regional.

O presente documento tem por base a memória descritiva e justificativa e as peças desenhadas do Pedido de Informação Prévia do Projeto submetido junto da Câmara Municipal da Lagoa (Açores), disponibilizado pelo proponente.

Considera-se que os conteúdos propostos ao longo do documento, particularmente no que concerne as medidas de minimização estabelecidas, devam ser integradas no âmbito do projeto de execução e/ou especialidades.

1.1 Identificação do Projeto, Proponente e Entidades Licenciadoras

O projeto Azores PV & BESS Parque Solar de Lagoa Poente compreende a construção de uma Central Solar Fotovoltaica Híbrida de 12.6MW e localiza-se na freguesia de Santa Cruz, concelho de Lagoa, ilha de São Miguel.

Constitui-se como proponente do projeto, o qual foi objeto de estudo prévio, aprovado pela Câmara Municipal da Lagoa e demais entidades consultadas, a empresa Azores PV & BESS Parque Solar Santa Cruz Lagoa São Miguel Poente, Unipessoal Lda., pessoa coletiva n.º 517433788, com sede na Rua Almirante Gago Coutinho, n.º 24 (A/C Branco & Carreiro Lda), 9680-117 Vila Franca do Campo, entidade a qual solicitou à LabGeo – Engenharia e Geotecnologia, Lda. a elaboração do presente documento.

A IROA, S.A. é entidade responsável pela análise do pedido e emissão de parecer prévio quanto às exceções constantes do artigo 5.º do Regime Jurídico da Reserva Agrícola Regional. Por sua vez, compete à Secretaria Regional da Agricultura e Alimentação – órgão do governo regional com competência em matéria agrícola – e à Secretaria Regional do Turismo, Mobilidade e Infraestruturas – órgão do governo regional com competência na tipologia do projeto – a emissão de eventual despacho conjunto que autorize a exceção e consequente desafetação da RAR objeto do presente documento (Instalação de equipamentos para produção de energia).

2 Enquadramento e Síntese do Projeto

2.1 Enquadramento Geográfico

O projeto em análise enquadra-se em prédio rústico com 136 280 m² de área, o qual se localiza na freguesia de Santa Cruz, concelho de Lagoa, ilha de São Miguel, Região Autónoma dos Açores (Figura 2.1).

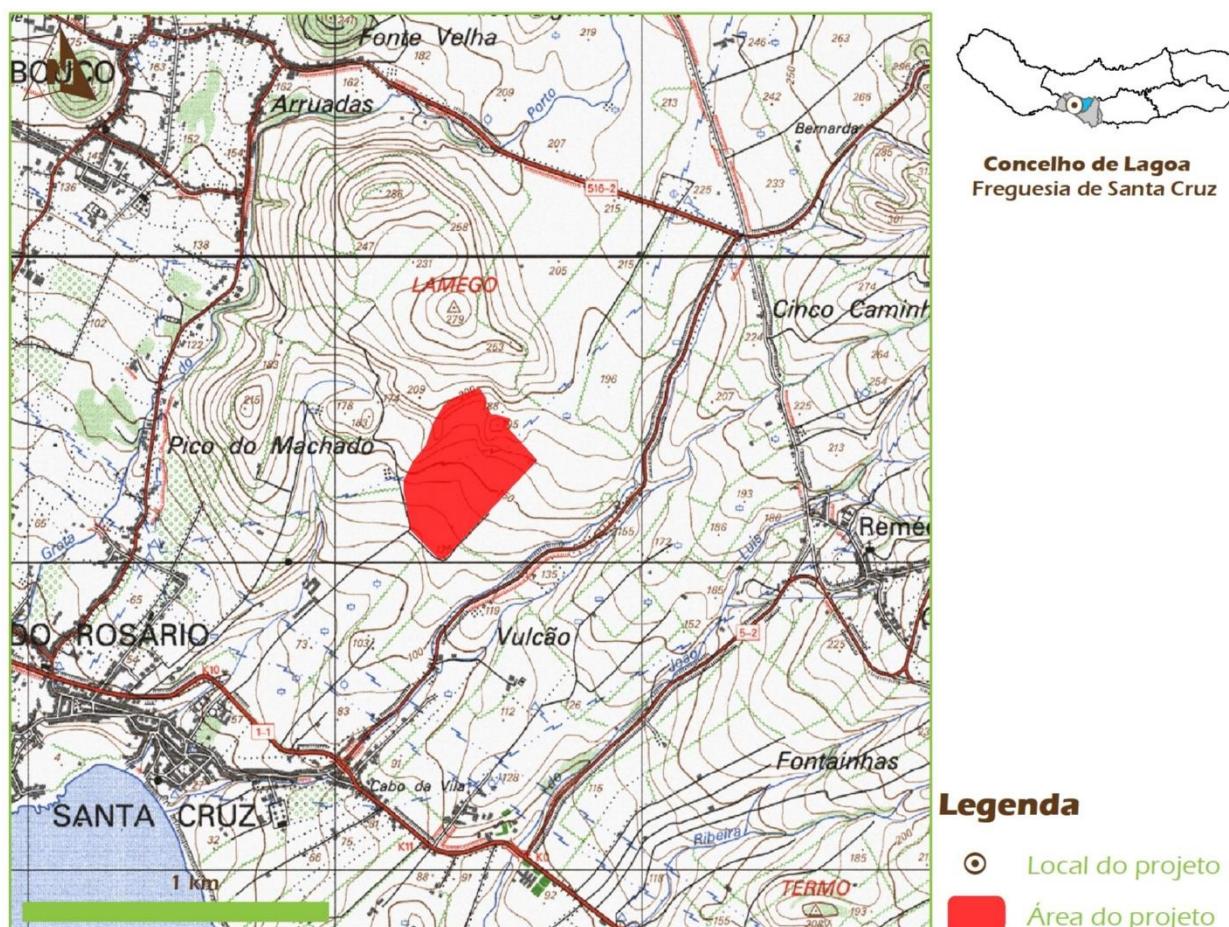


Figura 2.1 | Enquadramento geográfico da área do projeto (IGeoE, 2002; <https://ot.azores.gov.pt/Informacao-Geografica.aspx?ilha=saoalice>)

2.2 Objetivo e Justificação do Projeto

O projeto contempla a construção de uma Central Solar Fotovoltaica Híbrida de 12.6MW, sita nas proximidades da subestação da Lagoa (SELG), propriedade da EDA – Eletricidade dos Açores, S.A., qual se ligará a outra Central Solar Fotovoltaica com semelhantes características e capacidade de produção, localizada num conjunto de prédios a sudeste. É previsto que ambas as centrais sejam ligadas à rede da EDA para fornecimento da energia elétrica produzida.

A proposta de projeto prevê um sistema de armazenamento de baterias (BESS - Battery Energy Storage System), que totalizarão 16Mwh e uma capacidade de produção de aproximadamente 16.5Gwh por ano. Prevê, ainda, que o projeto possa contribuir anualmente com pelo menos 13Gwh para a rede elétrica da ilha de São Miguel.

2.3 Principais Características Técnicas

A proposta de projeto consiste num sistema de Energia Solar Fotovoltaica (PV) conectado à rede, com capacidade de 12,58 Megawatts (MW) em corrente contínua (CC).

Os componentes básicos do projeto incluem:

- 17976 painéis solares bifaciais de tipo n de 700 watts, montados num sistema de suporte não móvel a uma altura média de 2 metros acima do solo;
- Cablagem de corrente contínua (CC) (no sistema de suporte e subterrânea) e caixas de combinação;
- 3 estações inversoras de 4MVA, cada uma contendo um transformador de aumento de 4MVA de 1500V para 15kV por estação inversora;
- Sistema BESS de 6MW com capacidade de armazenamento de 16MWh e 2 conversores de armazenamento bidirecionais de 3.06MVA a 15kV;
- Sistema de coleta de corrente alternada (CA) subterrâneo;
- Subestação de transformadores com linhas subterrâneas de 60kV, conectando-se à rede no barramento de 60kV da subestação de Lagoa (SELG), propriedade da EDA;
- Sistema de Gerenciamento de Energia da Planta (EMS), bem como Sistema de Software de Supervisão, Controle e Aquisição de Dados (SCADA);
- Arruamentos internos e perimetrais em gravilha para acesso de veículos e para manutenção temporária das subestações e outros equipamentos.
- Vedação perimetral das instalações e da subestação, e instalação de sistema de portões digitais e equipamento de monitorização de segurança 24 horas;
- Área para futura instalação de Centro Interpretativo;
- Área para estacionamento de público e funcionários.

Na tabela seguinte apresenta-se um resumo dos componentes básicos do projeto.

Projeto das Medidas de Manutenção, Recuperação e Reposição dos Solos

Central Solar Fotovoltaica Híbrida "Lagoa Poente" - Santa Cruz, Lagoa - Açores

Tabela 2.1 | Síntese das principais características e elementos do projeto (dados do PIP)

Característica	Quantidade
Área total do terreno (m ²)	136 280
Área de movimentação de terras (escavação e aterro)	13 509
Área em terreno natural (m ²)	122 771
Painéis Fotovoltaicos (nº)	17976
Inversores (nº)	3
Conversores (nº)	2
Contentores para BESS (nº)	8
Subestações (nº)	1
Transformador de Energia 15-60kV com 2 ventiladores (nº)	1

Na figura seguinte apresenta-se a planta geral prevista para o empreendimento.

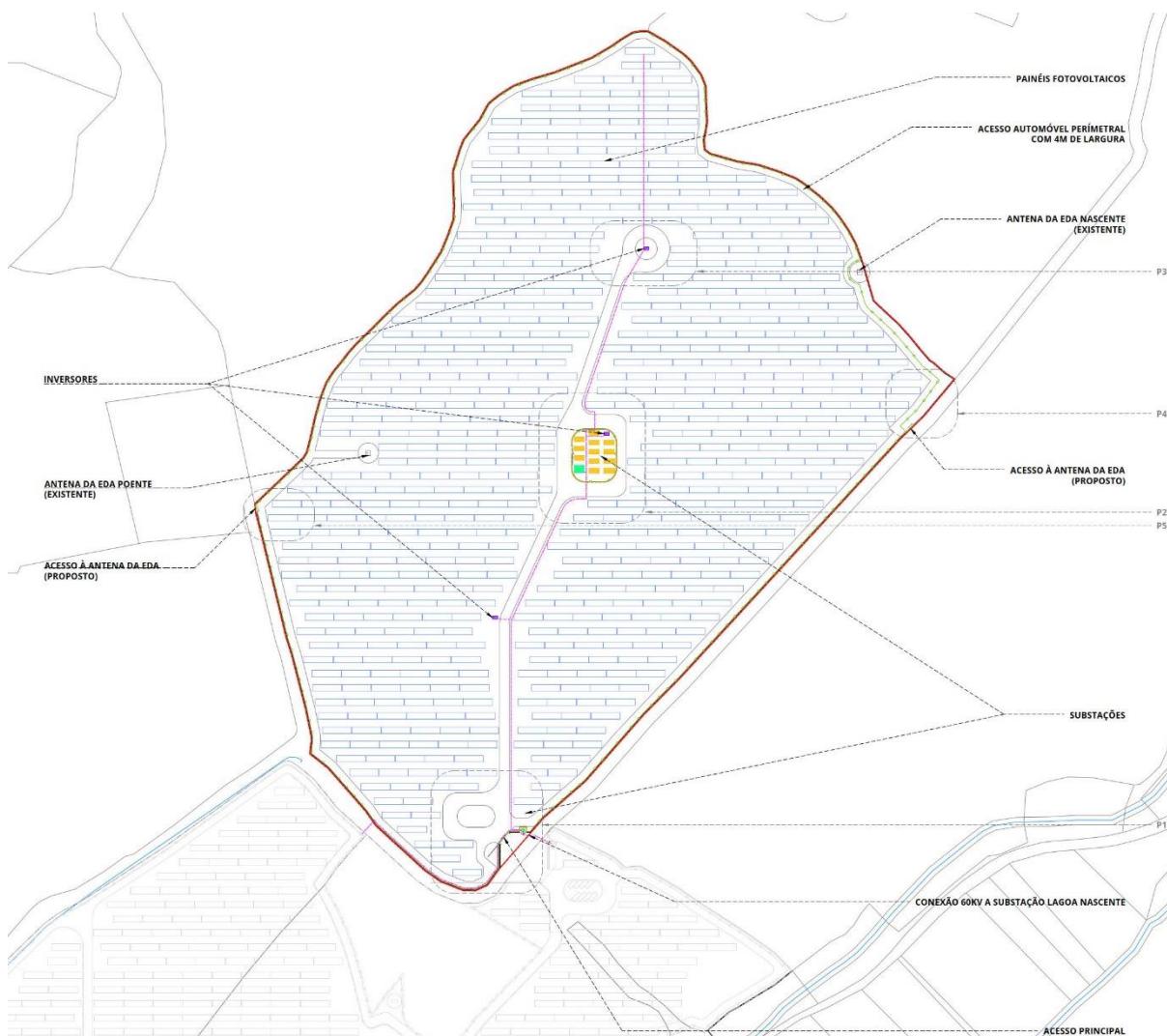


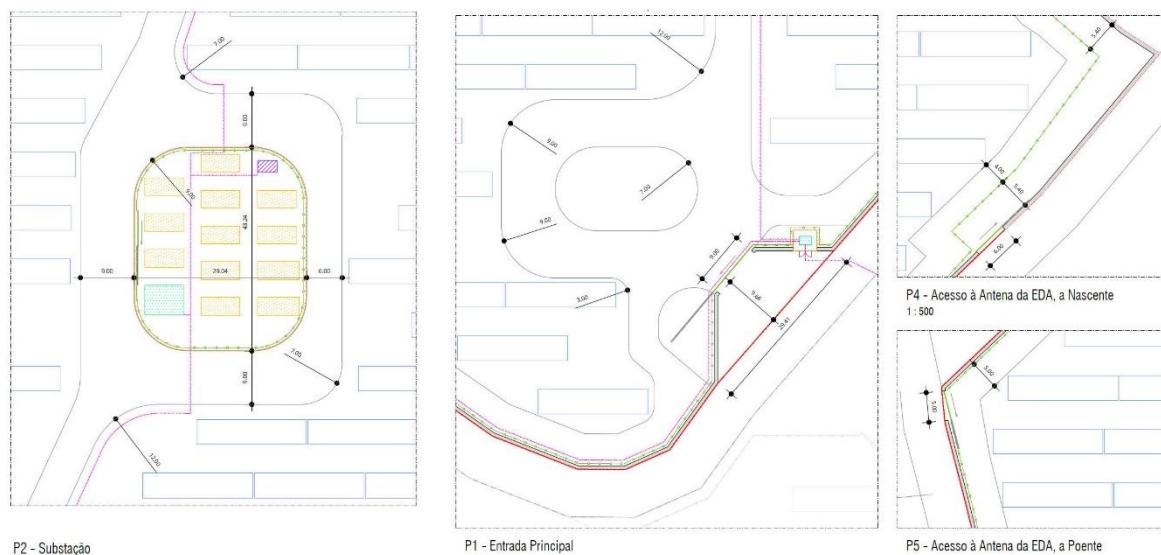
Figura 2.2 | Planta geral prevista do empreendimento (Elemento do Pedido de Informação Prévia, disponibilizado pelo promotor - © Millenniarch)

2.4 Implantação Prevista

Os arruamentos no interior da área do empreendimento serão fundamentais para garantir a circulação pontual de veículos pesados para manutenção dos equipamentos do parque fotovoltaico.

A proposta de projeto prevê que os arruamentos e áreas de estacionamento devam ser construídos de acordo com seguintes orientações:

- Escavação de 1 m de profundidade ao longo do traçado;
- Aterro de 80 cm com material de granulometria média em camadas de 20 cm regadas e compactadas até 8 a 10 cm de compactação com cilindro de 5 toneladas ou superior;
- Aterro com detrito, com espessura de 10 cm;
- Acabamento final em gravilha com pendentes de 2% do centro do arruamento para as laterais.



Projeto das Medidas de Manutenção, Recuperação e Reposição dos Solos

Central Solar Fotovoltaica Híbrida "Lagoa Poente" - Santa Cruz, Lagoa - Açores

- Escavação de 0,45 m de profundidade;
- Enrocamento com 0,20cm de espessura em material de granulometria média, regadas e compactadas até 8 a 10cm de compactação com cilindro de 5t ou superior;
- Aterro com detrito, com espessura de 10 cm;
- Acabamento final em gravilha.

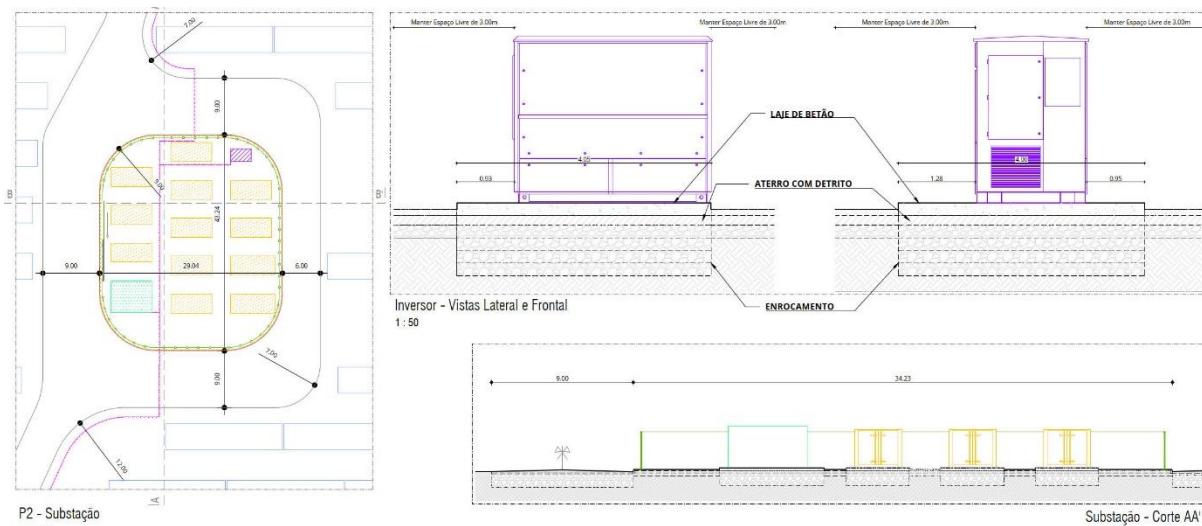


Figura 2.4 | Detalhes da subestação e do inversor (Elemento do Pedido de Informação Prévia, disponibilizado pelo promotor - © Millenniarch)

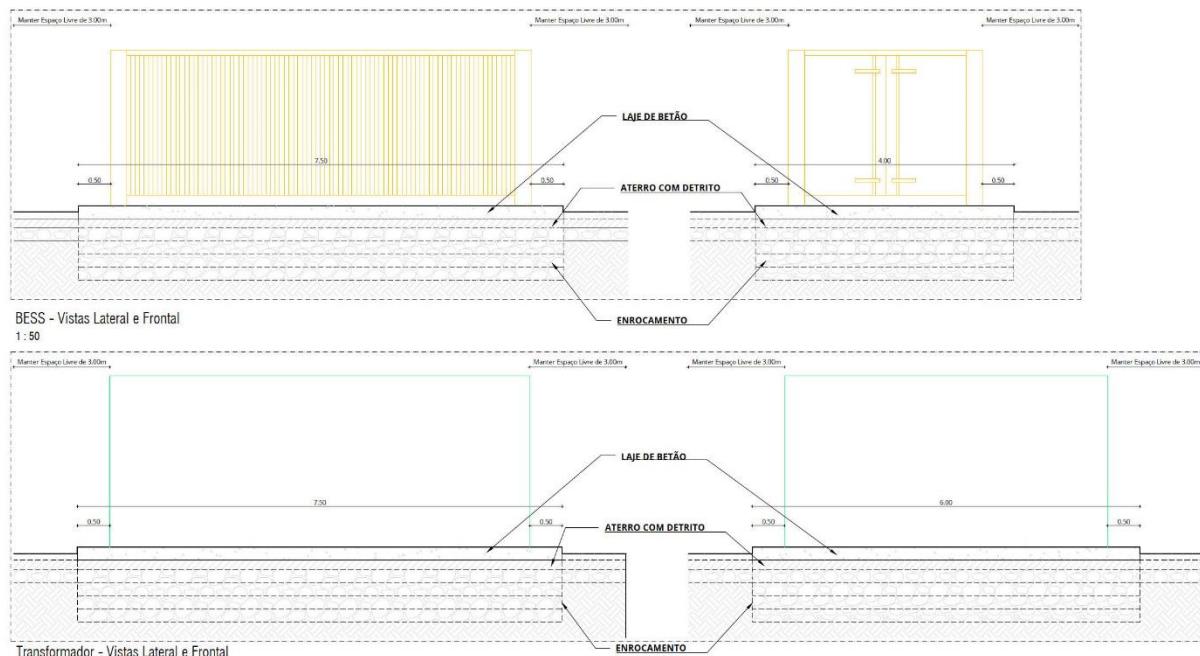


Figura 2.5 | Detalhes da BESS e transformador (Elemento do Pedido de Informação Prévia, disponibilizado pelo promotor - © Millenniarch)

Com o objetivo da redução da perturbação do solo, a proposta de projeto prevê que os painéis solares sejam instalados através da aplicação de estacas helicoidais, com a perspetiva de adaptação à

topografia do terreno, sem necessidade de alteração da topografia ou trabalhos de escavação (Figura 2.6).

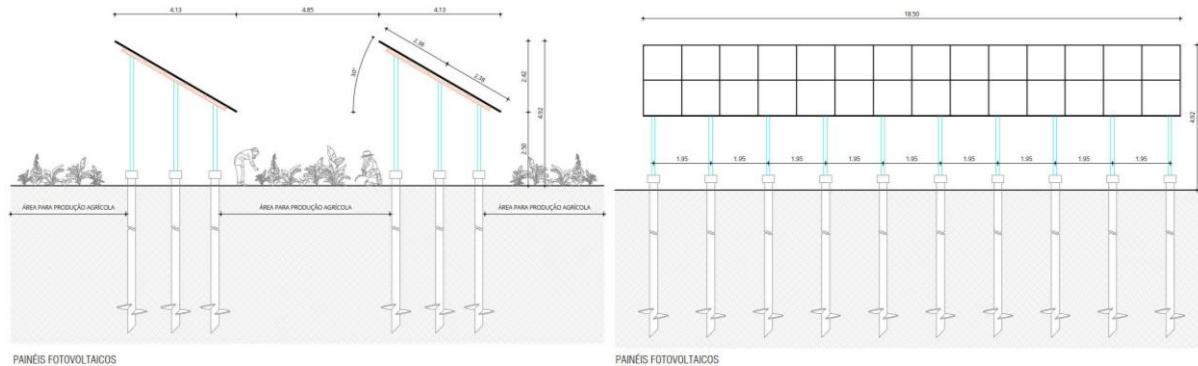


Figura 2.6 | Plantas com pormenor da instalação dos painéis solares (Elemento do Pedido de Informação Prévia, disponibilizado pelo promotor - © Millenniarch)

Com objetivo idêntico, a vedação perimetral será também instalada através da aplicação de estacas helicoidais, junto ao muro de pedra existente (Figura 2.7).

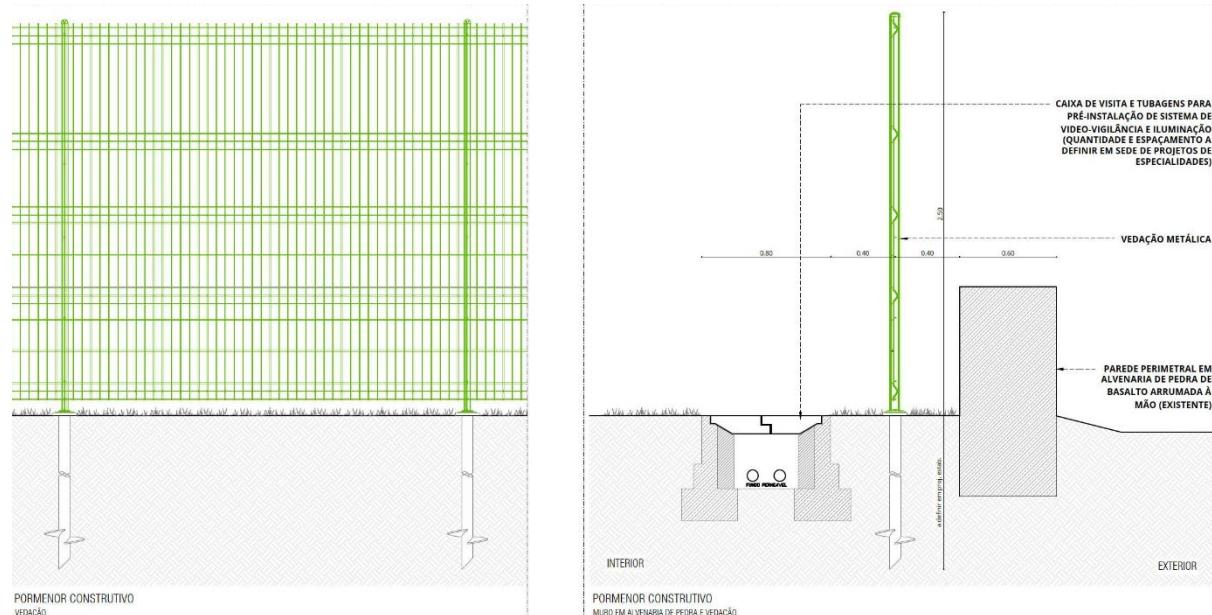


Figura 2.7 | Plantas com pormenor da vedação a instalar (Elemento do Pedido de Informação Prévia, disponibilizado pelo promotor - © Millenniarch)

Os restantes espaços serão para manter em terreno natural, coberto com relva de sementeira.

2.5 Sistemas de Drenagem e Minimização de Riscos

A drenagem natural do terreno será respeitada através da implementação de medidas adequadas.

A maioria do solo da área do projeto será mantida no seu estado atual, em terreno de pastagem, com cobertura de vegetação rasteira, podendo também ser utilizado para a atividade agrovoltaica.

Nas áreas destinadas a subestações e vias de acesso, o solo será pavimentado com gravilha, a fim de preservar a sua permeabilidade e permitir a fácil remoção desse material no fim de vida do projeto, restaurando a situação pré-existente. Caso seja necessário, serão instalados sistemas de drenagem, como valas e canais, para controlar o escoamento das águas pluviais, evitando problemas de acumulação de água e minimizando a erosão dos solos. No entanto, essa abordagem será utilizada apenas quando estritamente necessário, a fim de minimizar os trabalhos de escavação.

Durante a fase de construção e exploração, serão adotadas práticas que minimizam a contaminação ou erosão do solo, como o adequado armazenamento de materiais e resíduos, bem como a utilização de barreiras de contenção.

2.6 Infraestruturas e Redes

2.6.1 Abastecimento de Água

Relativamente ao abastecimento e distribuição de água, é prevista a ligação à rede pública de abastecimento existente no local. São previstos esgotos sanitários unicamente para o centro interpretativo, com tratamento através de ligação a fossa séptica e sumidouro.

2.6.2 Eletricidade e Telecomunicações

Para efeitos operacionais é prevista uma rede de infraestruturas de eletricidade e telecomunicações, que deverá estar ligada à rede pública de abastecimento.

2.7 Fases e Duração do Projeto

A fase de obra (fase de construção do projeto) terá uma duração estimada de 18 meses.

A vida útil do projeto (fase de exploração do projeto) é baseada na vida útil prevista do equipamento principal, que consiste nos painéis solares. Os painéis solares atualmente fabricados têm uma vida útil prevista de 30 a 40 anos, sendo vida útil projetada para este projeto de 35 anos. Outros equipamentos, como inversores, serão substituídos uma vez no meio da vida útil do projeto. O BESS tem uma vida útil mais curta e será substituído duas vezes durante a vida útil do projeto.

No final da vida útil do projeto (fase de desativação do projeto), todos os equipamentos serão desmontados e enviados para fora da ilha. Prevê-se que todos os componentes elétricos e estruturais sejam reciclados. O local será restaurado ao seu estado original pré-projeto, em conformidade com a situação de referência.

2.8 Projetos Complementares

Um dos objetivos do projeto passa pelo fomento e implementação, de forma complementar à central solar, da prática agrovoltáica. Para o efeito, é previsto que sejam contatados produtores agrícolas locais, com vista ao estabelecimento de parcerias no sentido de promover o cultivo de hortofrutícolas no terreno do projeto.

Existe a possibilidade de produção de diferentes hortofrutícolas entre as várias fileiras de painéis solares, tirando partido da sua distribuição para organização do cultivo.

É também prevista a instalação de Centro Interpretativo com vista a proporcionar educação e conscientização sobre energia solar e sustentabilidade, oferecendo aos visitantes a oportunidade de compreender e explorar os princípios e benefícios da energia renovável.

3 Situação de Referência

No âmbito do presente capítulo procedeu-se à caracterização da situação de referência no que concerne o enquadramento do projeto no âmbito da componente ambiental Solos e Reserva Agrícola Regional. Esta caracterização ambiental possibilita a identificação dos principais impactes decorrentes do projeto ao nível dos Solos e RAR, os quais, por sua vez, suportam a definição e estabelecimento das medidas de manutenção, recuperação e reposição dos solos afetados pelo projeto.

3.1 Reserva Agrícola Regional

A Reserva Agrícola Regional (RAR) é constituída por solos de elevada aptidão agrícola para a realização de investimentos, tendo em vista a preservação e ou aumento da sua produtividade e o aproveitamento do seu potencial, na perspetiva de uma agricultura moderna, racional e sustentável.

De acordo com a Carta da Reserva Agrícola Regional, aprovada e publicada pela Portaria n.º 25/2013, de 24 de abril, a generalidade da área do projeto – aproximadamente 112 000 m², o que corresponde a cerca de 83% da área total do terreno – abrange solos integrados na Reserva Agrícola Regional (Figura 3.1).



Figura 3.1 | Enquadramento da área do projeto no contexto da carta da Reserva Agrícola Regional (base geográfica de <http://sig-sraa.azores.gov.pt/>)

3.2 Geologia e Geomorfologia

A ilha de São Miguel é a maior do arquipélago, apresentando uma área de 747 km² e largura e comprimentos máximos de 16 e 66 km, respetivamente.

Segundo Zbyszewski (1961), individualizam-se oito unidades geomorfológicas na ilha de São Miguel: Maciço Vulcânico das Sete Cidades; Região dos Picos; Complexo Vulcânico da Serra de Água de Pau; Planalto da Achada das Furnas; Vulcão das Furnas; Vulcão da Povoação; Região da Tronqueira e do Nordeste; e Plataforma Litoral do Norte (Figura 3.2).



Figura 3.2 | Enquadramento do local do projeto no contexto geomorfológico da ilha de São Miguel (adaptado de Zbyszewski, 1961)

Em termos geomorfológicos, a área do projeto enquadra-se na Região dos Picos, que se desenvolve segundo a direção geral E-W, entre o Maciço Vulcânico das Sete Cidades, a oeste, e o Complexo Vulcânico da Serra de Água de Pau, a leste. A Região dos Picos caracteriza-se pela presença de numerosos cones vulcânicos concentrados no seu eixo longitudinal, responsáveis pelo relevo mais irregular e pelos declives mais acentuados (30 a 40º). A partir dessa zona axial o relevo desenvolve-se em vertentes suaves para norte e para sul, com declives inferiores a 5º. Na Região dos Picos as altitudes médias não ultrapassam os 200 m, sendo a maior altitude registada na Serra Gorda, aos 485 m.

A área do projeto enquadra-se numa zona de relevo moderado, situada sensivelmente, entre os 120 e os 200 m de altitude, com declives maioritariamente inferiores a 15º.

De forma a caracterizar a área do projeto sob o ponto de vista geológico, o estudo geológico-geotécnico já desenvolvido pelo proponente analisou a cartografia geológica disponível, nomeadamente Moore (1991), a qual enquadra a área em zona de basaltos cobertos por depósitos pomíticos indiferenciados (Figura 3.3).

Segundo os trabalhos de Zbyszewski *et al.* (1958), de Walker & Croasdale (1971) e de Moore (1991), os depósitos pomíticos presentes no local são de queda e de fluxo.

No entanto, de acordo com a cartografia de Ferreira (2000) identificam-se na zona norte da área do projeto estruturas morfotectónicas correspondentes a cones de escórias, os quais podem apresentar igualmente cobertura de depósitos pomíticos indiferenciados.



Figura 3.3 | Cartografia litológica da área do projeto e envolvente (adaptado de Moore, 1991; base geográfica de <https://ot.azores.gov.pt/Informacao-Geografica.aspx?ilha=sao Miguel>)

3.2.1 Zonamento Geológico

Para avaliação *in situ* das formações geológicas que ocorrem na área de implantação do projeto, foram realizados, no âmbito do estudo geológico-geotécnico, poços de inspeção, os quais foram abertos com o recurso a retroescavadora, permitindo a observação da constituição geológica do terreno.

Na Figura 3.4 apresenta-se a localização dos poços realizados no contexto da implantação prevista do projeto.

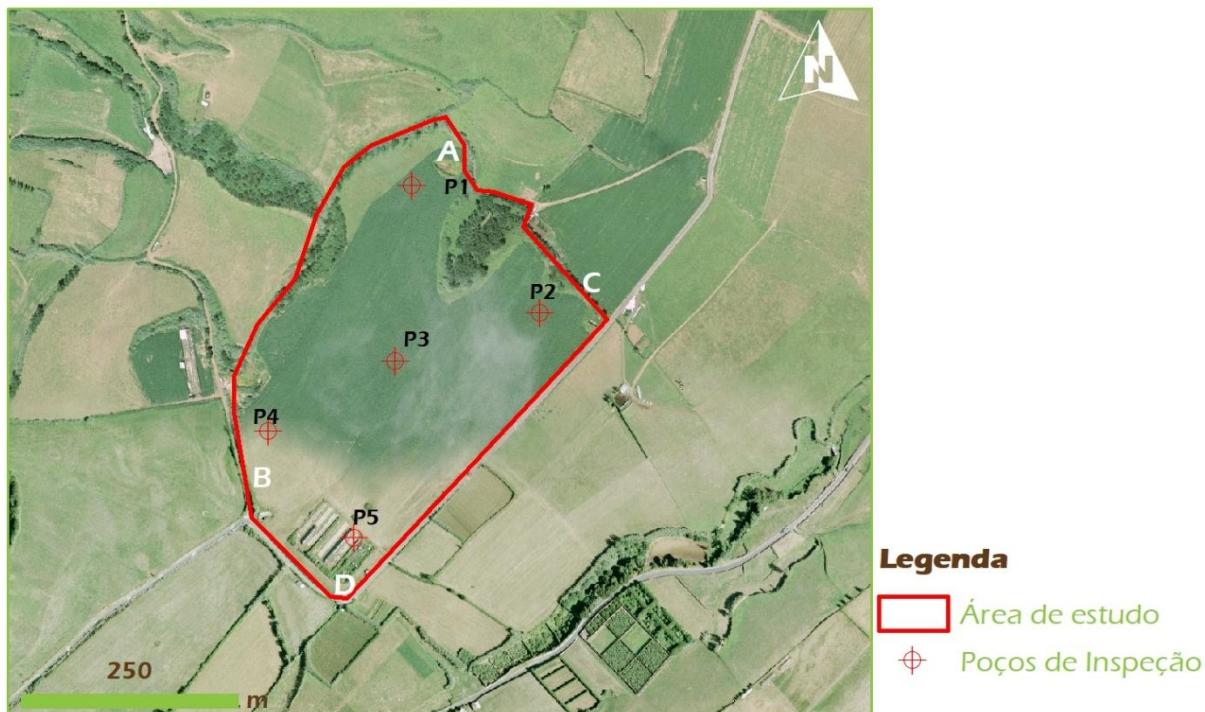


Figura 3.4 | Representação esquemática da localização dos poços de inspeção realizados em "Lagoa Poente" sobre ortofotomapta (base <https://ot.azores.gov.pt/Informacao-Geografica.aspx?ilha=sao miguel>)

Na Tabela 3.1 sintetizam-se os parâmetros físicos de cada um dos poços realizados.

Tabela 3.1 | Dados dos elementos de prospeção – poços de inspeção de "Lagoa Poente" (dados do estudo geológico geotécnico - © LabGeo)

ID Poço	Data	Coordenadas (PTRA08 UTM 26N)			Prof. Máxima (m)	Presença de água
		M	P	H		
P1	19/03/2024	627430	4179488	175	3,0	Não
P2		627411	4179286	143	3,0	
P3		627577	4179342	165	3,0	
P4		627264	4179205	132	3,0	
P5		627363	4179083	127	3,0	

A análise dos resultados decorrentes dos ensaios efetuados permitiu identificar, até às profundidades máximas amostradas (3 metros), a ocorrência de solo vegetal em toda a extensão da área de estudo (com espessura média de 1,0 m), sobre depósitos de escórias basálticas *s.l.* nas zonas mais próximas dos cones de escórias existentes (sector norte) e por pedra-pomes e materiais pomíticos indiferenciados, na restante área (Tabela 3.2).

Tabela 3.2 | Perfil de terreno inferido pela interpretação geológica (dados do estudo geológico geotécnico - © LabGeo)

Espessura das Camadas m	Materiais das Camadas
0,0 – 1,0	Solo vegetal Solo vegetal com intercalação de areias e cascalhos pomíticos (pedra pomes), de cor castanha.
1,0 – 3,0	Escórias basálticas s.l. (zona norte) Piroclastos basálticos (bagacina) alterados a muito alterados, de granulometria fina, de cor castanha a avermelhada.
1,0 – 3,0	Pedra-pomes e materiais pomíticos indiferenciados (restante área) Areias e cascalhos pomíticos (pedra pomes), de cor clara.

3.2.2 Quantificação de Solos

Mediante análise dos dados resultantes da interpretação geológica, os quais identificam a existência de solo vegetal em toda a extensão da área de estudo até cerca de 1,0 metro de profundidade, foi possível estimar a volumetria de solos existentes na área de projeto.

Tabela 3.3 | Estimativa do volume de solos existentes na área de projeto

Característica	Quantidade
Área total do terreno (m ²)	136 280
Volume total de solos vegetais – estimativa (m ³)	136 280

3.3 Pedologia

O solo é um recurso natural limitado e não renovável à escala humana, formado por processos físicos, químicos e biológicos em lentidão secular, que pode ser destruído em pouco tempo pelo seu uso impróprio ou gestão inapta.

A génese vulcânica dos Açores e a fraca variação climática conduzem a uma grande homogeneidade do ponto de vista pedológico entre os tipos de solo existentes, predominando os andossolos (solos derivados de materiais piroclásticos, com muito boa permeabilidade, elevado nível de matéria orgânica, geralmente ricos em potássio e enriquecidos em azoto). Quimicamente, os solos açorianos são, por norma, ácidos e pobres em cálcio e fósforo, o que se deve principalmente às lavagens resultantes da elevada precipitação. A erosão, potenciada pelos elevados índices pluviométricos, e a idade recente das ilhas, conferem aos solos uma reduzida ou mediana profundidade, apresentando estes, em áreas de grandes declives, uma pedregosidade acentuada (Sampaio *et al.*, 1986).

Segundo Ricardo *et al.* (1977), os solos da ilha de São Miguel evoluíram, na sua maioria, a partir de materiais piroclásticos, traduzindo-se esta informação, ao nível da representatividade territorial, num claro predomínio de solos derivados dos piroclastos de natureza traquítica, principalmente cinzas e

pedra-pomes, em detrimento dos solos derivados de basaltos (s./) que surgem uma representação menos significativa.

Segundo o mesmo estudo, a área de estudo incide sobre uma área dominada por andossolos saturados normais e regossolos cascalhentos.

Os andossolos saturados normais são compostos por materiais piroclásticos de composição traquítica (materiais pomíticos) e os regossolos cascalhentos podem ser constituídos tanto por materiais piroclásticos de composição traquítica como por materiais piroclásticos de composição basáltica (bagacinas).

Na Figura 3.5 apresenta-se o esboço pedológico da ilha de São Miguel à escala 1:200 000, realizado por Ricardo *et al.* (1977), o qual representa as principais associações de solos.

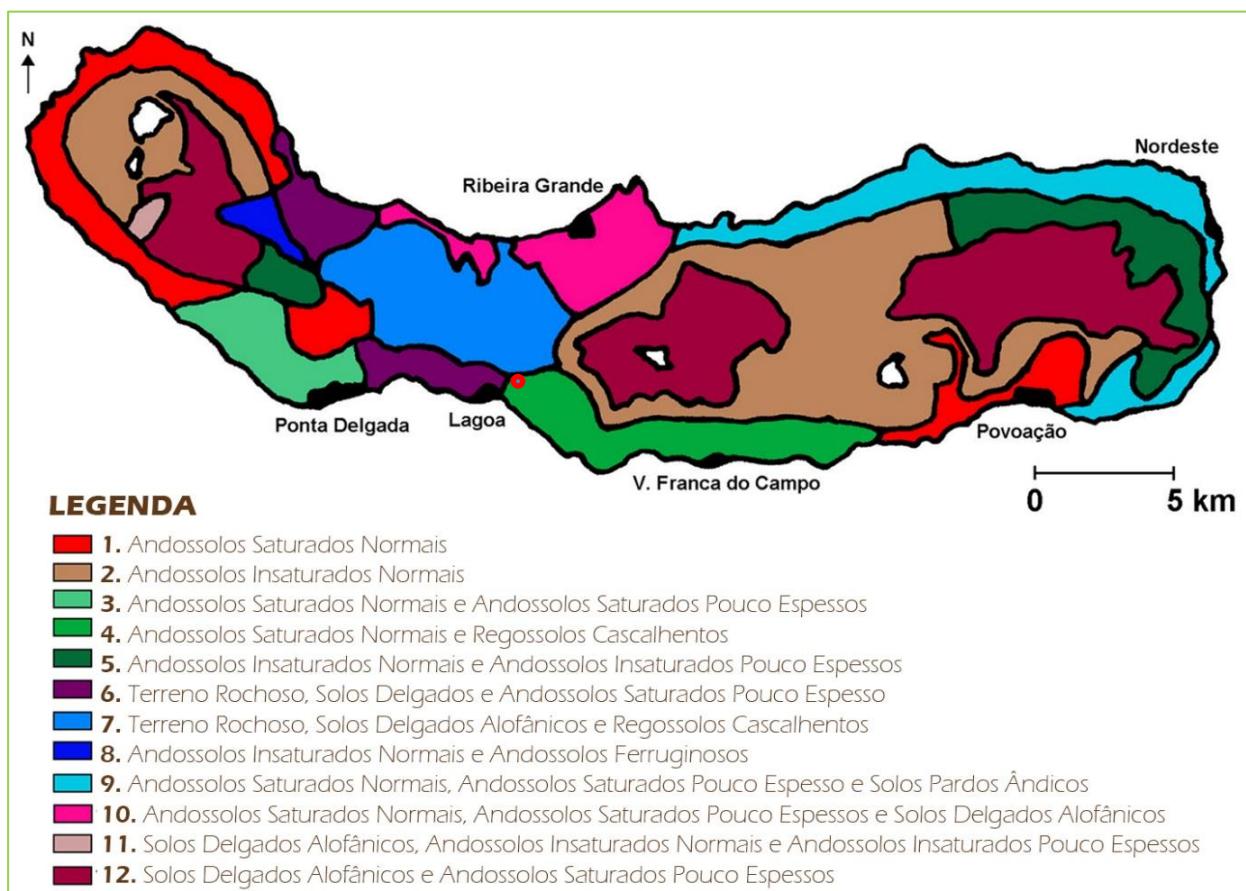


Figura 3.5 | Enquadramento da área de estudo no contexto da pedologia da ilha de São Miguel (adaptado de Ricardo *et al.*, 1977)

3.4 Capacidade de Uso do Solo

O sistema de classificação da capacidade de uso do solo é estabelecido com base na identificação das limitações permanentes do solo, ou seja, das características do solo que em combinação com o clima exercem sobre o primeiro um efeito adverso que condicione o seu uso.

O sistema de classificação de capacidade de uso do solo, desenvolvido por Sampaio *et al.* (1986), que consta da tabela seguinte, considera sete classes de uso, em que a intensidade das limitações vai aumentando gradualmente da classe I para a classe VII.

Tabela 3.4 | Classes de capacidade de uso do solo (Sampaio *et al.*, 1986)

Grupos/Critérios	Solos Aráveis				Solos Não Aráveis		
	Uso arável permanente	Uso arável ocasional	Pastagem melhorada	Pastagem natural e/ou floresta	Reserva natural		
Classes	I	II	III	IV	V	VI	VII
Declive (%)	<3	<10	<20	<20	<30	<50	Qualquer
Profundidade (cm)	>90	>60	>30	>30	>30	Qualquer	Qualquer
Textura	Equilibrada	Equilibrada	Equilibrada	Qualquer	Qualquer	Qualquer	Qualquer
Pedregosidade (%) ($\emptyset < 25\text{ cm}$)	Nula	<10	<20	<50	Qualquer	Qualquer	Qualquer
Pedregosidade (%) ($\emptyset > 25\text{ cm}$)	Nula	Nula	<3	<10	<25	Qualquer	Qualquer
Afloramentos Rochosos (%)	Nulos	<2	<10	<25	<50	Qualquer	Qualquer
Encharcamento	Nulo	Nulo	Períodos curtos	Períodos curtos	Períodos curtos	Qualquer	Qualquer
Microrelevo	Nulo	Nulo	Fraco	Moderado	Moderado	Acentuado	Acentuado

Conforme Figura 3.6, a área do projeto incide sobre espaços com a capacidade de uso do solo classificada em III+V e V, correspondentes, respetivamente, a solos aráveis de uso ocasional e solos não aráveis (pastagem melhorada).

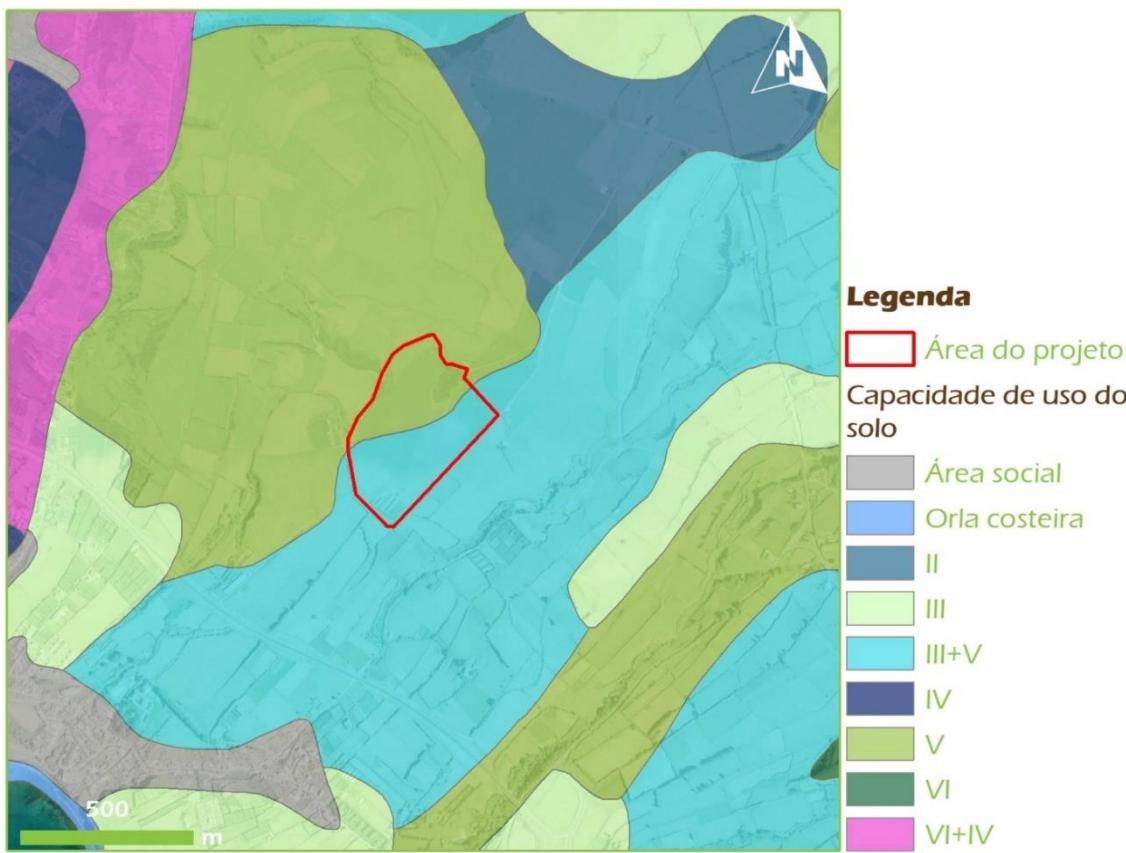


Figura 3.6 | Enquadramento da área do projeto no contexto da capacidade de uso do solo da ilha de São Miguel (adaptado de Sampaio *et al.*, 1987; base geográfica de <http://sig-sraa.azores.gov.pt/>)

3.5 Ocupação do Solo

De acordo com a carta de ocupação do solo da Região Autónoma dos Açores (COS.A/2018), cerca de 91% do território da ilha de São Miguel é ocupado pelas classes agricultura e florestas e meios naturais e seminaturais. A agricultura representa mais de metade da superfície da ilha (58,95%), uma ocupação superior à média regional (48,82%). A classe territórios artificializados (6,02%), onde se inclui a subclasse áreas de extração de massas minerais, apresenta também na ilha de São Miguel uma ocupação superior à média da RAA (Tabela 3.5).

Tabela 3.5 | Ocupação do solo (nível hierárquico 1) na ilha de São Miguel e na RAA (COS.A/2018)

Classes (Nível 1)	Ilha de São Miguel (%)	RAA (%)
Territórios artificializados	6,02	5,00
Agricultura	58,95	48,82
Florestas e meios naturais e seminaturais	32,35	42,60
Zonas húmidas	1,54	3,13
Massas de água	1,15	0,45

Conforme Figura 3.7, e analisando a ocupação do solo de forma desagregada, por subclasses, a área do projeto enquadra-se, na sua quase totalidade, em zona com ocupação por parte de prados/pastagens (classe agricultura), correspondendo a espaços que se encontram permanentemente ocupados com vegetação herbácea, cultivada ou natural, geralmente sujeitos a pastoreio (COS.A/2018). Uma pequena parcela da área do projeto - inferior a 3% da sua superfície total - é ocupada por florestas de folhosas, que constituem espaços em que as espécies arbóreas angiospérmicas são predominantes, representando 75% ou mais do coberto vegetal.

A Figura 3.7 apresenta o enquadramento da área do projeto no contexto da carta de ocupação do solo da ilha de São Miguel.

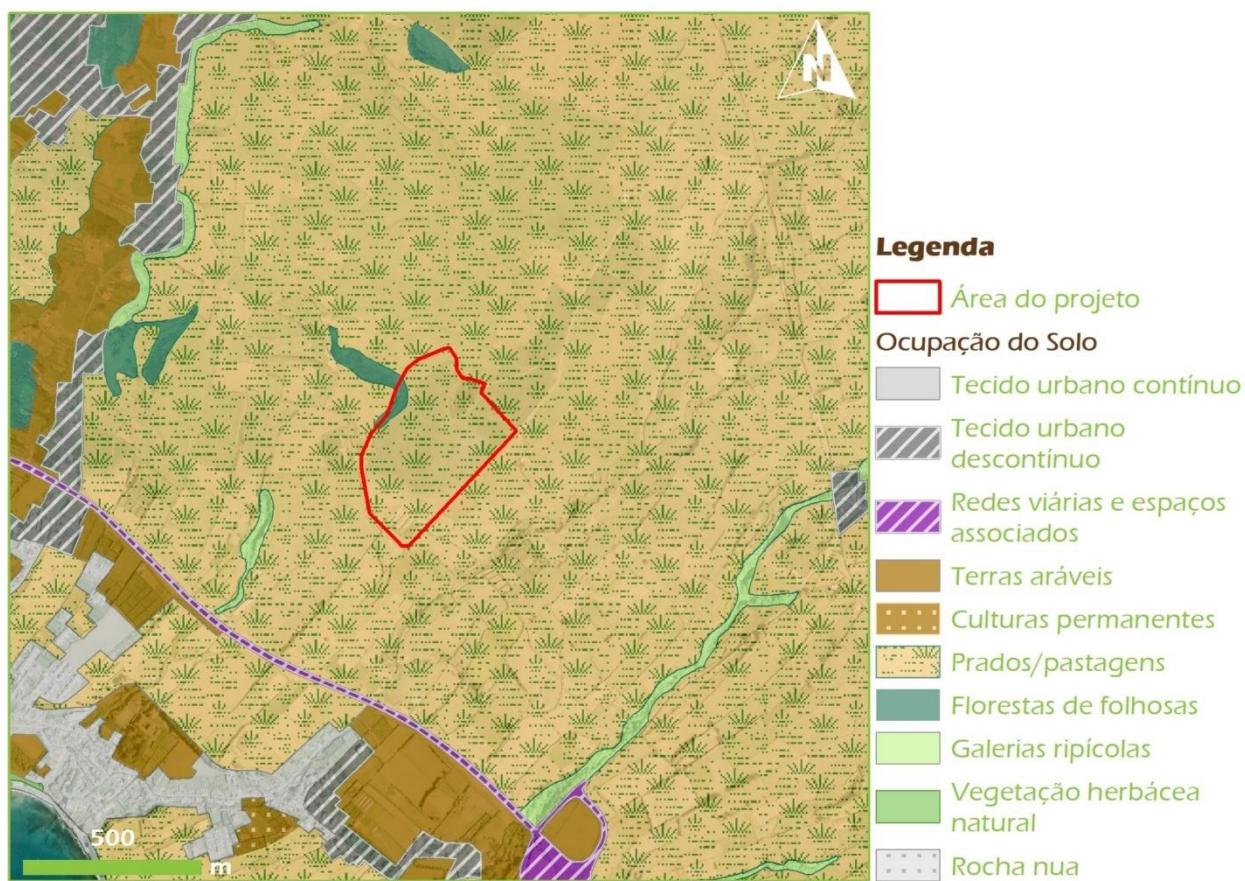


Figura 3.7 | Enquadramento da área do projeto no contexto da carta de ocupação do solo (nível 3) da ilha de São Miguel (adaptado de COS.A/2018)

No contexto de São Miguel, a subclasse prados/pastagens e florestas de folhosos constituem as duas subclasses com maior expressão na ilha, representando, respetivamente, cerca de 47% e 14% da superfície do solo desta ilha. Na Tabela 3.6 apresenta-se a representatividade local e no contexto ilha das duas subclasses que ocorrem na área do projeto.

Tabela 3.6 | Ocupação do solo (nível hierárquico 3) na área do projeto e representatividade da respetiva classe no contexto da ilha de São Miguel (dados da COSA/2018)

Classes (Nível 3)	Área do Projeto		Ilha de São Miguel	
	m ²	%	km ²	%
Prados/pastagens	132464,2	97,2	350,8	47,1
Florestas de folhosas	3815,8	2,8	101,7	13,7
Σ	136 280,0	100		

3.6 Erosão do Solo

Tendo em consideração as consequências significativas que podem resultar dos fenómenos de erosão hídrica – nomeadamente a perda de solo e consequente redução da capacidade de infiltração e de retenção de água do solo, o que induz uma menor capacidade de absorção da água da chuva e, consequentemente, um maior escoamento e menor disponibilidade de água para a vegetação – a análise da vulnerabilidade à erosão hídrica na ilha de São Miguel é fator importante para o planeamento territorial.

O PGRH-Açores aplica uma metodologia que tem como suporte o cruzamento de mapas temáticos com informação relativa à densidade de drenagem, ao declive, à precipitação média anual, à litologia e à ocupação do solo.

Segundo os dados do referido plano, a área do projeto enquadra-se predominantemente em zona de vulnerabilidade alta à erosão hídrica, identificando-se também, no setor mais a sul do terreno do projeto, uma zona de vulnerabilidade média (Figura 3.8).

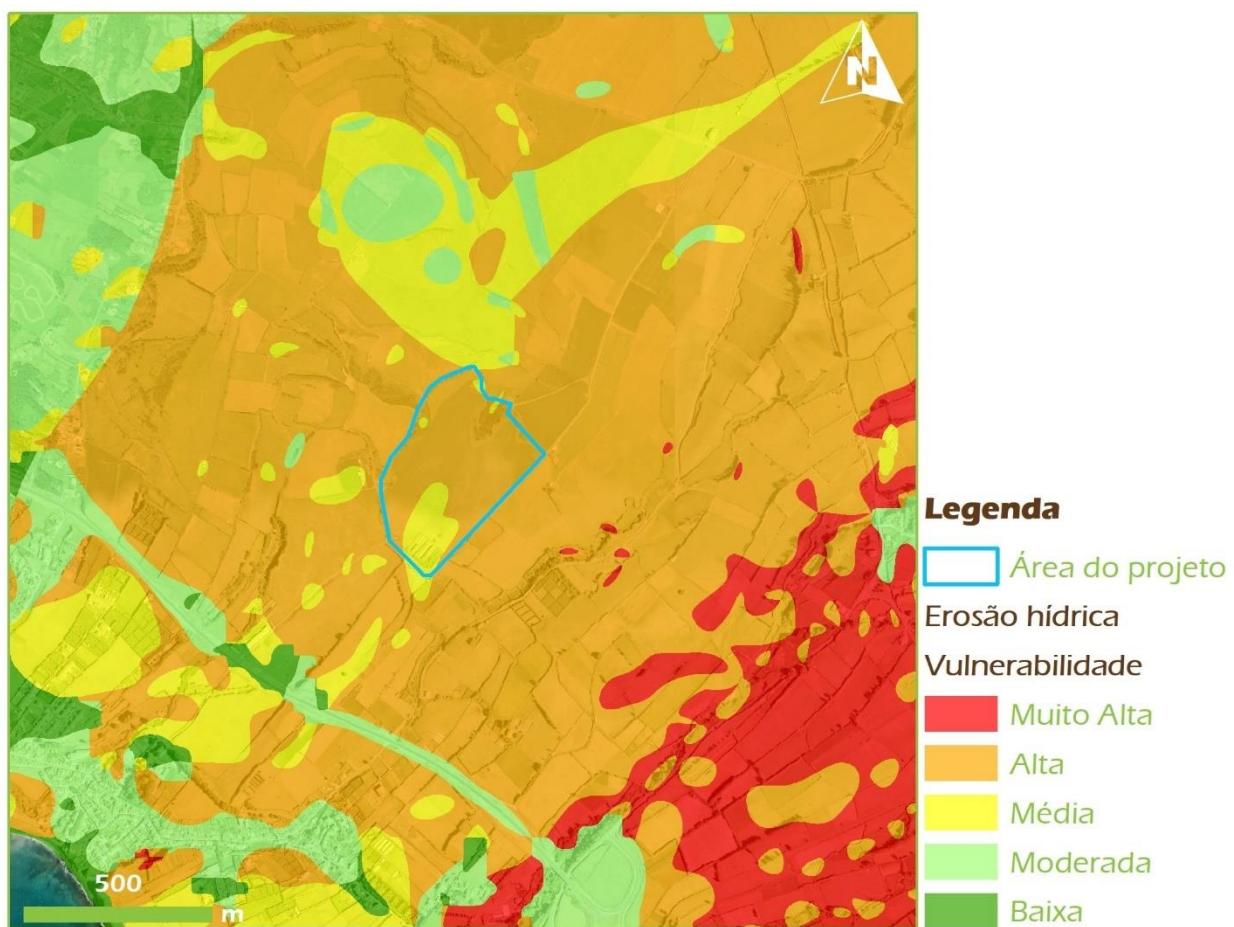


Figura 3.8 | Enquadramento da área do projeto estudo no contexto da vulnerabilidade à erosão hídrica da ilha de São Miguel (adaptado de PGRH-Açores)

4 Identificação de Impactes Significativos do Projeto

No contexto do presente capítulo, é feita uma descrição e caracterização dos principais impactes suscetíveis de serem gerados pelo projeto ao nível dos Solos e RAR.

Foi como tal adotado um sistema simplificado de análise de impactes assente em dois parâmetros básicos, o carácter dos impactes (positivo ou negativo) e o seu significado (muito significativo, significativo, pouco significativo).

Tabela 4.1 | Síntese e descrição dos parâmetros adotados na análise dos impactes

	Conceito	Definição
Carácter significado	Positivo (+)	Impacte considerado benéfico, do qual possam resultar alterações favoráveis produzidas em parâmetros ambientais e sociais.
	Negativo (-)	Impacte considerado prejudicial, do qual possam resultar alterações desfavoráveis produzidas em parâmetros ambientais e sociais.
	Pouco significativo	Impacte que tem um grau de repercussão ambiental pouco expressivo ou negligenciável.
	Significativo	Impacte que tem um grau de repercussão ambiental expressivo.
	Muito significativo	Impacte que tem um grau de repercussão ambiental bastante expressivo.

4.1 Impactes do Projeto nos Solos e RAR

Mediante a análise da área afeta a arruamentos, estacionamento e subestação prevista pelo projeto, bem como a necessidade de execução de escavações até 1 metro de profundidade para a respetiva infraestruturação, estima-se, com base nos dados e prospecção resultantes do estudo geológico e geotécnico desenvolvido, que estes trabalhos incidam fundamentalmente em solos vegetais.

Deste modo, apresenta-se, na Tabela 4.2, uma estimativa da quantidade de solos a movimentar no âmbito do projeto.

Tabela 4.2 | Estimativa do volume de solos a movimentar no contexto da área de projeto "Lagoa Poente"

Característica	Área (m ²)	Volume Estimado de Solos (m ³)
Área total do terreno	136 280 (100,00 %)	136 280 (100,00 %)
Área de movimentação de terras (arruamentos, estacionamento e subestação)	13 509 (9,91%)	13 509 (Solo Vegetal - 9,91%)

Para além da movimentação de terras e embora se preveja que os painéis solares sejam instalados através da aplicação de estacas helicoidais, sem alteração da topografia e sem necessidade de movimentação de terras, deverá considerar-se também a superfície de solo afetada por esta ação.

Deste modo e com base nos dados do projeto, procurou-se sintetizar os principais elementos e área afeta à implantação dos painéis solares fotovoltaicos previstos (Tabela 4.3).

Tabela 4.3 | Principais propriedades e área afeta à implantação dos painéis solares fotovoltaicos

Elementos	Quantificação
Módulos fotovoltaicos	17 976
Painéis solares fotovoltaicos	642
Apoios ao solo dos painéis solares fotovoltaicos	19 260 (30 apoios por painel)
Dimensão dos painéis solares fotovoltaicos	49 052 m ² (76,41 m ² por painel)

Com a implementação do projeto consideram-se expectáveis os impactes identificados nos subcapítulos seguintes.

4.1.1 Fase de Construção

Para a fase de obra (fase de construção do projeto), a qual terá uma duração estimada de 18 meses, avaliam-se os seguintes impactes:

1) Alteração das características naturais dos solos

Ações da fase de construção, como a movimentação de terras (escavações e aterros) necessárias ao estabelecimento dos arruamentos internos, estacionamento e implantação de estruturas, assim como a circulação e operação de viaturas/equipamentos para efeitos de aplicação das estacas helicoidais e encastre dos painéis, bem como para a construção da vedação, irão promover a alteração das características naturais dos solos em termos de consolidação, compactação, arejamento e substrato biológico.

Embora nas zonas onde ocorra a movimentação de terras este efeito assuma maior magnitude, decorrerão impactes ao nível da generalidade da área do projeto.

Face à aptidão agrícola dos solos (RAR) presentes na área, considera-se este impacte como negativo e significativo.

2) Erosão e dispersão de solos

Ações da fase de construção, tais como a movimentação de terras (escavações e aterros) necessária ao estabelecimento dos arruamentos internos, estacionamento e implantação de estruturas, implicarão a exposição de solos aos agentes atmosféricos, particularmente ao vento e precipitação, promovendo-se a sua erosão, bem como a sua eventual dispersão e/ou perda.

Face à aptidão agrícola dos solos (RAR) presentes na área do projeto, bem como atendendo a que a área a intervençor apresenta, predominantemente, vulnerabilidade alta à erosão hídrica, situação que as ações da fase de construção irão, temporariamente, potenciar, considera-se este impacte como negativo e significativo.

3) Ocupação do solo pelos trabalhos de instalação do parque solar

No decurso dos trabalhos da fase de construção, a instalação do parque solar promoverá uma progressiva ocupação do solo e respetiva artificialização, com a introdução de elementos inorgânicos relacionados com as vias, estruturas e circulação de viaturas como serão os arruamentos, estacionamentos e implantação de estruturas.

Atendendo à extensão da área afetada e à sua classificação enquanto RAR, classifica-se este impacte como negativo e significativo.

4) Contaminação de solos

A circulação e operação de veículos e equipamentos afetos à construção das infraestruturas do projeto, bem como o manuseio de materiais necessários à fase de obra, poderão originar derrames accidentais de substâncias poluentes, nomeadamente derivados de hidrocarbonetos os quais poderão infiltrar-se no solo.

Considerando que a eventual poluição de solos decorrerá de situações accidentais de pequenos derrames, classifica-se este impacte como negativo e pouco significativo.

4.1.2 Fase de Exploração

No contexto da fase de exploração do projeto, que terá uma duração estimada de 35 anos, avaliam-se os seguintes impactes:

1) Alteração da ocupação do solo e condicionamento do seu uso

No decurso da fase de exploração, uma extensa área de pastagem, a qual faz parte da classe de ocupação do solo com maior representatividade na ilha de São Miguel, registará uma alteração da sua ocupação do solo, para territórios artificializados, ficando assim condicionado o uso agrícola da área do projeto.

Apesar do condicionamento e alteração do uso do solo ser temporário (revertido no final da vida útil do projeto mediante a sua desativação), atendendo à extensão da área afetada e à sua classificação enquanto RAR, classifica-se este impacte como negativo e significativo.

2) Ensombramento do solo

No decurso da fase de exploração, os painéis solares implantados promoverão uma vasta área de ensombramento predominante ou permanente de áreas de coberto vegetal, condicionando o potencial fotossintético dessas secções, o que irá contribuir para um gradual empobrecimento biológico e mineral do solo.

Face à duração da fase de exploração e atendendo à extensão da área afetada e à sua classificação enquanto RAR, classifica-se este impacte como negativo e significativo.

3) Contaminação de solos

A rejeição de águas residuais, a circulação e operação de veículos e equipamentos afetos à manutenção das infraestruturas do projeto, bem como o manuseio de materiais necessários para o efeito, poderão originar derrames acidentais de substâncias poluentes, nomeadamente derivados de hidrocarbonetos os quais poderão infiltrar-se no solo.

Considerando que a eventual poluição de solos decorrerá de situações acidentais de pequenos derrames, classifica-se este impacte como negativo e pouco significativo.

4.1.3 Fase de Desativação

No contexto da fase de desativação do projeto, que prevê o desmonte de todos os componentes e infraestruturas do projeto e restauro da situação de referência, avaliam-se os seguintes impactes:

1) Erosão e dispersão de solos

Ações da fase de desativação, tais como a movimentação de terras com vista à reposição da situação de referência, implicarão a exposição de solos aos agentes atmosféricos, particularmente ao vento e precipitação, promovendo-se a sua erosão, bem como a sua eventual dispersão e/ou perda.

Face à aptidão agrícola dos solos (RAR) presentes na área do projeto, bem como atendendo a que a área a intervençinar apresenta, predominantemente, vulnerabilidade alta à erosão hídrica, situação que as ações da fase de construção irão, temporariamente, potenciar, considera-se este impacte como negativo e significativo.

2) Contaminação de solos

A circulação e operação de veículos e equipamentos afetos à desativação e desmonte das componentes e infraestruturas do projeto poderão originar derrames acidentais de substâncias poluentes, nomeadamente derivados de hidrocarbonetos os quais poderão infiltrar-se no solo.

Considerando que a eventual poluição de solos decorrerá de situações acidentais de pequenos derrames, classifica-se este impacte como negativo e pouco significativo.

5 Evolução da Situação de Referência na Ausência do Projeto

A ausência de intervenção na área de estudo, correspondente à não implementação do projeto em análise, traduz-se na manutenção da atual ocupação e uso agrícola do terreno enquanto pastagem, intercalada com o plantio de milho forrageiro. A manutenção da atual situação de referência não acarreta, como tal, os efeitos e impactes ambientais negativos associados, sobretudo, à fase de obra do respetivo projeto.

No entanto, refira-se que o atual uso da área do projeto, embora concordante com o definido no âmbito da planta de ordenamento do Plano Diretor Municipal (PDM) da Lagoa – espaços agrícolas de produção – e com a reconhecida aptidão agrícola do terreno (RAR), apresenta também impactes negativos sobre os Solos, associados nomeadamente à erosão, dispersão e perda de solos – maior suscetibilidade que se verifica na sequência dos períodos de lavragem – e à gradual diminuição da capacidade produtiva dos solos, motivada pelo uso intensivo e ininterrupto do terreno.

6 Medidas de Minimização

Na sequência da identificação dos impactes associados à implementação do projeto, são apresentadas medidas mitigadoras dos impactes previstos, a implementar durante as fases de construção, exploração e desativação, de modo a perseverar pela manutenção, recuperação e reposição dos solos.

Propõe-se como medidas de minimização fundamentais ao desenvolvimento do projeto:

- **Preservar a totalidade do solo existente na área de intervenção do projeto**, assegurando a utilização total do volume previsto de solos a escavar/movimentar ($13\,509\,m^3$) em trabalhos de correção de drenagens e reparação de eventuais danos ou anomalias que possam ocorrer em fase de obra, bem como para recuperação da zona de estaleiro;
- **Garantir uma intervenção mínima em termos da morfologia da área a intervencionar**, tanto ao nível da movimentação de solos, como das estruturas a implantar no terreno, ações que se devem restringir ao estritamente necessário e ficar integradas, tanto quanto possível, na topografia original do terreno;
- **Fomentar a atividade agrovoltaica** entre as várias fileiras de painéis solares ao longo de toda a vida útil do projeto;
- **Assegurar a manutenção de substrato vegetal nas áreas de solo sob os painéis solares**, utilizando espécies vegetais adequadas à baixa insolação, mantendo o solo vivo ao longo de toda a vida útil do projeto.

Na Tabela 6.1 apresenta-se uma listagem de medidas de minimização complementares recomendadas, por fase do projeto.

Tabela 6.1 | Listagem de medidas de minimização complementares

Fase	Medidas
Construção	Implantar o estaleiro de obra na zona onde atualmente já existe infraestrutura de apoio à atividade agrícola e na qual os solos se encontram mais alterados
	Otimizar os circuitos de circulação para construção de arruamentos e estruturas, bem como para instalação dos painéis solares e vedação
	Promover um adequado acondicionamento, acumulação e proteção dos materiais solos movimentados, protegendo-os da erosão eólica e hídrica
	Assegurar que o eventual transporte de materiais de natureza pulverulenta ou do tipo particulado ocorre em veículos adequados, com a carga coberta e devidamente acondicionada
	Quando os solos a movimentar não sejam aplicados noutra finalidade imediata, deverão ser armazenados em pargas, com execução de sementeira de leguminosas para garantir o arejamento e manutenção das suas características físico-químicas

Projeto das Medidas de Manutenção, Recuperação e Reposição dos Solos
Central Solar Fotovoltaica Híbrida "Lagoa Poente" - Santa Cruz, Lagoa - Açores

Fase	Medidas
Exploração	Monitorizar periodicamente as condições de drenagem da área do projeto e, sempre que necessário, efetuar correções, com vista a minimizar a perda de solos
Desativação	Otimizar os circuitos de circulação para desativação de arruamentos e estruturas, bem como para remoção dos painéis solares e vedação Retificar a morfologia do terreno, com vista à reposição de solos nas zonas desativadas.
Todas as fases	Proceder à manutenção e revisão regular e periódica de todos os veículos e equipamento afetos à obra. O armazenamento de materiais, resíduos e substâncias perigosas no estaleiro deverá efetuar-se em zonas próprias, devidamente identificadas e impermeabilizadas e se necessário, face ao produto armazenado, dotado de bacia de retenção.

7 Considerações Finais

O presente relatório técnico teve como objetivo analisar projeto de construção de uma central solar fotovoltaica híbrida, a qual se enquadra maioritariamente em área da Reserva Agrícola Regional, identificando os seus previsíveis impactes ao nível dos solos, propondo um conjunto de medidas mitigadoras.

Embora a área do projeto incida sobre 136 280 m² (83,0% dos quais em RAR) considera-se que a magnitude dos impactes seja maior nas zonas de arruamentos internos, estacionamento e instalação de estruturas (9,9% da área total), uma vez que os trabalhos previstos para estas zonas implicam movimentação de terras.

Considera-se que o volume de solos a movimentar, embora seja significativo (cerca de 13 509 m³), deva ser mantido na área do projeto ao longo de todas as fases previstas, na perspetiva da sua conservação.

A intervenção mínima em termos da morfologia da área a intervençinar, quer ao nível da movimentação de solos, quer ao nível das estruturas a implantar ao nível do solo, assume-se como fundamental para assegurar as condições topográficas e hidrológicas compatíveis com as originais do terreno.

Embora não impliquem movimentação de solos, considera-se que a aplicação de estacas helicoidais e encastre dos painéis, bem como para a construção da vedação, representem impactes de menor magnitude, incidindo, no entanto, sobre uma área de intervenção mais vasta, a minimizar através da otimização dos respetivos circuitos.

Considera-se ainda que a implementação das práticas agrovoltaicas propostas se assumem fundamentais para a manutenção de atividade agrícola em grande parte do terreno, bem como para manutenção da componente biológica dos solos ao longo da fase de exploração do projeto.

Por outro lado, perspetiva-se que a evolução da situação de referência na ausência da implementação do projeto em análise se traduza na manutenção da atual utilização agrícola do terreno, o que, por sua vez, representa também impactes negativos sobre os solos, tais como a erosão, dispersão e perda de solos, ou a sua gradual diminuição da capacidade produtiva, motivada pelo uso intensivo e ininterrupto do terreno.

A equipa responsável pelo presente projeto considera que as medidas propostas, ao serem asseguradas em projeto de execução e/ou especialidades, contribuirão para a preservação do solo, sem prejuízo da capacidade produtiva da central a instalar, disponibilizando-se, no entanto, para avaliação de qualquer apreciação técnica que a IROA venha a formular.

8 Bibliografia

- CARMO, R.L., 2013. *Estudos de neotectónica na ilha de S. Miguel, uma contribuição para o estudo do risco sísmico no arquipélago dos Açores*. Tese de doutoramento em Geologia, especialidade em Vulcanologia. Universidade dos Açores, 307p.
- CARTA DE OCUPAÇÃO DO SOLO DA REGIÃO AUTÓNOMA DOS AÇORES 2018 (COS.A/2018). Secretaria Regional da Energia, Ambiente e Turismo – Direção Regional do Ambiente.
- FERREIRA, T., 2000. *Caracterização da Actividade Vulcânica da Ilha de S. Miguel (Açores): Vulcanismo Basáltico Recente e Zonas de Desgaseificação. Avaliação de riscos*. Tese de Doutoramento no ramo de Geologia, especialidade de Vulcanologia. Universidade dos Açores, Ponta Delgada. 248 pp.
- FORJAZ, V.H., NUNES, J.C., GUEDES, J.H.C. e OLIVEIRA, C.S., 2001. Classificação Geotécnica dos Solos Vulcânicos dos Açores: Uma Proposta. In: Associação Portuguesa de Meteorologia e Geofísica (Ed.), *Actas do II Simpósio de Meteorologia e Geofísica – Comunicações de Geofísica*. Évora; 76-81.
- FRANÇA, Z., CRUZ, J.V., NUNES, J.C., FORJAZ, V.H. e BORGES, P., 2003. Geologia dos Açores: Uma Perspectiva Actual. *Açoreana*. 10: 11-140.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO DO EXÉRCITO (IGeoE), 2001. Carta Militar de Portugal, Ponta Delgada (S. Miguel - Açores), Folha 32, Escala 1:25 000, Série M889. Edição 2. Lisboa.
- MEDEIROS, A., 2009. *Base de dados para a divulgação da Geologia dos Açores*. Tese de Mestrado em Vulcanologia e Riscos Geológicos. Universidade dos Açores, 207p.
- MOORE, R.B., 1991. Geologic Map of São Miguel, Azores. Escala 1:50 000. In: Miscellaneous Investigation Series. U. S. Department of the Interior, U. S. Geological Survey (Ed.).
- PLANO DE GESTÃO DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DOS AÇORES 2022-2027 (PGRH-AÇORES), 2021. Relatório Técnico. Caracterização e Diagnóstico da Situação de Referência, Volume 2 – São Miguel. Secretaria Regional do Ambiente e Alterações Climáticas – Direção Regional do Ordenamento do Território e dos Recursos Hídricos. Ponta Delgada, dezembro de 2021. 588 pp.
- PLANO REGIONAL DA ÁGUA (PRA), 2001. Relatório técnico. Versão para consulta pública. Secretaria Regional do Ambiente, Direção Regional do Ordenamento do Território e dos Recursos Hídricos. 414 pp.
- RICARDO, R., MADEIRA, M., MEDINA, J., MARQUES, M & FURTADO, A., 1977. Esboço pedológico da Ilha de São Miguel (Açores). Anais do Instituto Superior de Agronomia, XXXVII: 275-385.
- SAMPAIO, J., PINHEIRO, J. & MADRUGA, J., 1986. Reserva Agrícola Regional – Classes de Capacidade de Usos do Solo. Universidade dos Açores – Departamento de Ciências Agrárias. Angra do Heroísmo.
- SAMPAIO, J., PINHEIRO, J. & MADRUGA, J., 1987. Carta de Capacidade de Uso do Solo da Ilha de S. Miguel – Açores. Escala 1: 50 000. Universidade dos Açores.
- 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, 149p.

WALKER, G.P.L. & CROASDALE, R., 1971. Two Plinian-type eruptions in the Azores. *Journal of the Geological Society of London*. 127: 17-55.

WALLENSTEIN, N.M.B.A., 1999. Estudo da História Eruptiva Recente e do Comportamento Eruptivo do Vulcão do Fogo (S. Miguel, Açores). Avaliação Preliminar do Hazard. Tese de doutoramento no ramo de Geologia, especialidade de Vulcanologia. Universidade dos Açores. 266 pp.

ZBYSZEWSKI, G., 1961. Étude géologique de l'Île de S. Miguel (Açores). *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*. 45: 5-79.

ZBYSZEWSKI, G., MEDEIROS, A.C., ALMEIDA, F.M. & FERREIRA, O.V., 1958. Carta Geológica de Portugal. Folha B - São Miguel (Açores). Escala 1:50.000. Direção Geral de Minas e Serviços Geológicos.

Estudo Geológico – Geotécnico

**Terreno para Construção de Central Solar
Fotovoltaica Híbrida “Lagoa Poente”**

Santa Cruz, Lagoa - Açores

**Azores PV & BESS Parque Solar Santa Cruz
Lagoa São Miguel Poente, Unipessoal Lda**

Abril de 2024

Informação sobre o documento e autores

Azores PV & BESS Parque Solar Santa Cruz Lagoa São Miguel
Poente, Unipessoal Lda

Promotor

Rua Almirante Gago Coutinho No 24 (A/C Branco & Carreiro Lda)
9680-117 Vila Franca do Campo
☎ 914 640 844 ✉ anton@força.pt

Descrição do Documento

Estudo Geológico e Geotécnico: Terreno para Construção de
Central Solar Fotovoltaica "Lagoa Poente" - Santa Cruz, Lagoa -
Açores

Versão

1.0

Referência do Ficheiro

RTXXIV_14_EGG_APVLW

N.º de Páginas

31

LabGeo – Engenharia e Geotecnologia

Execução do Estudo

Estrada dos Portões Vermelhos, 20
9650-450 Rosário, Lagoa
☎ 96 373 02 87 ✉ info@labgeo.pt

Autores

Diogo Caetano

Geólogo, Mestre em Ordenamento do Território e Planeamento Ambiental
Diana Ponte

Geóloga, Pós-Graduação em Vulcanologia e Riscos Geológicos

Adriano Pacheco

Carla Cordeiro

Rúben Cabral

Outras Contribuições

Diogo Caetano

Responsável pelo Estudo

Data

Abril de 2024

Índice

1	Introdução	4
2	Enquadramento da Área de Estudo	5
2.1	Descrição Sumária da Área de Estudo.....	5
2.2	Localização Geográfica	5
2.3	Geomorfologia e Tectónica.....	5
2.4	Geologia	8
2.5	Geotecnia	10
2.6	Hidrografia e Recursos Hídricos	13
3	Riscos Naturais.....	16
3.1	Sismicidade.....	16
3.2	Atividade Vulcânica.....	17
3.3	Movimentos de Vertente	18
3.4	Cheias e Inundações.....	18
4	Resultados da Prospecção Realizada.....	20
5	Zonamento Geológico e Geotécnico.....	23
5.1	Zonamento Geológico	23
5.2	Zonamento Geotécnico	24
6	Síntese Conclusiva e Recomendações	27
7	Bibliografia	28

Índice de Figuras

Figura 2.1 Enquadramento geográfico da área de estudo (IGeoE, 2002; https://ot.azores.gov.pt/Informacao-Geografica.aspx?ilha=saomiguel)	5
Figura 2.2 Enquadramento do local de estudo no contexto geomorfológico da ilha de São Miguel (adaptado de Zbyszewski, 1961)	6
Figura 2.3 Representação esquemática do mapa de declives da área de estudo e perfis topográficos interpretativos (base geográfica de https://ot.azores.gov.pt/Informacao-Geografica.aspx?ilha=saomiguel)	7
Figura 2.4 Enquadramento da área de estudo no contexto da carta tectono-vulcânica da ilha de São Miguel (Carmo, 2013)	8
Figura 2.5 Contexto geodinâmico dos Açores (adaptado de Hipólito, 2009 e França <i>et al.</i> , 2003)	9
Figura 2.6 Enquadramento do local de estudo no contexto vulcanoestratigráfico da ilha de São Miguel (adaptado de Forjaz, 2004)	9
Figura 2.7 Cartografia litológica da área de estudo e envolvente (adaptado de Moore, 1991; base geográfica de https://ot.azores.gov.pt/Informacao-Geografica.aspx?ilha=saomiguel)	10
Figura 2.8 Zonas sísmicas para a Região Autónoma dos Açores (Anexo Nacional ao Eurocódigo 8, NP EN 1998-1:2009)	11
Figura 2.9 Enquadramento da área de estudo no contexto da hidrogeologia, hidrografia e recursos hídricos da ilha de São Miguel (dados do PGRH-Açores; base geográfica de https://ot.azores.gov.pt/Informacao-Geografica.aspx?ilha=saomiguel)	15
Figura 3.1 Carta da sismicidade registada na ilha de São Miguel entre 1997 e 2009 (CIVISA, 2009 <i>in</i> Medeiros, 2009)	16
Figura 3.2 Carta de isossistas de intensidade máxima (EMS-98) para a ilha de S. Miguel (adaptado de Silveira, 2002)	17
Figura 3.3 Enquadramento da área de estudo no contexto do mapa de suscetibilidade de movimentos de vertente (dados da Secretaria Regional do Ambiente e Alterações Climáticas; base geográfica de https://ot.azores.gov.pt/Informacao-Geografica.aspx?ilha=saomiguel)	18
Figura 3.4 Risco de inundações na bacia hidrográfica onde se enquadra a área de estudo (dados do PGRIA, 2022; base geográfica de https://ot.azores.gov.pt/Informacao-Geografica.aspx?ilha=saomiguel)	19
Figura 4.1 Representação esquemática da localização dos poços de inspeção realizados em "Lagoa Poente" sobre ortofotomapta (base https://ot.azores.gov.pt/Informacao-Geografica.aspx?ilha=saomiguel)	20
Figura 4.2 Aspetos fotográficos dos poços de inspeção efetuados em "Lagoa Poente" (Labgeo, 19/03/2024)	22

Índice de Tabelas

Tabela 2.1 Classificação geotécnica das formações geológicas dos Açores (Forjaz <i>et al.</i> , 2001).....	11
Tabela 2.2 Tipos de terreno e valores do parâmetro Smax segundo o Eurocódigo 8 - Parte 1 (2009)	13
Tabela 2.3 Síntese de caracterização da massa de água Ponta Delgada - Fenais da Luz (PGRH-Açores)	14
Tabela 3.1 Lista dos perigos vulcânicos genéricos	17
Tabela 4.1 Dados dos elementos de prospeção – poços de inspeção de “Lagoa Poente”	20
Tabela 4.2 Descrição do poço de inspeção P1- Lagoa Poente	21
Tabela 4.3 Descrição do poço de inspeção P2- Lagoa Poente	21
Tabela 4.4 Descrição do poço de observação P3- Lagoa Poente	21
Tabela 4.5 Descrição do poço de inspeção P4- Lagoa Poente	21
Tabela 4.6 Descrição do poço de inspeção P5- Lagoa Poente	22
Tabela 5.1 Perfil de terreno inferido pela interpretação geológica	24
Tabela 5.2 Características gerais das formações geológicas intercetadas pelos trabalhos de prospeção em “Lagoa Poente” (adaptado de Forjaz <i>et al.</i> , 2001).....	25
Tabela 5.3 Caracterização sísmica de “Lagoa Poente” segundo o Eurocódigo 8 - Parte 1 (2009) e respetivo Smax estimado para os valores médios esperados	26

1 Introdução

Considerando a intenção de analisar, sob o ponto de vista geológico-geotécnico, um terreno localizado na freguesia de Santa Cruz, concelho de Lagoa (Açores), ilha de São Miguel, com vista à construção de central solar fotovoltaica, foi solicitado à LabGeo – Engenharia e Geotecnologia a realização do presente estudo.

O estudo em questão compreendeu as seguintes fases distintas:

- Levantamento de informação bibliográfica e cartográfica da área de estudo;
- Levantamento de campo;
- Trabalhos de prospeção do terreno;
- Processamento de informação;
- Elaboração de relatório técnico.

O presente documento constitui o relatório técnico do estudo geológico-geotécnico efetuado e tem como objetivos fundamentais:

1. Caracterização do local de estudo do ponto de vista geológico, geomorfológico e geotécnico;
2. Identificação dos riscos geológicos inerentes ao local de estudo;
3. Apresentação de considerações finais e recomendações.

Os trabalhos de gabinete e de campo que resultaram na elaboração do presente relatório foram desenvolvidos no decorrer dos meses de janeiro a abril de 2024.

2 Enquadramento da Área de Estudo

2.1 Descrição Sumária da Área de Estudo

O presente estudo pretende aferir as condições geológicas e geotécnicas de um prédio no qual se perspetiva a construção de central solar fotovoltaica, assim como efetuar uma análise dos riscos geológicos do local. É definida como zona de análise do presente estudo o terreno em apreço.

2.2 Localização Geográfica

A área de estudo compreende um terreno de 136 280 m², o qual se situa na freguesia de Santa Cruz, concelho de Lagoa, na ilha de São Miguel, Região Autónoma dos Açores. A localização geográfica, no contexto da cartografia militar e fotografia aérea, é apresentada na Figura 2.1:

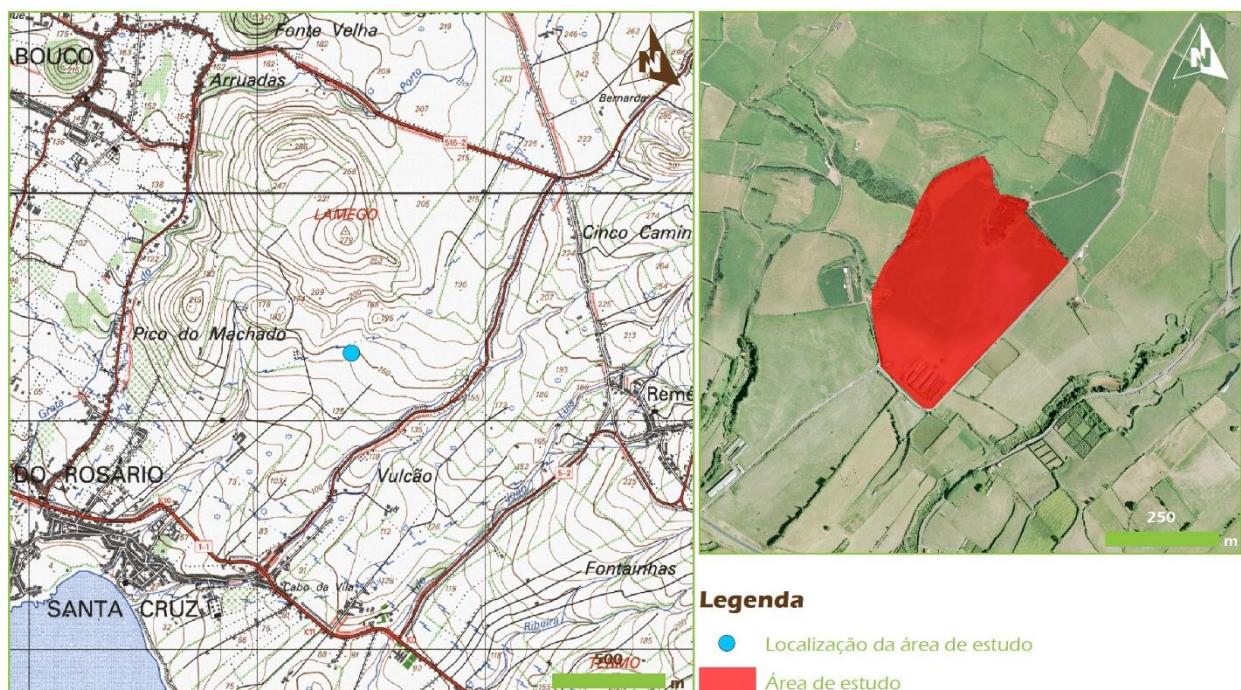


Figura 2.1 | Enquadramento geográfico da área de estudo (IGeoE, 2002; <https://ot.azores.gov.pt/Informacao-Geografica.aspx?ilha=saoalice>)

2.3 Geomorfologia e Tectónica

A ilha de São Miguel é a maior do arquipélago, apresentando uma área de 747 km² e largura e comprimentos máximos de 16 e 66 km, respetivamente.

Segundo Zbyszewski (1961), individualizam-se oito unidades geomorfológicas na ilha de São Miguel: Maciço Vulcânico das Sete Cidades; Região dos Picos; Complexo Vulcânico da Serra de Água de Pau; Planalto da Achada das Furnas; Vulcão das Furnas; Vulcão da Povoação; Região da Tronqueira e do Nordeste; e Plataforma Litoral do Norte (Figura 2.2).



Figura 2.2 | Enquadramento do local de estudo no contexto geomorfológico da ilha de São Miguel (adaptado de Zbyszewski, 1961)

Em termos geomorfológicos, a área de estudo enquadra-se na Região dos Picos, que se desenvolve segundo a direção geral E-W, entre o Maciço Vulcânico das Sete Cidades, a oeste, e o Complexo Vulcânico da Serra de Água de Pau, a leste. A Região dos Picos caracteriza-se pela presença de numerosos cones vulcânicos concentrados no seu eixo longitudinal, responsáveis pelo relevo mais irregular e pelos declives mais acentuados (30 a 40°). A partir dessa zona axial o relevo desenvolve-se em vertentes suaves para norte e para sul, com declives inferiores a 5°. Na Região dos Picos as altitudes médias não ultrapassam os 200 m, sendo a maior altitude registada na Serra Gorda, aos 485 m.

A área de estudo enquadra-se numa zona de relevo moderado, situada sensivelmente, entre os 120 e os 200 m de altitude, com declives maioritariamente inferiores a 15°.

De modo a interpretar a morfologia da área de estudo e sua envolvente apresenta-se na Figura 2.3 o mapa de declives da zona. Na mesma figura são também apresentados dois perfis topográficos interpretativos, perpendiculares entre si. A área de estudo apresenta uma exposição fisiográfica predominantemente para o quadrante sudoeste.

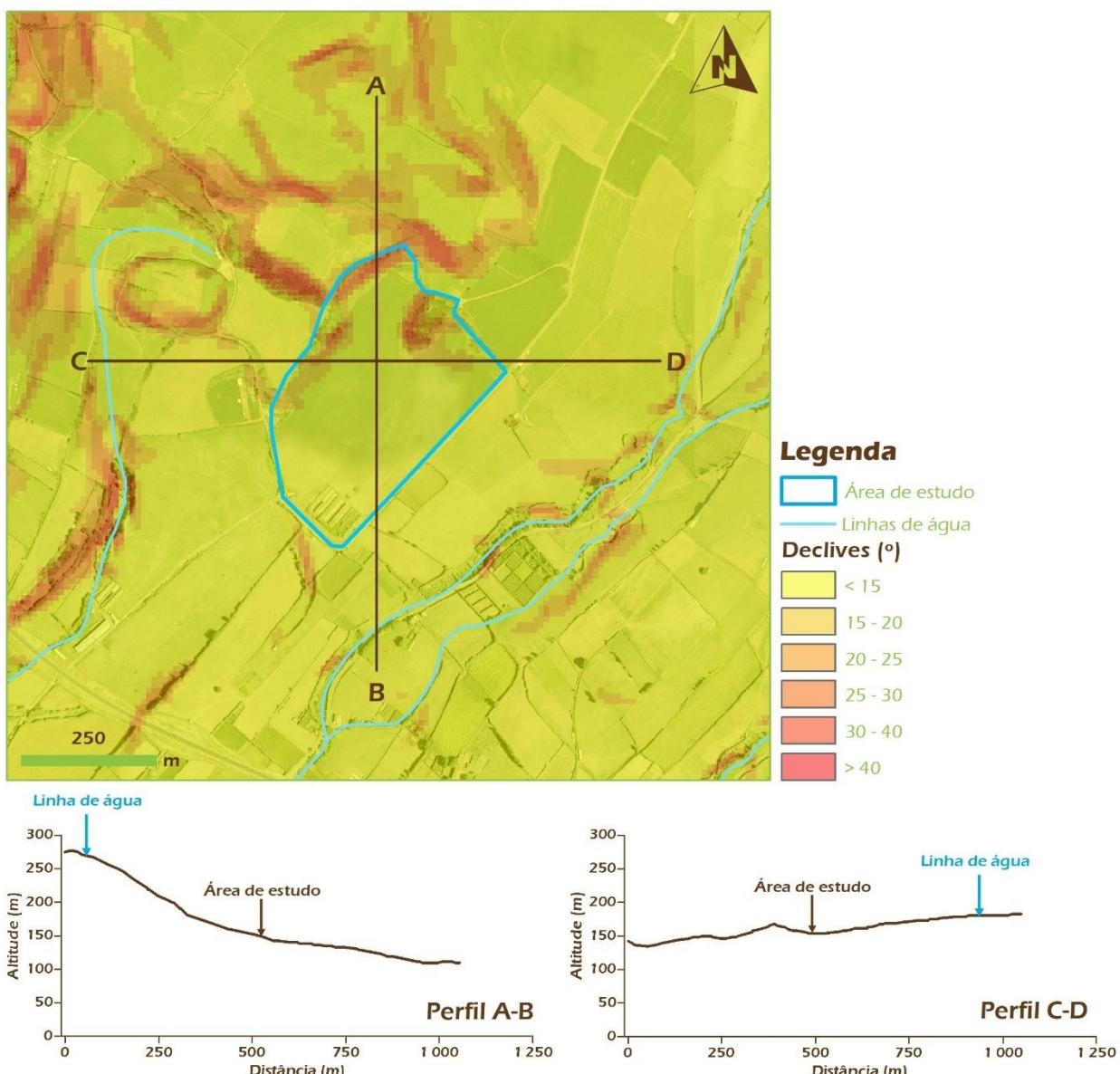


Figura 2.3 | Representação esquemática do mapa de declives da área de estudo e perfis topográficos interpretativos (base geográfica de <https://ot.azores.gov.pt/Informacao-Geografica.aspx?ilha=sao-miguel>)

No que concerne à tectónica, na ilha de São Miguel predominam as estruturas de direção geral NW-SE, representando a direção NE-SW outra família de falhas significativa, mas de menor expressão (Carmo, 2013).

No contexto das estruturas tectónicas da ilha de São Miguel, identificam-se, junto ao limite norte da área de estudo, falhas ocultas de direção geral NW-SE, as quais se representam na Figura 2.4.

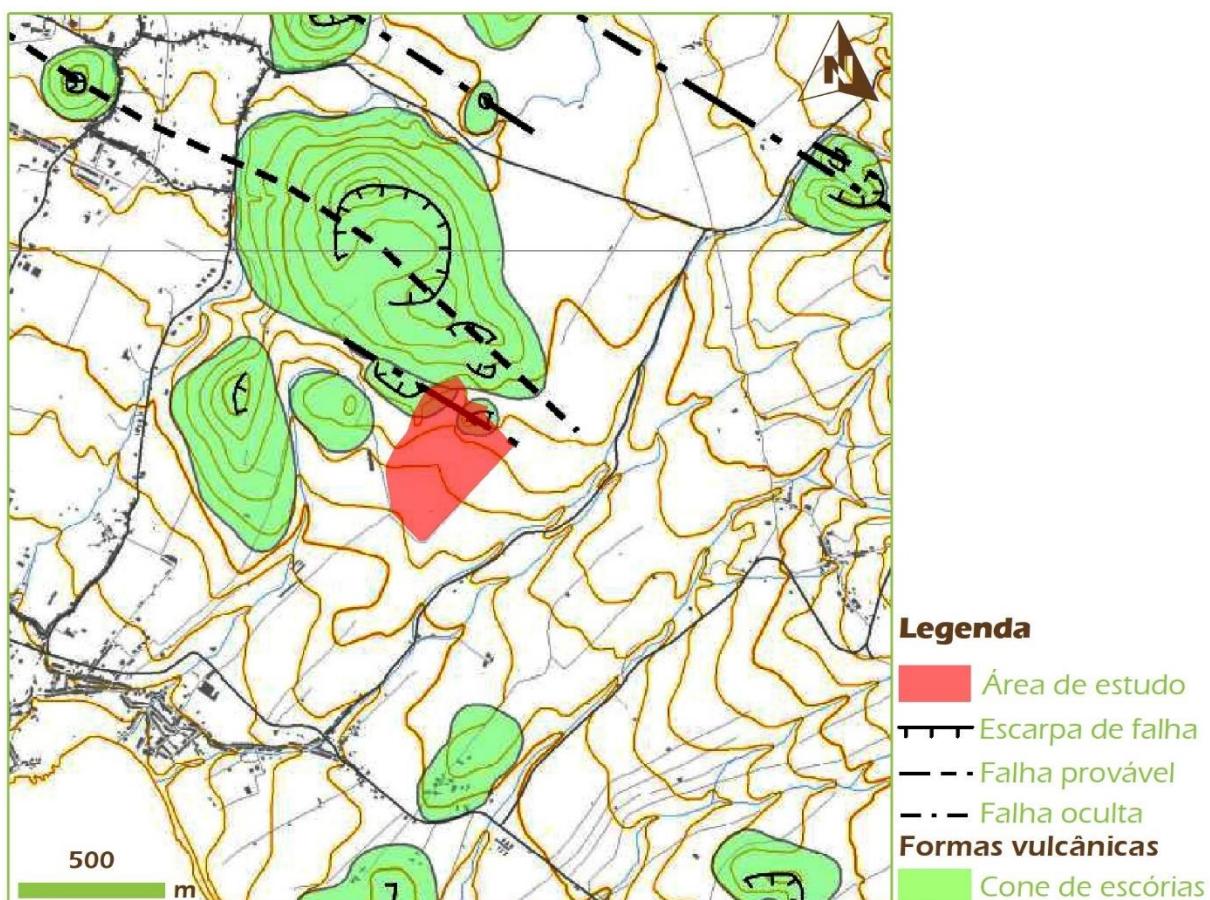


Figura 2.4 | Enquadramento da área de estudo no contexto da carta tectono-vulcânica da ilha de São Miguel (Carmo, 2013)

2.4 Geologia

Os Açores encontram-se numa zona de convergência de três placas litosféricas – Euroasiática, Africana (Núbia) e Norte Americana – e outras estruturas tectónicas menores, cuja dinâmica é responsável pela sismicidade e vulcanismo atuantes nestas ilhas (França et al., 2003). As principais estruturas tectónicas estão representadas na figura seguinte, destacando-se a Crista Média Atlântica, que limita a placa Norte Americana, a oeste, das placas Euroasiática e Africana, a leste, o Rifte da Terceira – estrutura transformante com uma orientação NW-SE que limita, na plataforma dos Açores, a placa Africana da Euroasiática – e a Falha Glória, que materializa esse limite para leste da ilha de Santa Maria (Figura 2.5).

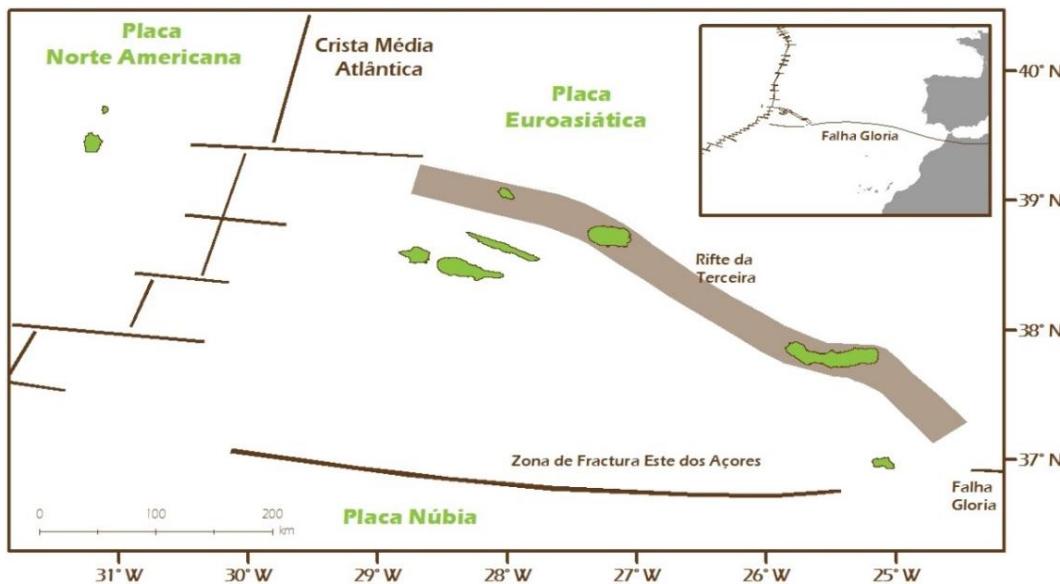


Figura 2.5 | Contexto geodinâmico dos Açores (adaptado de Hipólito, 2009 e França *et al.*, 2003)

Segundo Forjaz (2004) a ilha de São Miguel individualiza-se nas seguintes unidades vulcanoestratigráficas: Vulcão das Sete Cidades, Complexo Vulcânico dos Picos, Vulcão do Fogo, Vulcão das Furnas, Vulcão da Povoação e Complexo Vulcânico do Nordeste. Considerando as unidades referidas, a área de estudo enquadra-se no Complexo Vulcânico dos Picos (Figura 2.6).



Figura 2.6 | Enquadramento do local de estudo no contexto vulcanoestratigráfico da ilha de São Miguel (adaptado de Forjaz, 2004)

A área de estudo enquadra-se no Complexo Vulcânico dos Picos, formado por vulcanismo fissural, maioritariamente por erupções havaianas e estrombolianas. Este complexo vulcânico caracteriza-se pelos alinhamentos de cones vulcânicos monogenéticos segundo a direção geral WNW-ESE. Os centros vulcânicos monogenéticos correspondem, na sua maioria, a cones de escórias basálticas, identificando-se, também, domos traquíticos e cones de tufo (Ferreira, 2000).

Registaram-se seis erupções vulcânicas históricas na ilha de São Miguel, uma das quais no Complexo Vulcânico dos Picos, em 1652.

De forma a caracterizar a área de estudo sob o ponto de vista geológico, apresenta-se a cartografia geológica da área de estudo. A cartografia permite fazer um reconhecimento geológico de superfície do local, com a identificação dos materiais geológicos aflorantes (Figura 2.1).

De acordo com a cartografia de Moore (1991), a área de estudo enquadrava-se em zona de basaltos cobertos por depósitos pomíticos indiferenciados. Segundo os trabalhos de Zbyszewski *et al.* (1958), de Walker & Croasdale (1971) e de Moore (1991), os depósitos pomíticos presentes no local são de queda e de fluxo.

No entanto, de acordo com a cartografia de Ferreira (2000) identificam-se na zona norte da área de estudo estruturas morfotectónicas correspondentes a cones de escórias, os quais podem apresentar igualmente cobertura de depósitos pomíticos indiferenciados.



Figura 2.7 | Cartografia litológica da área de estudo e envolvente (adaptado de Moore, 1991; base geográfica de <https://ot.azores.gov.pt/Informacao-Geografica.aspx?ilha=saoalice>)

2.5 Geotecnia

As formações geológicas do arquipélago dos Açores podem ser classificadas em função da natureza dos materiais vulcânicos e das suas características geotécnicas, considerando o seu comportamento sísmico, em três grupos – duro, intermédio e brando (Forjaz *et al.*, 2001) (Tabela 2.1).

Tabela 2.1 | Classificação geotécnica das formações geológicas dos Açores (Forjaz *et al.*, 2001)

Grupo	Subgrupo	Descrição	Velocidade ondas de corte (m/s)	N _{SPT} (bl/30cm)	Resistência ao corte (kPa)	Atrito interno
Duro (II)	Ia	Escoadas lávicas traquíticas s.l. (incluindo domos)	>400	Nega	>200	-
	Ib	Escoadas lávicas basálticas s.l.		Nega	>200	-
	Ic	Ignimbritos soldados		Nega	>200	-
	Id	Tufos surtseianos (haloclastitos)		Nega	>200	-
Intermédio (III)	IIa	Ignimbritos não soldados e <i>lahars</i>	200-400	05-40	30-120	10-45°
	IIb	Depósitos de vertente, aluviações e areias de praia		00-20	00-30	05-20°
Brando (III)	IIIa	Pedra-pomes e materiais pomíticos indiferenciados	<200	05-50	00-10	05-15°
	IIIb	Escórias basálticas s.l. ("bagacina")		30>60	10-100	>45°

Relativamente às zonas sísmicas, a ilha de São Miguel enquadra-se, segundo o Eurocódigo 8 (NP EN 1998-1), na zona sísmica associada a sismo próximo (ação do tipo 2), mais concretamente na zona vermelha - 2.1 (Figura 2.8).

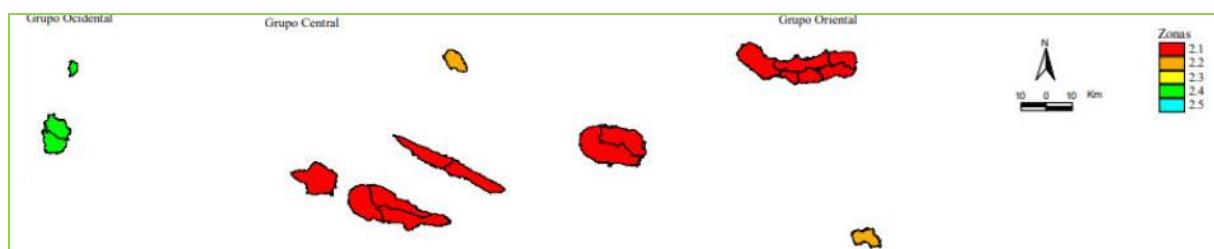


Figura 2.8 | Zonas sísmicas para a Região Autónoma dos Açores (Anexo Nacional ao Eurocódigo 8, NP EN 1998-1:2009).

Na

Tabela 2.2 apresentam-se os tipos de terreno segundo o Eurocódigo 8 - Parte 1 (2009), bem como os valores do coeficiente máximo do solo (S_{max}), os quais são determinados conforme os diferentes tipos de terreno.

Tabela 2.2 | Tipos de terreno e valores do parâmetro S_{max} segundo o Eurocódigo 8 - Parte 1 (2009)

Tipo de terreno	Descrição do perfil estratigráfico	Parâmetros			
		vs,30 (m/s)	NSPT (pancadas/30 cm)	u (kPa)	S_{max}
A	Rocha ou outra formação geológica de tipo rochoso, que inclua, no máximo, 5 m de material mais fraco à superfície	> 800	-	-	1,00
B	Depósitos de areia muito compacta, de seixo (cascalho) ou de argila muito rija, com uma espessura de, pelo menos, várias dezenas de metros, caracterizados por um aumento gradual das propriedades mecânicas com a profundidade	360–800	> 50	> 250	1,35
C	Depósitos profundos de areia compacta ou medianamente compacta, de seixo (cascalho) ou de argila rija com uma espessura entre várias dezenas e muitas centenas de metros	180–360	15 - 50	70-250	1,60
D	Depósitos de solos não coesivos de compacidade baixa a média (com ou sem alguns estratos de solos coesivos moles), ou de solos predominantemente coesivos de consistência mole a dura	< 180	< 15	< 70	2,00
E	Perfil de solo com um estrato aluvionar superficial com valores de vs do tipo C ou D e uma espessura entre cerca de 5 m e 20 m, situado sobre um estrato mais rígido com vs > 800 m/s				1,80
S_1	Depósitos constituídos ou contendo um estrato com pelo menos 10 m de espessura de argilas ou siltos moles com um elevado índice de plasticidade ($PI > 40$) e um elevado teor em água	< 100 (indicativo)	-	-	10-20
S_2	Depósitos de solos com potencial de liquefação, de argilas sensíveis ou qualquer outro perfil de terreno não incluído nos tipos A – E ou S_1				

2.6 Hidrografia e Recursos Hídricos

Na ilha de São Miguel, de um modo geral, as áreas que correspondem a edifícios vulcânicos centrais apresentam altitudes máximas superiores a 800 metros, vertentes declivosas mergulhantes normalmente até ao nível do mar e possuem redes de drenagem densas. Por outro lado, nas áreas de vulcanismo fissural, onde ocorrem cones monogenéticos com altitudes geralmente inferiores a 500 metros e predominam formações basálticas jovens e pouco alteradas, a erosão ainda não desempenhou um papel muito preponderante na modelação da paisagem, o que resulta em níveis de infiltração superiores, preferencialmente nas áreas revestidas por estruturas arbustivas de vegetação natural, que constituem áreas importantes de recarga dos aquíferos. A altíssima permeabilidade da maior parte destas zonas e dos solos aflorantes, proporcionam uma reduzida escorrência superficial, resultando em linhas de água pouco desenvolvidas. As áreas de vulcanismo fissural mais antigas, geralmente mais erodidas e modeladas pela erosão hídrica superficial, apresentam, por essa razão, cursos de água encaixados em vales apertados. Como exemplo maior deste fenómeno temos a zona nordeste da ilha.

No que concerne às águas superficiais, a área de estudo localiza-se entre duas linhas de água com direção aproximada NE-SW, as quais apresentam regime de escoamento temporário.

Ao nível dos recursos hídricos subterrâneos, na ilha de São Miguel estão delimitadas seis massas de água ou sistemas aquíferos: Sete Cidades; Ponta Delgada - Fenais da Luz; Água de Pau; Achada; Furnas - Povoção; e Nordeste - Faial da Terra (PGRH-Açores).

A área de estudo enquadra-se no sistema aquífero Ponta Delgada - Fenais da Luz, que consiste num sistema basal constituído por aquíferos predominantemente fissurados, aquíferos de altitude, descontínuos, dependentes da existência de níveis de permeabilidade muito reduzida ou em função de aparelhos vulcânicos secundários, sempre que o respetivo volume seja significativo do ponto de vista hidrogeológico (PGRH-Açores).

A massa de água Ponta Delgada - Fenais da Luz ocupa uma área de 196,71 km², encontrando-se limitada a oeste pela massa de água Sete Cidades e a leste pela de Água de Pau. Encontram-se identificadas 208 nascentes e 21 furos na massa de água em apreço (PGRH-Açores).

Na área de estudo não se identificam nascentes ou furos, sendo que, no mesmo contexto, esta não incide em nenhuma zona de proteção a captações.

A Tabela 2.3 apresenta uma síntese dos principais dados relativos à massa de água Ponta Delgada - Fenais da Luz.

Tabela 2.3 | Síntese de caracterização da massa de água Ponta Delgada - Fenais da Luz (PGRH-Açores)

Massa de água Ponta Delgada - Fenais da Luz	
Área aflorante	196,71 km ²
Litologias dominantes	Escoadas lávicas basálticas s.l. intercaladas com níveis piroclásticos; depósitos piroclásticos basálticos subaéreos relacionados com aparelhos vulcânicos secundários
Características gerais	Sistema basal constituído por aquíferos predominantemente fissurados; aquíferos de altitude, descontínuos, dependentes da existência de níveis de permeabilidade muito reduzida ou em função de aparelhos vulcânicos secundários, sempre que o respetivo volume seja significativo do ponto de vista hidrogeológico
Produtividade	Mediana = 0,88 L/s (caudal das nascentes no inverno) Mediana = 0,36 L/s (caudal das nascentes no verão) Mediana = 8,00 L/s (furos)
Fácies química	Cloretada sódica a cloretada bicarbonatada sódica e bicarbonatada sódica
Nascentes	208
Furos de captação	21

A Figura 2.9 enquadra a área de estudo no contexto da hidrogeologia, hidrografia e recursos hídricos da ilha de São Miguel.

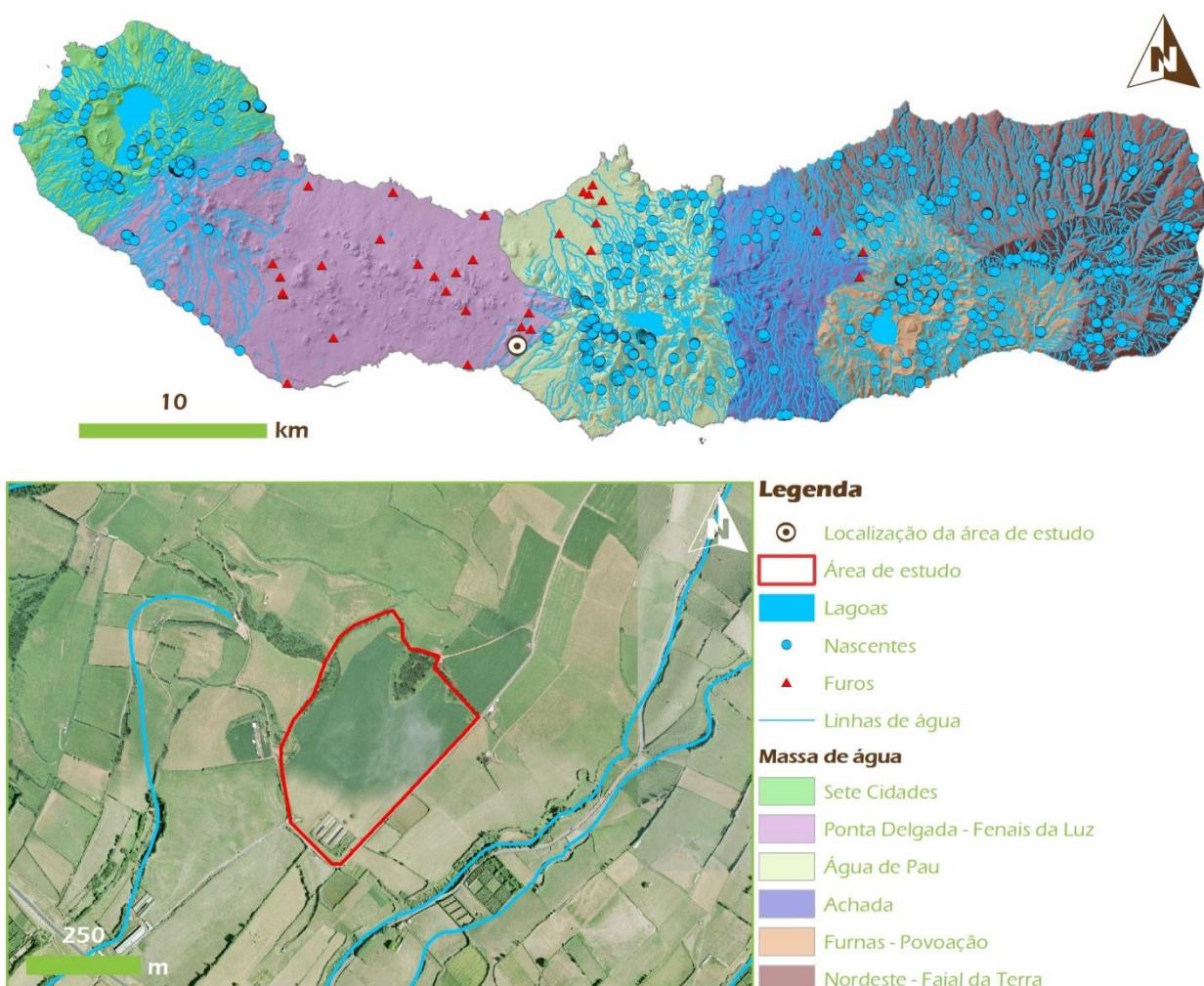


Figura 2.9 | Enquadramento da área de estudo no contexto da hidrogeologia, hidrografia e recursos hídricos da ilha de São Miguel (dados do PGRH-Açores; base geográfica de <https://ot.azores.gov.pt/Informacao-Geografica.aspx?ilha=saoalice>)

3 Riscos Naturais

O enquadramento geodinâmico do arquipélago dos Açores expressa-se pela ocorrência de fenómenos vulcânicos e sísmicos, que comportam riscos para a sociedade. Desta forma, a análise de riscos de um qualquer local da Região Autónoma dos Açores deve atender a estes aspectos, analisando quer o risco derivado da atividade vulcânica, quer o risco derivado de fenómenos sísmicos.

Por outro lado, atendendo ao enquadramento específico da área de estudo, o presente documento analisa igualmente a suscetibilidade a movimentos de vertente e cheias e inundações.

3.1 Sismicidade

Na ilha de São Miguel as regiões com maior densidade epicentral estão associadas ao Vulcão das Sete Cidades, ao Vulcão das Furnas e ao sector compreendido pelo Vulcão do Fogo, onde se enquadra a área de estudo, e pela denominada zona sismogénica do Fogo-Congro, enquanto no Sistema Vulcânico dos Picos e no sector nordeste da ilha a sismicidade tem sido comparativamente mais baixa (Carmo, 2013).

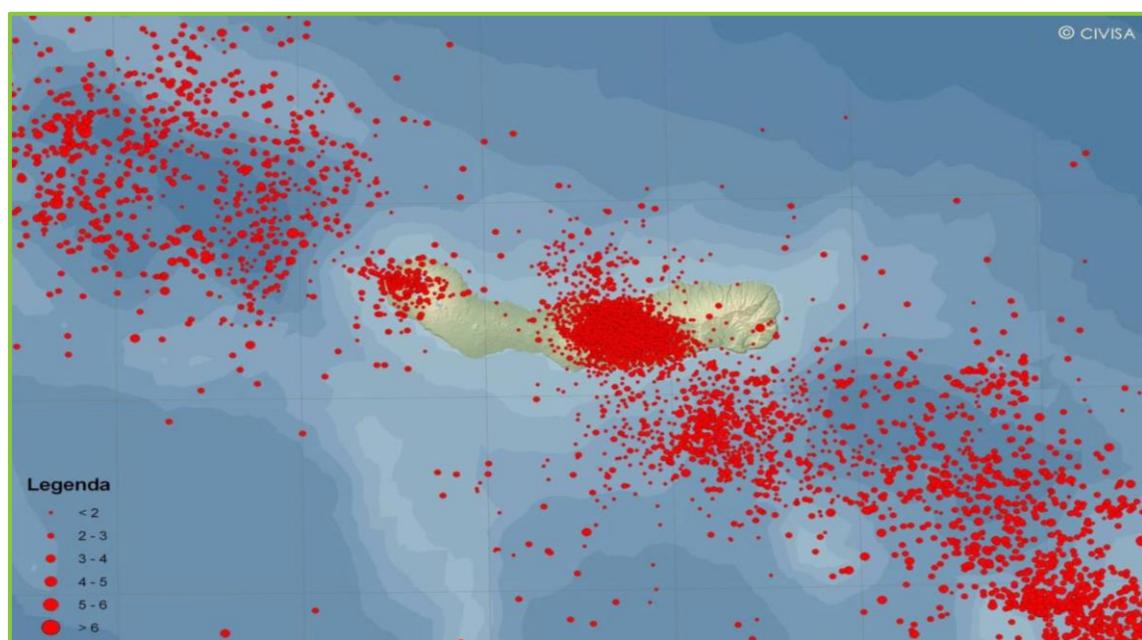


Figura 3.1 | Carta da sismicidade registada na ilha de São Miguel entre 1997 e 2009 (CIVISA, 2009 *in* Medeiros, 2009)

Segundo a carta de intensidades máximas históricas da ilha de São Miguel, a área de estudo registou, na Escala Macrossísmica Europeia - 1998 (EMS-98), uma intensidade máxima de IX – Destruutivo (Figura 3.1 e Figura 3.2).

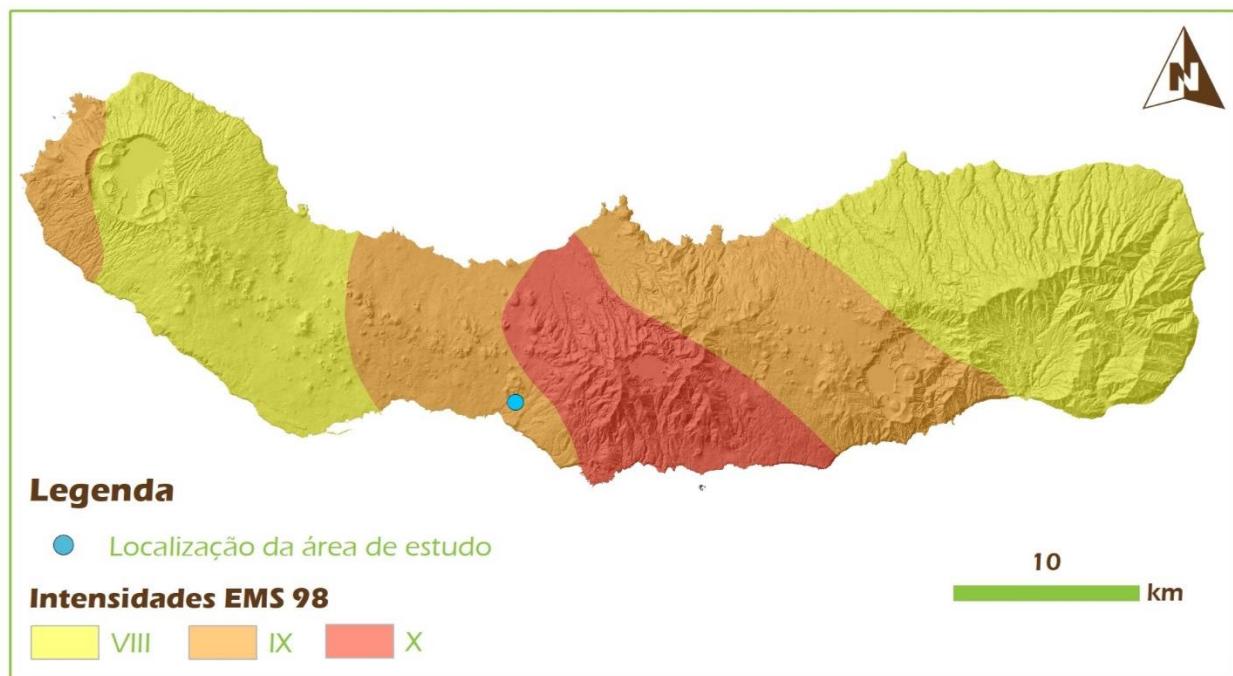


Figura 3.2 | Carta de isossistas de intensidade máxima (EMS-98) para a ilha de S. Miguel (adaptado de Silveira, 2002)

Nos últimos 30 anos, os dois sismos sentidos com maior intensidade na ilha de São Miguel ocorreram em 1988 e atingiram o grau VI-VII (MM-56). Foram eles o sismo de 16 de outubro, que se localizou a cerca de 23 km a SSW da Povoação e teve magnitude 5, e o sismo de 21 de novembro, com epicentro a NW dos Mosteiros e magnitude 5,3.

3.2 Atividade Vulcânica

Do ponto de vista vulcânico, apesar da área de estudo se encontrar no Complexo Vulcânico dos Picos, pela proximidade, encontra-se exposta a perigos associados a erupções vulcânicas efusivas e explosivas, como escoadas lávicas e piroclastos de queda, escoadas piroclásticas e escoadas de lama, cujos efeitos são sintetizados na Tabela 3.1:

Tabela 3.1 | Lista dos perigos vulcânicos genéricos

Perigos Vulcânicos	Consequências Prováveis em Infraestruturas
Escoadas lávicas	Destrução de edifícios e infraestruturas. Incêndios. Soterramentos.
Piroclastos de queda – trajetória balística	Incêndios. Danos por impacto.
Piroclastos de queda – cinzas e <i>lapilli</i> de queda	Colapso de infraestruturas por acumulação de depósitos.
Escoadas piroclásticas e <i>surges</i>	Danos graves em infraestruturas.
Escoadas de lama	Destrução de infraestruturas.

3.3 Movimentos de Vertente

De acordo com a cartografia de suscetibilidade à ocorrência de movimentos de vertente elaborada para a Direção Regional do Ambiente pelo Centro de Informação e Vigilância Sismovulcânica dos Açores no âmbito do estudo “Avaliação de perigos geológicos e delimitação de áreas vulneráveis a considerar em termos de riscos no ordenamento do território da RAA”, desenvolvida à escala 1:25 000, a área de estudo enquadra-se em zona de suscetibilidade reduzida de ocorrência de movimentos de vertente.

Esse enquadramento é apresentado na Figura 3.3, com base na carta disponível na página do Ordenamento do Território do Governo dos Açores (<http://ot.azores.gov.pt/>).

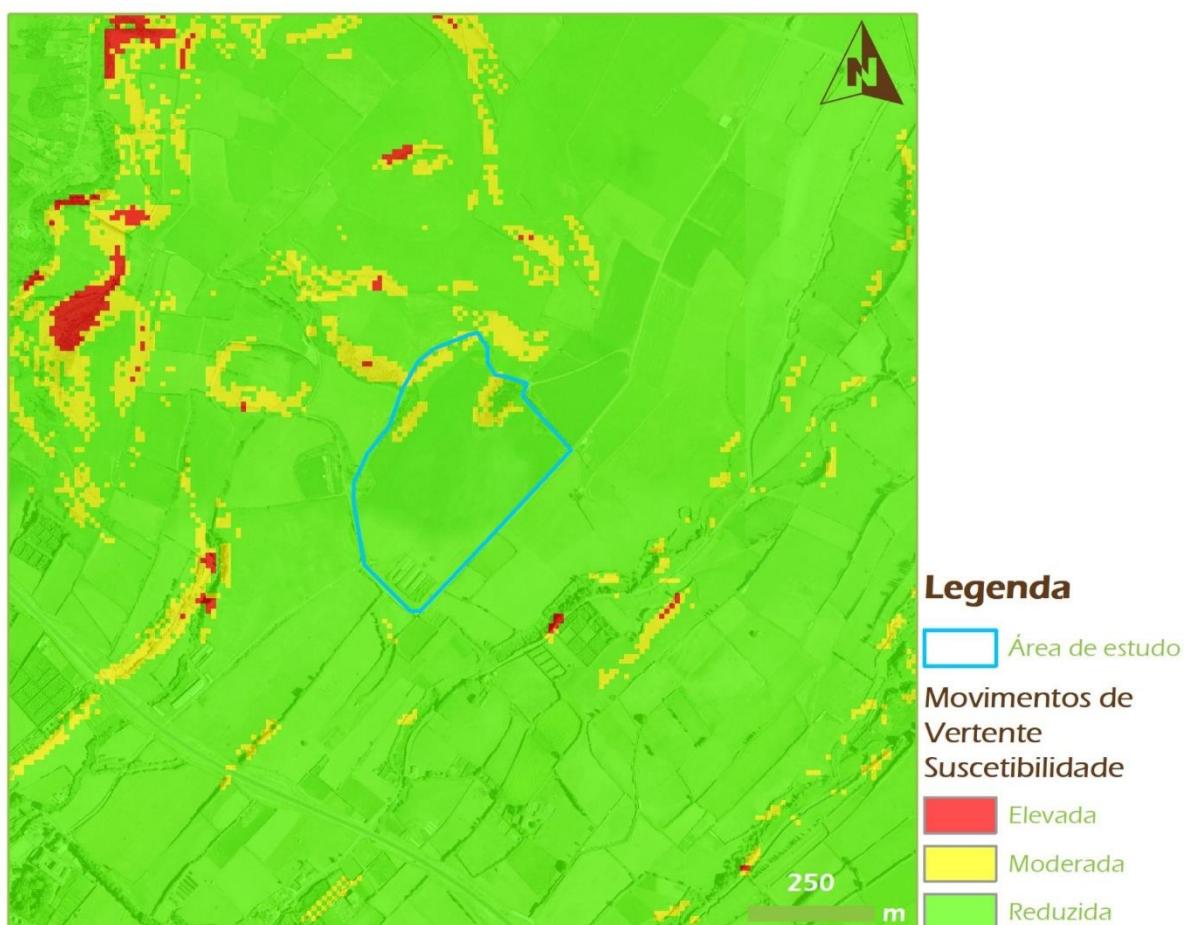


Figura 3.3 | Enquadramento da área de estudo no contexto do mapa de suscetibilidade de movimentos de vertente (dados da Secretaria Regional do Ambiente e Alterações Climáticas; base geográfica de <https://ot.azores.gov.pt/Informacao-Geografica.aspx?ilha=saoalice>)

3.4 Cheias e Inundações

A área de estudo enquadra-se num terreno instalado entre duas linhas de água com direção aproximada NE-SW.

As linhas de água em apreço apresentam regime de escoamento temporário e, de acordo com o Plano de Gestão de Riscos de Inundações da Região Autónoma dos Açores (PGRIA, 2022), enquadram-se em bacia hidrográfica com risco moderado de inundações (Figura 3.4).

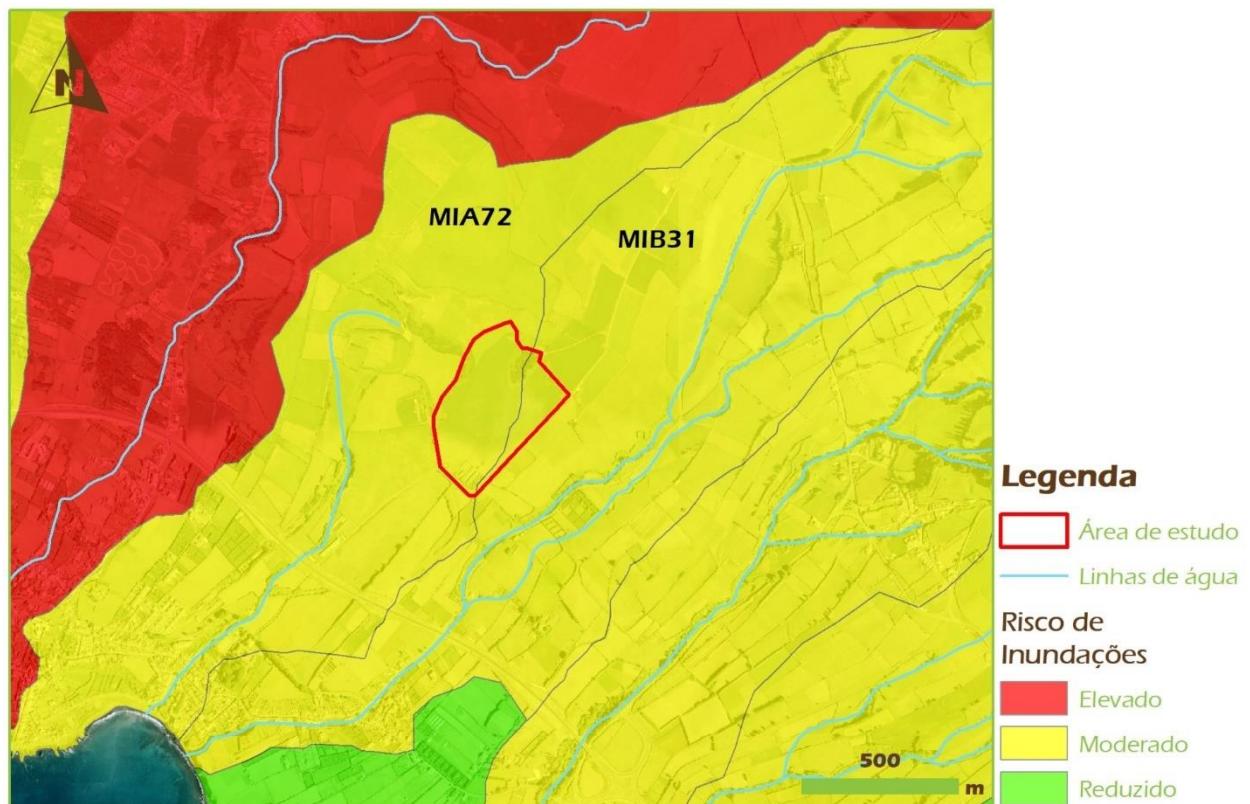


Figura 3.4 | Risco de inundações na bacia hidrográfica onde se enquadra a área de estudo (dados do PGRIA, 2022; base geográfica de <https://ot.azores.gov.pt/Informacao-Geografica.aspx?ilha=sao-miguel>)

No entanto, tendo em conta a morfologia do terreno e distância às linhas de água, a área de estudo não apresenta suscetibilidade significativa a este risco natural.

4 Resultados da Prospecção Realizada

Para avaliação *in situ* das formações geológicas que ocorrem na área de estudo foram realizados poços de inspeção, os quais formam abertos com o recurso a retroescavadora, permitindo a observação da constituição geológica do terreno.

Na Figura 4.1 apresenta-se a localização dos poços realizados no contexto da implantação prevista no projeto.

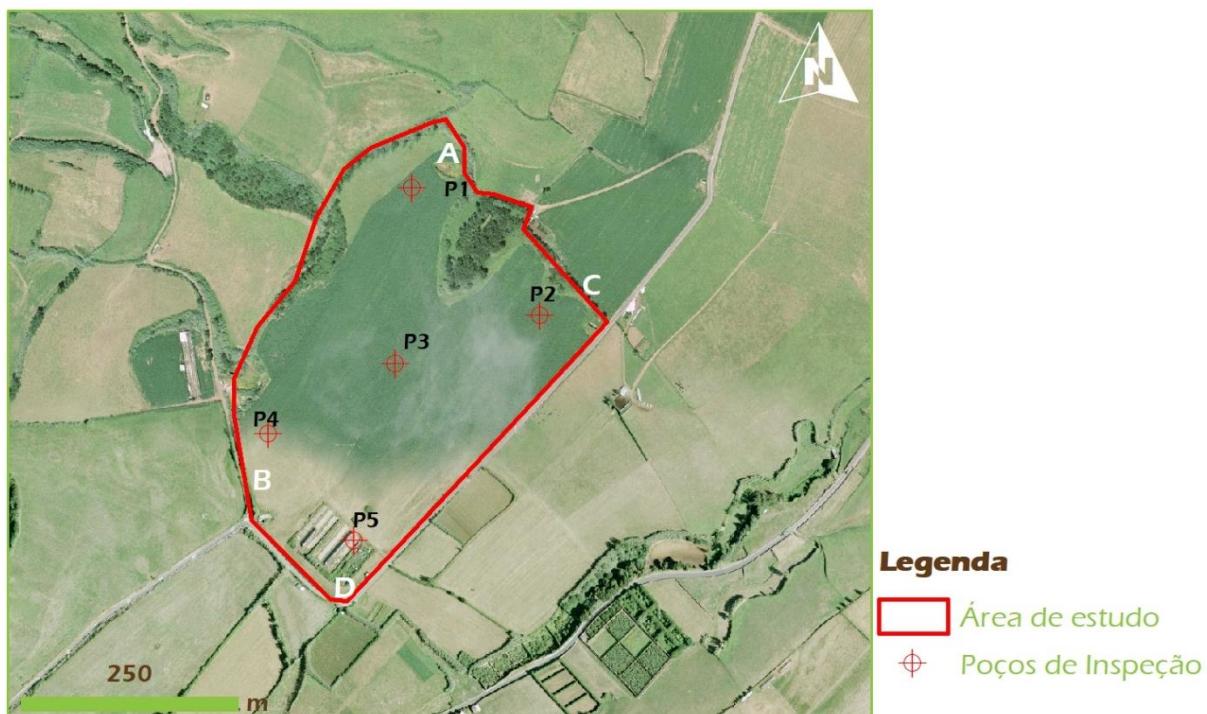


Figura 4.1 | Representação esquemática da localização dos poços de inspeção realizados em "Lagoa Poente" sobre ortofotomapta (base <https://ot.azores.gov.pt/Informacao-Geografica.aspx?ilha=sao Miguel>)

Na Tabela 4.1 sintetizam-se os parâmetros físicos de cada um dos poços realizados.

Tabela 4.1 | Dados dos elementos de prospecção – poços de inspeção de "Lagoa Poente"

ID Poço	Data	Coordenadas (PTRA08 UTM 26N)			Prof. Máxima (m)	Presença de água
		M	P	H		
P1	19/03/2024	627430	4179488	175	3,0	Não
P2		627411	4179286	143	3,0	
P3		627577	4179342	165	3,0	
P4		627264	4179205	132	3,0	
P5		627363	4179083	127	3,0	

Não foi detetado nível piezométrico ao nível dos trabalhos realizados.

A descrição macroscópica das formações geológicas e as profundidades encontram-se resumidas nas tabelas seguintes (Tabela 4.2, Tabela 4.3, Tabela 4.4, Tabela 4.5, Tabela 4.6).

Tabela 4.2 | Descrição do poço de inspeção P1- Lagoa Poente

ID	Data	Coordenadas (PTRA08 UTM 26N)			Prof. Máxima (m)	Presença de água
P1	19/03/2024	M: 627430	P: 4179488	H: 175	4,0	Não
Profundidades (m)	Descrição geológica do terreno					
0,0 – 0,8	Solo vegetal Solo vegetal com intercalação de areias e cascalhos pomíticos (pedra pomes), de cor castanha.					
0,8 – 3,0	Piroclastos basálticos Piroclastos basálticos (bagacina) alterados a muito alterados, de granulometria fina, de cor castanha a avermelhada.					

Tabela 4.3 | Descrição do poço de inspeção P2- Lagoa Poente

ID	Data	Coordenadas (PTRA08 UTM 26N)			Prof. Máxima (m)	Presença de água
P2	19/03/2024	M: 627411	P: 4179286	H: 143	4,0	Não
Profundidades (m)	Descrição geológica do terreno					
0,0 – 1,0	Solo vegetal Solo vegetal com intercalação de areias e cascalhos pomíticos (pedra pomes), de cor castanha.					
1,0 – 3,0	Piroclastos basálticos Piroclastos basálticos (bagacina) alterados a muito alterados, de granulometria fina passando a mais grosseira com o incremento da profundidade, de cor castanha a avermelhada.					

Tabela 4.4 | Descrição do poço de observação P3- Lagoa Poente

ID	Data	Coordenadas (PTRA08 UTM 26N)			Prof. Máxima (m)	Presença de água
P3	19/03/2024	M: 627577	P: 4179342	H: 165	4,0	Não
Profundidades (m)	Descrição geológica do terreno					
0,0 – 1,8	Solo vegetal Solo vegetal com intercalação de areias e cascalhos pomíticos (pedra pomes), de cor castanha.					
1,8 – 3,0	Depósitos piroclásticos pomíticos Areias e cascalhos pomíticos (pedra pomes), de cor clara.					

Tabela 4.5 | Descrição do poço de inspeção P4- Lagoa Poente

ID	Data	Coordenadas (PTRA08 UTM 26N)			Prof. Máxima (m)	Presença de água
P4	19/03/2024	M: 627264	P: 4179205	H: 132	4,0	Nãodist
Profundidades (m)	Descrição geológica do terreno					
0,0 – 1,2	Solo vegetal Solo vegetal com intercalação de areias e cascalhos pomíticos (pedra pomes), de cor castanha.					
1,2 – 3,0	Depósitos piroclásticos pomíticos Areias e cascalhos pomíticos (pedra pomes), de cor clara.					

Tabela 4.6 | Descrição do poço de inspeção P5- Lagoa Poente

ID	Data	Coordenadas (PTRA08 UTM 26N)			Prof. Máxima (m)	Presença de água			
P5	19/03/2024	M:	627363	P:	4179083	H:	127	4,0	Nãodist
Profundidades (m)		Descrição geológica do terreno							
0,0 – 0,8		<p>Solo vegetal Solo vegetal com intercalação de areias e cascalhos pomíticos (pedra pomes), de cor castanha.</p>							
0,8 – 3,0		<p>Depósitos piroclásticos pomíticos Areias e cascalhos pomíticos (pedra pomes), de cor clara.</p>							

Na Figura 4.2 apresenta-se aspectos fotográficos dos poços de inspeção efetuados:

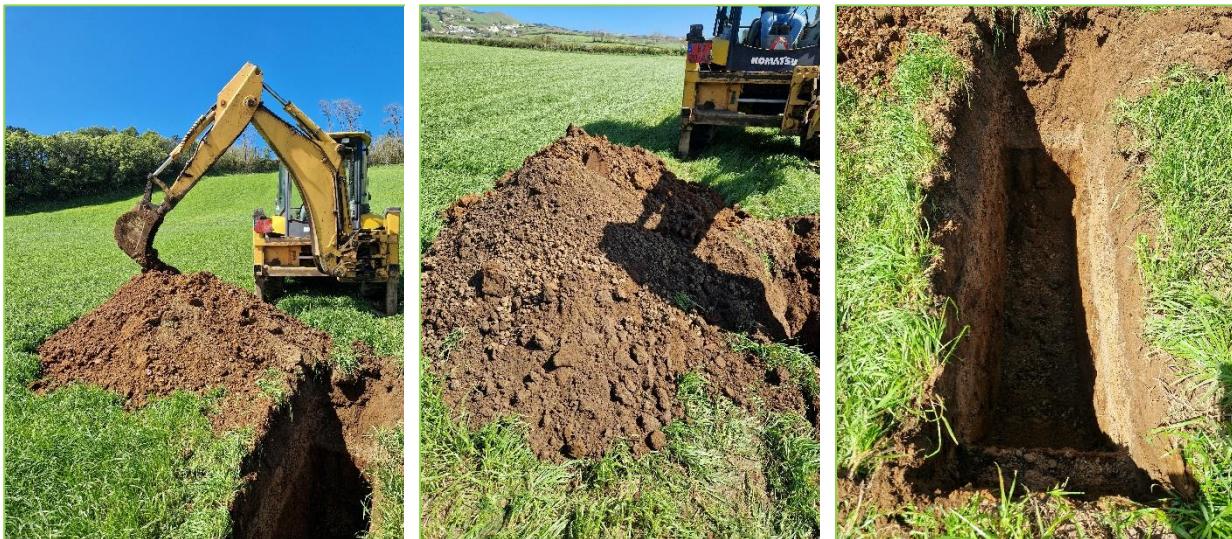


Figura 4.2 | Aspectos fotográficos dos poços de inspeção efetuados em "Lagoa Poente" (Labgeo, 19/03/2024)

5 Zonamento Geológico e Geotécnico

5.1 Zonamento Geológico

A informação cartográfica consultada foi verificada no terreno através dos trabalhos de prospecção realizados, nos quais não foi possível intercetar qualquer nível de basalto, tendo sido, no entanto, identificadas as seguintes litologias:

- Solo vegetal - SV

Camada de solo vegetal, superficial, de cor, predominantemente, castanha, com tonalidades variadas, de cores claras, cinza, a escuras, dependentes, entre outros aspectos, da quantidade de matéria orgânica no solo e dos clastos resultantes da desagregação e ou simples mistura com os terrenos envolventes.

- Pedra-pomes e materiais pomíticos indiferenciados - DPP

Os depósitos de pedra pomes de queda correspondem a fragmentos piroclásticos de queda, geneticamente associados à atividade vulcânica explosiva, com características ácidas (composição siliciosa a intermédia), normalmente de cor clara, podendo, no entanto, apresentar cor escura e muito baixa densidade, sendo esta propriedade associada à elevada porosidade.

Os depósitos podem apresentar elevadas espessuras nomeadamente na proximidade dos centros eruptivos dos vulcões centrais dos Açores, como é o caso do vulcão do Fogo.

Normalmente apresentam elevada permeabilidade. No entanto, quando nos depósitos se intercalam níveis pouco espessos de cinzas finas, constituindo níveis impermeabilizantes, podem formar-se aquíferos suspensos.

Os depósitos de piroclastos indiferenciados são resultantes de fluxos piroclásticos, de depósito de queda e de escoadas de lama, com predominância para clastos de granulometria cinza.

Nesta unidade incluem-se todos os piroclastos e epiclastos, resultantes de escoadas piroclásticas, depósitos de queda e escoadas de lama (*mudflows*), com fração granulométrica predominante na gama das cinzas (abaixo dos 2 mm).

O largo espectro de variação nas propriedades desta unidade, nomeadamente sob os pontos de vista composicional, textural e estrutural podem conduzir a variabilidades nas propriedades mecânicas, nomeadamente dureza e permeabilidade.

- Escórias basálticas s./ -EB

Piroclastos basálticos resultantes de vulcanismo dos tipos havaiano a estromboliano, também conhecidos por bagacinas, os quais se podem distinguir como escórias e *spatter*

As escórias exibem, normalmente, cor negra, podendo, por vezes, também apresentar cores avermelhadas a acastanhadas.

As partículas que constituem estes depósitos apresentam-se soltas (friáveis), sem elemento de soldagem e ou imbricamento. As dimensões dos clastos destes depósitos podem ir das cinzas (< 2 mm), até às dimensões *lapilli* (2 a 64 mm) e bloco (> 64 mm).

Estes depósitos apresentam textura vacuolar e porosa o que lhes confere, normalmente, baixa densidade e elevada permeabilidade.

A análise dos resultados decorrentes dos ensaios efetuados permitiu identificar, até às profundidades máximas amostradas (3 metros), a ocorrência de solo vegetal em toda a extensão da área de estudo, sobre depósitos de escórias basálticas s./ nas zonas mais próximas dos cones de escórias existentes (sector norte) e por pedra-pomes e materiais pomíticos indiferenciados, na restante área (Tabela 5.1).

Tabela 5.1 | Perfil de terreno inferido pela interpretação geológica

Espessura das Camadas	Materiais das Camadas
m	
0,0 – 1,0	Solo vegetal – SV
1,0 – 3,0	Escórias basálticas s./ -EB (zona norte)
1,0 – 3,0	Pedra-pomes e materiais pomíticos indiferenciados – DPP (restante área)

5.2 Zonamento Geotécnico

Da caracterização macroscópica realizada aos terrenos atravessados pelos poços de prospeção, agruparam-se as litologias na seguinte unidade geotécnica:

A unidade **Solos Vegetais – SV** corresponde a areias e cascalhos pomíticos (solo vegetal) de cor castanho-claro; não plástico.

A unidade **Pedra-pomes e materiais pomíticos indiferenciados - DPP** apresenta-se com clastos com as dimensões da areia com cascalho e pedra-pomes vestígios de líticos indiferenciados de cor castanho a cinzento; não plástico.

A unidade **Escórias basálticas s./** apresenta-se como cascalho constituído por clastos de basalto de cor castanha a avermelhada; não plástico.

De acordo com a classificação dos materiais vulcânicos e das suas características geotécnicas, considerando o seu comportamento sísmico de Forjaz et al., 2001 apresentada na tabela 2.1, as formações de pedra-pomes e materiais pomíticos indiferenciados constituem formações de características brandas (IIIa) com as seguintes características gerais: velocidade de ondas de corte inferior a 200 m/s; ensaios de penetração dinâmica (SPT) com valores entre 5 e 50 bl/30 cm; resistência ao corte que varia entre 0 e 10 kPa e ângulo de atrito entre 5 e 15º. As formações de escórias basálticas constituem formações de características brandas (IIIa) com as seguintes características gerais: velocidade de ondas de corte inferior a 200 m/s; ensaios de penetração dinâmica (SPT) com valores entre 30 e 60 bl/30 cm; resistência ao corte que varia entre 10 e 100 kPa e ângulo de atrito superior a 45º (Tabela 5.2).

Tabela 5.2 | Características gerais das formações geológicas intercetadas pelos trabalhos de prospeção em "Lagoa Poente" (adaptado de Forjaz et al., 2001)

Descrição	Grupo	Velocidade ondas de corte (m/s)	N _{SPT} (bl/30cm)	Resistência ao corte (kPa)	Atrito interno (º)
Pedra-pomes e materiais pomíticos indiferenciados	Brando	<200	05-50	00-10	05-15º
Escórias basálticas s.l. ("bagacina")	Brando	<200	30-60	10-100	>45º

Tendo por base as diferentes zonas geotécnicas, classificaram-se os terrenos de acordo com a

Tabela 2.2 (Eurocódigo 8 – Parte 1) e estimaram-se os valores do parâmetro S_{max} para a unidade geotécnica intercetada (Tabela 5.3).

Tabela 5.3 | Caracterização sísmica de “Lagoa Poente” segundo o Eurocódigo 8 - Parte 1 (2009) e respetivo S_{max} estimado para os valores médios esperados

Unidade Geotécnica	Tipo de Terreno	S_{max}
DPP	D	2,00
EB	D	2,00

6 Síntese Conclusiva e Recomendações

A área de estudo apresenta, de forma genérica, suscetibilidade a riscos geológicos que estão associados às condicionantes geológicas regionais do arquipélago, como a sismicidade e a atividade vulcânica.

Em sequência dos trabalhos de prospeção realizados foi verificado que ocorrem, de forma homogénea em toda a área estudada, solos vegetais com espessura média de 1,0 m, os quais cobrem depósitos pomíticos e pedra pomes, até às profundidades máximas amostradas. Nos locais mais próximos dos cones de escórias, na zona norte da área estudada, ocorrem piroclastos basálticos às profundidades máximas amostradas.

No caso de não serem ultrapassadas, para finalidade de obras, as cotas alcançadas aquando dos trabalhos de prospeção, considera-se que os materiais geológicos analisados são ripáveis e passíveis de ser movimentados através de equipamentos de movimentação de terras convencionais (lâmina/balde).

No entanto, e em caso de eventuais desaterros, dadas as suas características físico-mecânicas, devem os depósitos pomíticos e pedra pomes escavados ser levados a vazadouro.

Dada a capacidade de carga admissível nos terrenos estudados, não se recomenda a utilização de fundações diretas, caso estas venham a ser necessárias, em função das construções que possam vir a ser projetadas.

Caso seja necessário, poderá ser executado nestas unidades a substituição de terrenos ao nível das camadas superficiais da implantação a realizar.

A espessura da escavação deverá ter em atenção a largura das fundações e das cargas previstas. Recomenda-se que a substituição de terrenos (aterros técnicos/melhoramento de solos) seja numa profundidade aproximada de 2 vezes a largura da fundação prevista.

Os solos substituídos devem ser compactados em camadas de materiais naturais não alterados (e.g. bagacinas) com espessura máxima de 30 cm. Recomenda-se uma capacidade de carga máxima nos aterros a construir de 150 kPa, a qual poderá ser aferida, caso necessário, mediante a execução de ensaios de carga em fase de obra.

7 Bibliografia

- CARMO, R.L., 2013. *Estudos de neotectónica na ilha de S. Miguel, uma contribuição para o estudo do risco sísmico no arquipélago dos Açores*. Tese de doutoramento em Geologia, especialidade em Vulcanologia. Universidade dos Açores, 307p.
- FORJAZ, V.H., NUNES, J.C., GUEDES, J.H.C. e OLIVEIRA, C.S., 2001. Classificação Geotécnica dos Solos Vulcânicos dos Açores: Uma Proposta. In: Associação Portuguesa de Meteorologia e Geofísica (Ed.), *Actas do II Simpósio de Meteorologia e Geofísica – Comunicações de Geofísica*. Évora; 76-81.
- FERREIRA, T., 2000. *Caracterização da Actividade Vulcânica da Ilha de S. Miguel (Açores): Vulcanismo Basáltico Recent e Zonas de Desgaseificação. Avaliação de riscos*. Tese de Doutoramento no ramo de Geologia, especialidade de Vulcanologia. Universidade dos Açores, Ponta Delgada. 248 pp.
- FRANÇA, Z., CRUZ, J.V., NUNES, J.C., FORJAZ, V.H. e BORGES, P., 2003. Geologia dos Açores: Uma Perspectiva Actual. *Açoreana*. 10: 11-140.
- HIPÓLITO, A., 2009. *Geologia estrutural da ilha Graciosa – Enquadramento no âmbito da geodinâmica da junção tripla dos Açores*. Tese de Mestrado em Vulcanologia e Riscos Geológicos, Universidade dos Açores, 155 pp.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO DO EXÉRCITO (IGeoE), 2002. Carta Militar de Portugal, Ponta Delgada (S. Miguel - Açores), Folha 32, Escala 1:25 000, Série M889. Edição 2. Lisboa.
- MEDEIROS, A., 2009. *Base de dados para a divulgação da Geologia dos Açores*. Tese de Mestrado em Vulcanologia e Riscos Geológicos. Universidade dos Açores, 207p.
- MOORE, R.B., 1991. Geologic Map of São Miguel, Azores. Escala 1:50 000. In: Miscellaneous Investigation Series. U. S. Department of the Interior, U. S. Geological Survey (Ed.).
- NP EN 1998-1:2010 – Eurocódigo 8 – Projeto de estruturas para resistência aos sismos.
- PLANO DE GESTÃO DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DOS AÇORES 2022-2027 (PGRH-AÇORES), 2021. Relatório Técnico. Caracterização e Diagnóstico da Situação de Referência, Volume 2 – São Miguel. Secretaria Regional do Ambiente e Alterações Climáticas – Direção Regional do Ordenamento do Território e dos Recursos Hídricos. Ponta Delgada, dezembro de 2021. 588 pp.
- PLANO DE GESTÃO DE RISCOS DE INUNDAÇÕES DA REGIÃO AUTÓNOMA DOS AÇORES 2022-2027 (PGRIA), 2022. Volume 2_Atualização e Alteração da Caracterização e Diagnóstico (Fase III). Secretaria Regional do Ambiente e Alterações Climáticas – Direção Regional do Ordenamento do Território e dos Recursos Hídricos. Ponta Delgada, novembro de 2022. 273 pp.

PLANO REGIONAL DA ÁGUA (PRA), 2001. Relatório técnico. Versão para consulta pública. Secretaria Regional do Ambiente, Direção Regional do Ordenamento do Território e dos Recursos Hídricos. 414 pp.

SILVEIRA, D., 2002. *Caracterização da sismicidade histórica da ilha de S. Miguel com base na reinterpretarção de dados de macrossísmica: contribuição para a avaliação do risco sísmico.* Tese de Mestrado em Vulcanologia e Riscos Geológicos. Universidade dos Açores, 149p.

WALKER, G.P.L. & CROASDALE, R., 1971. Two Plinian-type eruptions in the Azores. *Journal of the Geological Society of London.* 127: 17-55.

WALLENSTEIN, N.M.B.A., 1999. Estudo da História Eruptiva Recente e do Comportamento Eruptivo do Vulcão do Fogo (S. Miguel, Açores). Avaliação Preliminar do Hazard. Tese de doutoramento no ramo de Geologia, especialidade de Vulcanologia. Universidade dos Açores. 266 pp.

ZBYSZEWSKI, G., 1961. *Étude géologique de l'île de S. Miguel (Açores).* *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal.* 45: 5-79.

ZBYSZEWSKI, G., MEDEIROS, A.C., ALMEIDA, F.M. & FERREIRA, O.V., 1958. Carta Geológica de Portugal. Folha B - São Miguel (Açores). Escala 1:50.000. Direção Geral de Minas e Serviços Geológicos.