

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



Evolução paleoambiental da margem estuarina do Tejo em Alcântara

Elias Miguel Trindade Rodrigues

Mestrado em Geologia do Ambiente, Riscos Geológicos e Ordenamento do Território

Dissertação orientada por:
Dr.a Prof. Maria Conceição Freitas

Resumo

Este trabalho foi elaborado para o desenvolvimento da tese: “Evolução paleoambiental da margem estuarina do Tejo, em Alcântara”, do Mestrado em Geologia do Ambiente, Riscos Geológicos e Ordenamento do Território. O trabalho tem como objetivo geral compreender a evolução paleoambiental da margem sob várias perspetivas, tendo em conta fatores naturais e a influência antrópica.

Os objetivos específicos do trabalho são:

- A caracterização paleoambiental e paleomorfológica na foz da ribeira de Alcântara e a sua evolução durante o Holocénico;
- A identificação da influência antrópica na evolução natural da margem;
- A identificação da ou das fontes de alimentação sedimentar.

A margem estuarina do Tejo, no Município de Lisboa, foi ocupada pelas populações humanas desde cedo existindo evidências antrópicas de ocupação nas margens do estuário desde a Pré-história. A presença mais marcante foi, no entanto, a romana, com vestígios de ocupação em toda a margem estuarina compreendida no município de Lisboa.

Em períodos recentes, e particularmente desde o séc. XVIII, a zona ribeirinha da cidade de Lisboa desenvolveu-se sobre aterros construídos sucessivamente na margem desde o séc. XVI, conquistando, deste modo, uma área útil ao estuário. Os sítios arqueológicos identificados até à data, na área de estudo, são, por este motivo, uma fonte de informação importante, não só do ponto de vista, cronológico, mas, também, da perspetiva do comportamento das populações e da sua interação com o estuário ao longo do tempo – como foi utilizada pela população? Será que a utilização antrópica da margem alterou as suas condições naturais e a sua evolução?

Neste trabalho, apresenta-se uma caracterização da área de estudo e os resultados da análise da sondagem RRF20 (textura, matéria orgânica, CaCO_3 , teor de humidade, susceptibilidade magnética e química orgânica), recolhida em agosto de 2020 na obra do edifício 53-57 da Rua Rodrigues Faria em Alcântara. Também, a análise de amostras (sondagem #1 e 3 perfis) da obra do Loteamento 9 em Alcântara (textura, matéria orgânica, CaCO_3 e teor de humidade), recolhidas em duas ocasiões.

Na sondagem RRF20, foram identificadas quatro unidades sedimentares, em que a US1 corresponde a uma areia pouco vasosa, com baixo teor de matéria orgânica (entre 1,59 e 2,96%), com valores elevado de CaCO_3 (entre 4,85 e 10,28%); a US2 corresponde a uma alternância entre areia pouco vasosa, vasa arenosa e areia vasosa, com um teor de matéria orgânica moderado a elevado (entre 3,04 e 8,69%), com valores moderados a elevados de CaCO_3 (entre 2,7 e 10,16%), com a datação de uma amostra no período Romano (séc. IV); a US3 corresponde a uma alternância entre vasa arenosa, areia vasosa, areia pouco vasosa e areia, com um teor em matéria orgânica baixo (entre 0,93 e 5,61%), com valores baixos a elevados de CaCO_3 (entre 2,98 e 19,69%); a US4 corresponde a uma alternância entre vasa pouco arenosa e vasa arenosa, com valores moderados a elevados no teor de matéria orgânica (entre 4,16 e 7,14%), com valores baixos para CaCO_3 (entre 2,79 e 3,82%), com o topo da unidade a ser nos meados do séc. XIX, devido à construção de aterros.

Na ALC LT9, foram identificadas quatro unidades sedimentares, em que a US1 corresponde a uma areia, com valores moderados a elevados de CaCO_3 (entre 4,45 e 11,98%), devido às suas características, o conteúdo em matéria orgânica é praticamente nulo; a US2 corresponde a uma areia, com valores elevados para CaCO_3 (entre 9,87 e 13,53%), com valores baixos para o teor em matéria orgânica (entre 0,39 e 1,97%); a US3 corresponde a uma alternância entre uma vasa arenosa, areia vasosa, areia pouco

vasosa e areia, com baixos a moderados valores para o teor em matéria orgânica (entre 0,54 e 5%), com valores para CaCO_3 moderados a elevados (entre 4,49 e 12,32%); a US4 corresponde a uma alternância entre vasa, vasa pouco arenosa, vasa arenosa, com valores moderados a elevados no teor em matéria orgânica (entre 6,48 e 30,62%), com valores baixos a elevados em CaCO_3 (entre 1,6 e 7,85%, com um valor médio de 2,82%).

A ocupação antrópica ao longo do tempo teve influência na evolução do sedimento ao longo das amostras da RRF20 e da ALC LT9, uma vez que produziram alterações morfológicas na zona de Alcântara. A base de cada é arenosa predominantemente, a zona intermédia é uma alternância entre areia e vasa, e o topo é vasoso, com variações no teor de humidade e CaCO_3 ao longo das unidades. Isto, pois desde a canalização da ribeira de Alcântara, construção de aterros, a presença da caldeira de Alcântara, etc., vieram alterar as condições do meio (profundidade, posição/morfologia da linha de costa, etc.).

Palavras-chave: Estuário do Tejo, Alcântara, Paleoambiente, Arqueologia.

Abstract

This work was elaborated for the development of the thesis: “Paleoenvironmental evolution of the Tagus estuarine margin, in Alcantara”, of the master’s in Environmental Geology, Geological Hazards and Land Management. The general objective of this work is to understand the paleoenvironmental evolution of the margin from several perspectives, taking into consideration: natural factors as well anthropic influence.

The specific objectives of this work are:

- The paleoenvironmental and paleomorphological of the mouth of Ribeira of Alcantara and its evolution during the Holocene.
- The identification of the anthropic influence on the natural evolution of the margin.
- The identification of the sedimentary food source(s).

The estuarine margins of the Tagus, in the municipality of Lisbon, was occupied by human populations since the early times, existing anthropic evidence of occupation in the margins of the estuary since prehistoric times. The most meaningful presence was the Roman, with traces of occupation throughout the estuarine margin, included in the municipality of Lisbon.

In recent periods, and particularly since the 18th century, the riverside area of the city of Lisbon has developed on landfills successively built on the shore since the 16th century, in this way conquering an area useful to the estuary. The archaeological site identified to this date, in the study area, are, for this reason, an important source of information, not only from a chronological point a view, but also from the perspective of the behavior of the populations and their interaction with the estuary over time – How was it used by the population? Has the anthropogenic use of the shore change its natural conditions and evolution?

In this work, a characterization of the study area is presented and the results of the analysis of the RRF20 drill (texture, organic matter, CaCO₃, moisture content, magnetic susceptibility, and organic chemistry), collected in August 2020 at the rua Rodrigues Faria, n° 53-57 in Alcântara. Also, the analysis of the samples (drill#1 and 3 profiles) from Loteamento 9 in Alcantara (texture, organic matter, CaCO₃, moisture content), collected on two occasions.

In the RRF20 drill, four sedimentary units were identified, in which US1 corresponds to a slightly muddy sand, with low organic matter content (between 1.59 and 2.96%), with high CaCO₃ values (between 4.85 and 10.28%); US2 corresponds to an alternation between little muddy sand, muddy sand and sandy mud, with moderate to high organic matter content (between 3.04 and 8.69%), with moderate to high CaCO₃ values (between 2.7 and 10.16%), with the dating of a sample to the Roman period (4th century). US3 corresponds to an alternation between sandy mud, muddy sand, slightly muddy sand and sand, with a low organic matter content (between 0.93 and 5.61%), with low to high values of CaCO₃ (between 2.98 and 19.69%); the US4 corresponds to an alternation between little sandy mud and sandy mud, with moderate to high values in organic matter content (between 4.16 and 7.14%), with low values for CaCO₃ (between 2.79 and 3.82%), with the top of the unit being in the mid-19th, because the construction of landfills.

In the ALC LT9, four sedimentary units were identified, in which US1 corresponds to sand, with moderate to high values for CaCO₃ (between 4,45 and 11,98%), due to its characteristics, the organic matter content is practically null; US2 corresponds to sand, with high values for CaCO₃ (between 9,87 and 13,53%), with low values for the organic matter content (between 0,39 and 1,97%); the US3 corresponds to an alternation between a sandy mud, muddy sand, little muddy sand and sand, with low

to moderate values for organic matter content (between 0.54 and 5%), with moderate to high values for CaCO₃ (between 4.49 and 12.32%) the US4 corresponds to an alternation between mud, slightly sandy mud and sandy mud, with moderate to high values for organic matter content (between 6.48 and 30.62%), with low to high values for CaCO₃ (between 1.6 and 7.85%, with an average value of 2.82%).

The antropic occupation over time has had an influence on the evolution of the sediment along the RRF20 and ALC LT9 samples, as they produced morphological changes in the Alcantara zone. The base of each is predominantly sandy, the middle zone is an alternation between sand and mud, and the top is muddy, with variations in organic matter and CaCO₃ across the units. Since the channeling of the Ribeira of Alcantara, construction of landfills, the presence of Alcantara caldera, etc., have altered the conditions of the zone (depth, position/morphology of the coastline, etc.).

Key-words: Tagus Estuary, Alcântara, Paleoenvironment, Archaeology.

Agradecimentos

Este trabalho foi possível através da ajuda e colaboração de muitos, aos quais gostaria de expressar o meu agradecimento:

Em primeiro lugar, à professora Maria Conceição Freitas e à Ana Costa por terem-me orientado neste trabalho, por todas as intervenções/ajudas que me prestaram para melhorar e encaminhar o meu trabalho. Agradeço o vosso entusiasmo e apoio dado a mim ao longo deste tempo, também as correções e sugestões científicas para a elaboração de um plano de trabalho, bem como a escrita da minha tese.

Em segundo lugar, à Vera Lopes, por todo o apoio e ajuda prestava no laboratório durante todo o tempo desta tese, nas explicações sobre os passos a efetuar nas análises efetuadas neste trabalho.

Em terceiro lugar, à Susana Martinez, pelo apoio e explicação prestado na visita à obra do Loteamento 9 em Alcântara. Na preparação das amostras para o trabalho de campo, que permitiram ter acesso a uma maior amostra para este trabalho.

Em quarto lugar, à equipa de arqueólogos da câmara de Lisboa, por toda a informação facultada da arqueologia, que possibilitaram alcançar os objetivos desta tese.

Em quinto lugar, à minha família, por todo o apoio e carinho durante a minha vida, mais especialmente, nesta minha jornada durante a faculdade, quer na licenciatura, quer agora no mestrado.

Em sexto lugar, aos meus amigos, por todos os momentos felizes e especiais, que todo o vosso apoio foi especial para mim. Obrigado por terem partilhado as exigências de cada dia da minha tese comigo.

Por fim, muito especialmente a Deus, por mais um passo concluído na minha vida. Obrigado pelas bênçãos e por todas as pessoas que cruzaram o meu caminho, que me ajudaram a concluir a minha tese.

Índice

1. Introdução.....	12
2. Enquadramento da Área de Estudo	13
2.1 Enquadramento Geográfico	13
2.2 Enquadramento Geológico e Geomorfológico	14
2.3 Enquadramento Hidrodinâmico	20
2.4 Enquadramento Arqueológico	20
3. Metodologia.....	24
3.1 Análise e interpretação de relatórios geotécnicos.....	24
3.2 Recolha de informação arqueológica e histórica	25
3.3 Análise da Cartografia Antiga disponível	25
3.4 Trabalho de Campo para recolha de amostras	25
3.5 Ensaios de Laboratório	26
3.6 Datação por ¹⁴ C.....	30
3.7 Integração dos resultados em ArcGis	30
4. Resultados	31
4.1 Sondagens Geotécnicas	31
4.2 Cartografia Antiga	42
4.3 Caso de Estudo - Alcântara	49
4.3.1 Sondagem RRF20	49
4.3.2 ALC Lote 9.....	64
5. Discussão	80
5.1 Espessura do enchimento do Vale de Alcântara com base nas informações recolhidas em Sondagens Geotécnicas	80
5.2 Modificações na margem estuarina do Tejo, junto a Alcântara, com base na análise de Cartografia Antiga	82
5.3 Caso de Estudo – Unidades Sedimentares.....	83
5.3.1 Sondagem RRF20	83
5.3.2 Alcântara Lote 9	85
5.4 Comparação com estudos de outros autores.....	87
6. Conclusões.....	96
7. Bibliografia	98
8. Webgrafia.....	102
9. Anexos	103

Índice de Figuras

Figura 2.1 - Localização da área de estudo e identificação dos locais de sondagem: A – Portugal Continental; B – Cidade de Lisboa; C – Zona de Alcântara.	13
Figura 2.2 - Bacia hidrográfica do rio Tejo com representação das unidades geomorfológicas (retirado de Freire, 1999).	14
Figura 2.3 - Geologia das margens estuarinas do Tejo (adaptado de Costa et al., 2020).	15
Figura 2.4 - Extrato da Folha 3 da Carta Geológica de Lisboa (1985) na escala de 1/10000 e a legenda, com as localizações dos locais de estudo.	16
Figura 2.5 – Limite da bacia de drenagem da ribeira de Alcântara (a preto), sobre a carta geológica de Lisboa (1985), na escala de 1/10000.	17
Figura 2.6 - Legenda da carta geológica de Lisboa (1985), na escala de 1/10000.	18
Figura 2.7 - Localização dos locais de registo arqueológico na região de Lisboa, entre Alcântara e Algés de acordo com o Portal do Arqueólogo (patrimoniocultural.pt).	21
Figura 2.8 - Localização dos sítios arqueológicos próximos dos locais do presente estudo.	22
Figura 3.1 - Recolha da sondagem ALC LT9 #1.	26
Figura 4.1 - Planta de localização de prospeção geotécnica da obra da Rua Rodrigues Faria, na escala 1/100, assinalado o local das sondagens (S1 e S2) e o perfil A-A' (Geocontrolo, 2018a).	31
Figura 4.2 – Perfil geológico geotécnico da RRF na escala 1/100 (Geocontrolo, 2018a).	32
Figura 4.3 – Legenda do perfil geológico geotécnico da RRF (Geocontrolo, 2018a).	33
Figura 4.4 - Log da sondagem S1 da Rua Rodrigues Faria efetuado em Sedlog a partir dos dados de Geocontrolo (2018a).	34
Figura 4.5 - Log da sondagem S2 da Rua Rodrigues-Faria efetuado em SedLog a partir dos dados de Geocontrolo (2018a).	35
Figura 4.6 - Planta de localização de prospeção geotécnica da obra da Alcântara Lote 9, na escala 1/100, assinalado o local das sondagens (S1, S2 e S3) e o perfil A-B (Geocontrolo, 2018a).	36
Figura 4.7 – Perfil geológico e geotécnico da Alcântara Lote 9 na escala 1/100 (Geocontrolo, 2019).	37
Figura 4.8 – Legenda do perfil geológico e geotécnico da Alcântara Lote 9 (Geocontrolo, 2019).	38
Figura 4.9 - Log da sondagem S1 da obra Alcântara Lote 9 efetuado em Sedlog a partir dos dados da Geocontrolo (2019).	39
Figura 4.10 - Log da sondagem S2 da obra Alcântara Lote 9 efetuado em Sedlog a partir dos dados da Geocontrolo (2019).	40
Figura 4.11 - Log da sondagem 3 da Alcântara Lote 9 efetuado em Sedlog a partir dos dados da Geocontrolo (2019).	41
Figura 4.12 - Mapa do final do século XVI a início do século XVII da zona de Alcântara (retirado do site: Histórias com História: A PONTE DE ALCÂNTARA (historiaschistoria.blogspot.com)). A numeração corresponde a elementos antrópicos referidos no texto.	42
Figura 4.13 - Excerto do mapa da zona de Alcântara entre 1733-1763 (Histórias com História: A PONTE DE ALCÂNTARA (historiaschistoria.blogspot.com)).	43
Figura 4.14 - Pintura da parede do Baluarte do Sacramento in Cristina Castel Branco, Necessidades Jardins e Cerca, Lisboa, Livros Horizonte, 2001.	43
Figura 4.15 - Mapa de Duarte Fava com a zona de Alcântara em 1807 (retirado de https://lisboainterativa.cm-lisboa.pt) – Círculo Vermelho (ALC LT9), Círculo Azul (RRF).	44
Figura 4.16 - Mapa da zona de Alcântara em 1812 de Duque Wellington com a doca assinalada (retirado de https://lisboainterativa.cm-lisboa.pt) – Círculo Vermelho (ALC LT9), Círculo Azul (RRF).	45

Figura 4.17 - Mapa do projeto de desentupimento do rio de Alcântara em 27 de Julho de 1836 (Silveira, 2017).....	46
Figura 4.18 - Extrato da planta da cidade de Lisboa e de Belém, com a ponte e ribeira de Alcântara em 1837 (Histórias com História: A PONTE DE ALCÂNTARA (historiaschistoria.blogspot.com)).	46
Figura 4.19 - Mapa de Filipe Folque da zona de Alcântara de 1856-1858 (retirado de https://lisboainterativa.cm-lisboa.pt) – Círculo Vermelho (ALC LT9), Círculo Azul (RRF20).....	47
Figura 4.20 - Mapa de linhas de costa de Lisboa em vários anos. Retirado do site: Lx_Risk - Programa da Conferência (cm-lisboa.pt) ; 1- Algés, 2- Belém, 3- Alcântara, 4- Parque das Nações...	48
Figura 4.21 - Evolução da linha costeira de Alcântara (adaptado de Matildes, 2011).....	48
Figura 4.22 - Localização dos locais de interesse do Caso de Estudo de Alcântara. Círculo Vermelho (ALC LT9), Círculo Azul (RRF20).	49
Figura 4.23 - Log feito a partir das observações visuais da sondagem RRF20, realizada na obra em agosto de 2020. Sondagem S2 da Rua Rodrigues Faria com uma elipse amarela que representa as profundidades correspondentes ao troço da Aluvião que foi recuperado em 2020, com a sondagem RRF20.	50
Figura 4.24 - Gráfico de calibração referente à amostra RRF20#10 152-154 (retirado do relatório enviado pelo laboratório.....	51
Figura 4.25 - Variação em profundidade (relativo ao NMM) dos parâmetros: susceptibilidade magnética, teor em matéria orgânica, teor em CaCO ₃ , % de fração grosseira e teor de humidade da sondagem RRF20, com as unidades sedimentares identificadas e enquadramento cronológico (a amostra datada corresponde ao círculo vermelho).	52
Figura 4.26 - Variação em profundidade dos parâmetros: susceptibilidade magnética, teor em matéria orgânica, teor em CaCO ₃ , % fração grosseira e teor de humidade da sondagem RRF20, com as unidades sedimentares identificadas e enquadramento cronológico (a amostra datada corresponde ao círculo vermelho).	53
Figura 4.27 - Gráfico da Dimensão média vs. Desvio padrão das amostras grosseiras da RRF20, com as unidades sedimentares representadas a diferentes cores.....	56
Figura 4.28 - Projeção de $\delta^{13}\text{C}$ e C/N das amostras da RRF20, assinalado a zona de interesse em detalhe (adaptado de Lamb et al., 2006). O gráfico da direita corresponde a um detalhe do gráfico da esquerda.....	58
Figura 4.29 - Amostra RRF20#11 156-176 cm e Amostra RRF20#12 176-180 cm.....	59
Figura 4.30 - Amostra RRF20#9 110-130 cm e Amostra RRF20#10 130-156 cm.....	60
Figura 4.31 - Amostra RRF20#2 30-53 cm e Amostra RRF20#3 53-60 cm.....	61
Figura 4.32 - Amostra RRF20#4 60-70 cm e Amostra RRF20#5 70-85 cm.....	62
Figura 4.33 - Amostra RRF20#8 105-110 cm.....	62
Figura 4.34 - Amostra RRF20#6 85-95 cm e Amostra RRF20#7 95-105 cm.....	62
Figura 4.35 - Amostra RRF20#1 0-30 cm.....	64
Figura 4.36 - Local da obra Alcântara Lote 9 de onde foram recolhidas as sondagens (ALC LT9 #1, Perfil A e B), onde está assinalado os perfis A e B – Fotografia de Susana Martinez.....	65
Figura 4.37 - Local da obra Alcântara Lote 9 de onde foram amostrados sedimentos do Perfil C.....	65
Figura 4.38 - Esquema do afloramento na obra ALC LT9, marcando a posição dos troncos de madeira da doca de Alcântara (-0,45 m NMM, base da ALC LT9 #1/topo do Perfil A), e das conchas de <i>Panopea glycymeris</i> (Perfil C, -5 m NMM).	66
Figura 4.39 - Fotografias da recolha das conchas de <i>Panopea glycymeris</i>	66
Figura 4.40 - (a) Fotografia do afloramento de onde foram recolhidas as amostras para OSL; (b) fotografia de concha; (c) fotografia aérea dos trabalhos de arqueologia.....	67
Figura 4.41 - Esboço do ALC LT9 Perfil B, com a localização das amostras recolhida do perfil Bs.	67

Figura 4.42 - Variação em profundidade (linhas) e variações laterais (pontos) dos parâmetros: teor em matéria orgânica, teor em CaCO ₃ , % de fração grosseira e teor de humidade da sondagem e perfis ALC LT9, com as unidades sedimentares identificadas.	69
Figura 4.43 - Gráfico da Dimensão média vs. Desvio padrão das amostras grosseiras da ALC LT9, com as unidades sedimentares representadas a cores diferentes.	72
Figura 4.44 - Índice de rolamento vs. índice de achamento de Cailleux da amostra ALC LT9 PB 3 (adaptado de Galopim de Carvalho, 1968). O ponto laranja representa o valor médio de ambos os parâmetros.	74
Figura 4.45 - Índice oblato-prolato vs. índice de esfericidade da amostra ALC LT9 PB 3. O ponto laranja representa o valor médio de ambos os parâmetros.	75
Figura 4.46 - Resultado da análise granulométrica da matriz da amostra ALC LT9 PB3.	76
Figura 4.47 - Gráfico do índice de rolamento vs. índice de achatamento da amostra ALC LT9 PB4.	76
Figura 4.48 - Gráfico do índice de oblato-prolato vs. índice de esfericidade da amostra ALC LT9 PB4.	77
Figura 4.49 - Resultado da análise granulométrica da matriz da amostra ALC LT9 PB 4.	78
Figura 4.50 - Resultado da análise granulométrica à areia do interior da concha Panopea glycymeris.	79
Figura 5.1 - Esboço em profundidade da sondagem S1 de RRF20 e do log da sondagem S2 de ALC LT9.	80
Figura 5.2 - Perfil geológico-geotécnico Este (A') – Oeste (A) na área da CUF Alcântara (Mota-Engil, Engenharia e Construção, S.A., 2015).	81
Figura 5.3 – Legenda do perfil geológico-geotécnico Este (A') – Oeste (A) na área da CUF Alcântara (Mota-Engil, Engenharia e Construção, S.A., 2015).	81
Figura 5.4 - Localização dos sítios das sondagens na área de estudo.	82
Figura 5.5 - Localização das praias estuarinas, com enquadramento geológico e geomorfológico (retirado do estudo de Freire et al (2007)).	87
Figura 5.6 - Gráfico de comparação entre a RRF20 e praias recentes de Freire et al. (2007).	88
Figura 5.7 - Gráfico de comparação entre a ALC LT9 e “praias recentes” de Freire et al. (2007).	89
Figura 5.8 - Localização do caso de estudo de Costa et al. (2018).	90
Figura 5.9 - Gráfico de comparação entre a RRF20 e “praias antigas” de Costa et al. (2018).	90
Figura 5.10 - Gráfico de comparação entre a ALC LT9 e “praias antigas” de Costa et al. (2018).	91
Figura 5.11 - Índice oblato-prolato vs. índice de esfericidade de Sneed & Folk das amostras da praia da Cruz Quebrada vs. ALC LT9 PB3. O ponto laranja representa o valor médio da praia Cruz Quebrada e o ponto amarelo representa o valor médio da ALC LT9 PB3.	92
Figura 5.12 - Índice de rolamento vs. índice de achamento de Cailleux da amostra de balastros da praia da Cruz Quebrada vs. ALC LT9 PB3 (adaptado de Carvalho, 1968). O ponto laranja representa o valor médio das amostras da praia Cruz Quebrada e o ponto amarelo representa o valor médio da ALC LT9 PB3.	92
Figura 5.13 - Índice de rolamento vs. índice de achamento de Cailleux da amostra de balastros da praia da Cruz Quebrada vs. ALC LT9 PB4 (adaptado de Carvalho, 1968). O ponto laranja representa o valor médio das amostras da praia Cruz Quebrada e o ponto amarelo representa o valor médio da ALC LT9 PB4.	93
Figura 5.14 - Índice oblato-prolato vs. índice de esfericidade de Sneed & Folk das amostras da praia da Cruz Quebrada vs. ALC LT9 PB4. O ponto laranja representa o valor médio da praia Cruz Quebrada e o ponto amarelo representa o valor médio da ALC LT9 PB4.	93

Índice de Tabelas

Tabela 3.1 - Parâmetros utilizados para a descrição dos LOG de Sondagem.	24
Tabela 3.2 - Tabela com os parâmetros medidos para a Morfometria de Balastros.	27
Tabela 4.1 - Resultado da datação da amostra RRF20#10 152-154 (retirado do relatório enviado pelo laboratório).	51
Tabela 4.2 - Valores máximos, médios e mínimos dos parâmetros analisados em cada uma das Unidades Sedimentares da sondagem RRF20.	54
Tabela 4.3 - Resultado das % de cascalho e areia (calculadas para 100%) das amostras arenosas da sondagem RRF20, com as unidades sedimentares identificadas a cores. Laranja - US1; Verde - US3.	55
Tabela 4.4 - Resultado da análise granulométrica das amostras finas da sondagem RRF20, com as unidades sedimentares identificadas a cores. Azul – US2; Verde – US3; Amarelo – US4; Stl. – Silte.	57
Tabela 4.5 - Resultado da química orgânica das amostras da sondagem RRF20. As diferentes cores correspondem às diferentes US: Laranja – US1; Azul – US2; Verde – US3; Amarelo – US4.	58
Tabela 4.6 - Valores máximos, médios e mínimos dos parâmetros analisados em cada uma das Unidades Sedimentares da sondagem e perfis ALC LT9.	70
Tabela 4.7 - Resultado das % de cascalho, areia e da fração fina das amostras arenosas dos Perfis A, B e C de ALC LT9, com as unidades sedimentares identificadas a cores. As cores diferentes correspondem às diferentes US: Verde – US1, Azul – US2, Amarelo – US3.	71
Tabela 4.8 - Resultado da análise granulométrica das amostras finas da ALC LT9, com as unidades sedimentares identificadas. As diferentes cores correspondem às diferentes US: Amarelo – US3, Laranja – US4.	73
Tabela 4.9 - Valores do Índice de Forma de Zingg da amostra ALC LT9 PB 3.	75
Tabela 4.10 - Litologias dos balastros de ALC LT9 PB 3.	75
Tabela 4.11 - Valores do Índice de forma de Zingg da amostra ALC LT9 PB 4.	77
Tabela 4.12 - Litologias dos balastros de ALC LT9 PB 4.	77
Tabela 5.1 - Descrição da Análise da RRF.	84
Tabela 5.2 - Litologias dos balastros da praia da Cruz Quebrada.	94
Tabela 5.3 - Valores do Índice de forma de Zingg da amostra da praia da Cruz Quebrada.	94

1. Introdução

As margens do estuário do Tejo apresentam um nível de ocupação e artificialização elevado, que foi aumentado ao longo do tempo. A cidade de Lisboa implantou-se na margem estuarina direita do Tejo e desenvolveu-se desde a idade do Ferro, mas, principalmente, desde o período Romano na área que hoje corresponde à zona baixa da cidade (Costa *et al.*, 2020). Após o período Romano, a linha de costa avançou artificialmente em direção ao estuário, devido à construção de aterros progressivos com diversos materiais. Nos últimos anos, as obras de construção/reconstrução efetuadas na zona ribeirinha da cidade de Lisboa, permitiram o acesso aos sedimentos acumulados de forma natural ao longo do tempo na margem norte estuarina em mais de 20 locais entre Pedrouços e o Jardim do Tabaco, os quais estão a ser alvo de estudo no âmbito do Projeto Lisbon Stories (Costa *et al.*, 2020). A análise macroscópica destes sedimentos recolhidos em perfil ou em sondagens geotécnicas em contexto de escavação/acompanhamento arqueológico da obra, permite dizer que entre Algés e Alcântara, ocorrem maioritariamente areias, enquanto, a montante, entre Alcântara e o Jardim do Tabaco, ocorrem essencialmente vasas ou vasas arenosas (Costa *et al.*, 2020).

Este trabalho, insere-se no Projeto Lisbon Stories e tem como objetivo geral, a compreensão da evolução ambiental da margem direita do Tejo, em Alcântara, no município de Lisboa.

Os objetivos específicos deste trabalho são os seguintes:

- A caracterização paleoambiental e paleomorfológica da margem, em diversos períodos arqueológicos e históricos e a sua evolução durante o Holocénico;
- A identificação da influência antrópica na evolução natural da margem;
- A identificação da ou das fontes de alimentação sedimentar.

Estes objetivos mais específicos serão alcançados com recurso ao estudo sedimentológico (análise à textura e composição) e geoquímico (química orgânica) dos sedimentos recolhidos em Alcântara. A cronologia é estabelecida através da datação por ^{14}C de amostras previamente definidas. Os achados arqueológicos identificados nos locais amostrados permitem ajudar na atribuição cronológica dos eventos de sedimentação, e, em simultâneo, permitem compreender a ocupação antrópica do espaço. A cartografia antiga de Lisboa servirá, também, de base para a caracterização dos ambientes e da paisagem, em diversos períodos da História.

A importância deste estudo prende-se com a relevância de compreender a evolução da margem estuarina, quais os processos que tiveram maior influência no desenvolvimento dos diversos ambientes marginais, na área que corresponde à foz da ribeira de Alcântara no estuário do Tejo.

A caracterização da evolução da margem estuarina poderá ajudar a compreender atuais ambientes marginais no estuário do Tejo, formados naturalmente ou pela ação antrópica através de, por exemplo, construção de aterros e passeios marginais.

2. Enquadramento da Área de Estudo

2.1 Enquadramento Geográfico

A área de estudo situa-se em Portugal Continental (**Fig. 2.1A**), na margem norte do estuário do Tejo, na cidade de Lisboa (**Fig. 2.1B**), na zona de Alcântara. Foram analisadas amostras recolhidas em dois locais distintos (**Fig. 2.1C**):

- Na obra do edifício 53-57 da rua Rodrigues Faria, com as coordenadas: 38,70373N e -9,17809W no sistema de coordenadas WGS 1984: sondagem RRF20.
- Na obra Loteamento 9, com a seguinte localização: 38,70217N e -9,176342W no sistema de coordenadas WGS 1984: ALC LT9 (sondagem #1 e perfis).

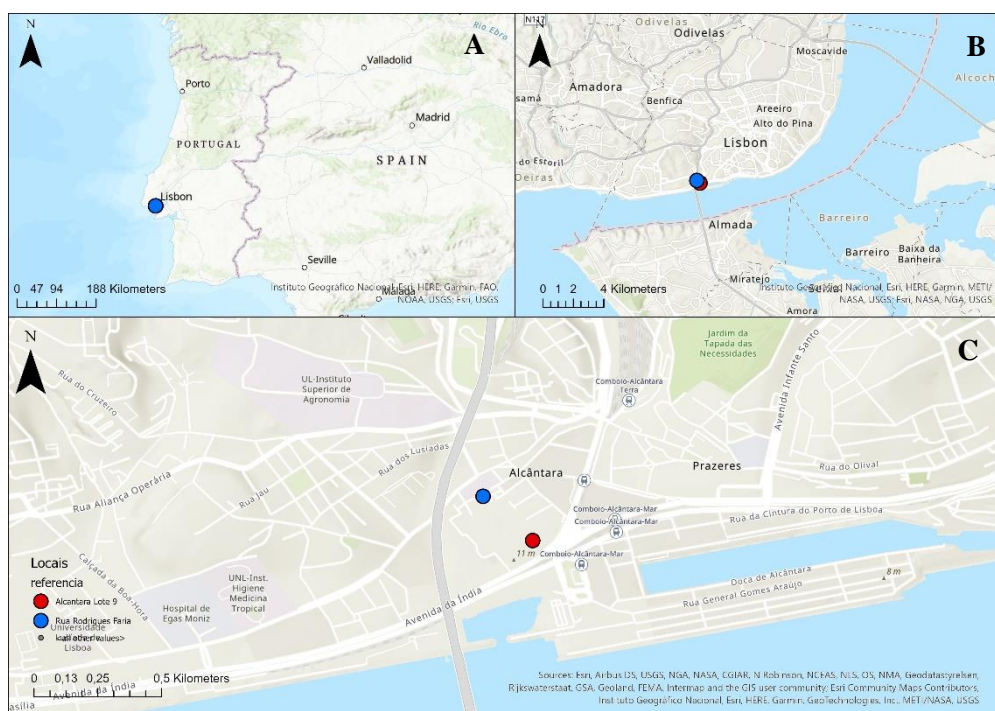


Figura 2.1 - Localização da área de estudo e identificação dos locais de sondagem: A – Portugal Continental; B – Cidade de Lisboa; C – Zona de Alcântara.

O rio Tejo é o rio principal da Península Ibérica. Nasce em Espanha, na serra de Albarracín, e desagua no oceano Atlântico, perto da cidade de Lisboa. O rio Tejo tem 1076 km de extensão, com orientação, essencialmente, de E-W. A sua bacia hidrográfica ocupa uma área de 80629 km² (Bettencourt *et al.*, 2003) e é limitada pelas bacias do Douro e Mondego, a norte, do Ebro e Júcar, a leste, e do Sado e Guadiana a sul (Bettencourt *et al.*, 2003). Ao longo do seu percurso, o rio Tejo tem muitos afluentes, sendo que, em Portugal, entre os mais importantes, destacam-se o rio Pônsul, o rio Zêzere e o rio Ocreza, na margem norte, e o rio Sorraia na margem sul (Bettencourt *et al.*, 2003). No seu troço final, desenvolve-se um amplo estuário, o estuário do Tejo, que ocupa uma área de, aproximadamente, 325 km². O estuário do Tejo tem uma área de 32500 hectares e é o maior estuário de Portugal, e um dos maiores da Europa. Dada a sua dimensão, o estuário tem uma importância significativa para as várias atividades, contribuindo para a economia local e regional. Nas margens e no estuário, estão localizadas diversas indústrias, atividades agrícolas e de pesca. Devido ao seu valor ambiental, o estuário foi classificado como reserva natural com

uma zona de proteção especial, que engloba a zona superior do estuário (<https://www.lisboa.pt/cidade/ambiente/estuário-do-tejo>, consultado em 26/04/2022).

O porto da cidade de Lisboa está construído na margem norte, embora ocorram outros portos/cais mais pequenos ao longo da margem norte e na margem sul, que servem de apoio às companhias de transporte fluvial, às atividades turísticas, entre outras.

2.2 Enquadramento Geológico e Geomorfológico

A bacia hidrográfica do rio Tejo atravessa diferentes unidades geomorfológicas da Península Ibérica, denominadas: Maciço Hespérico (MH), Orla Mesozoica Ocidental (OMO) e Bacia Terciária do Tejo-Sado (BTTS) (Fig. 2.2; Freire, 1999).

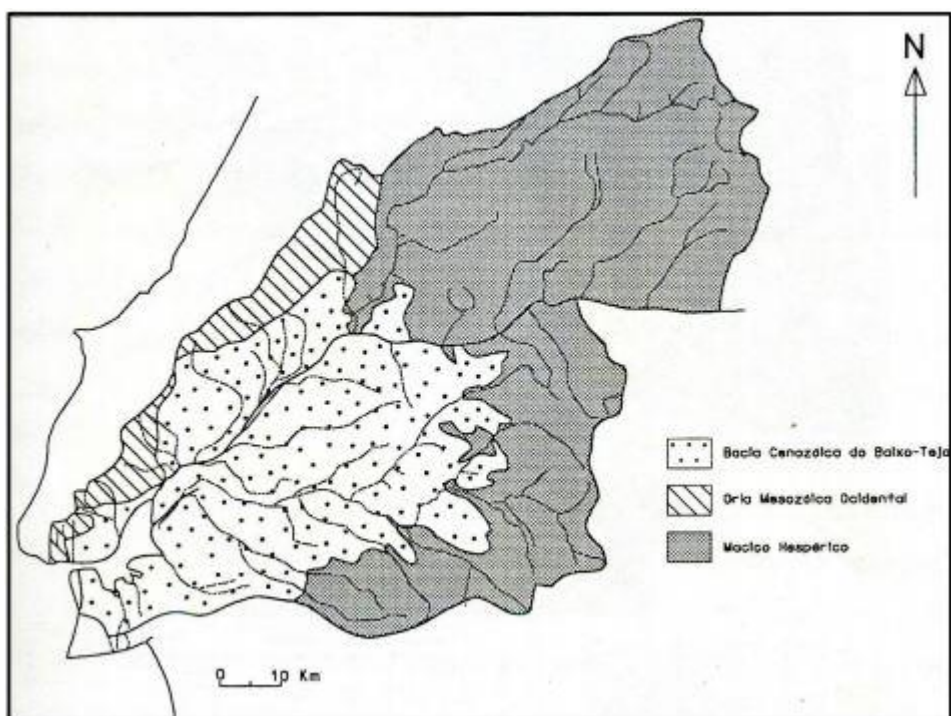
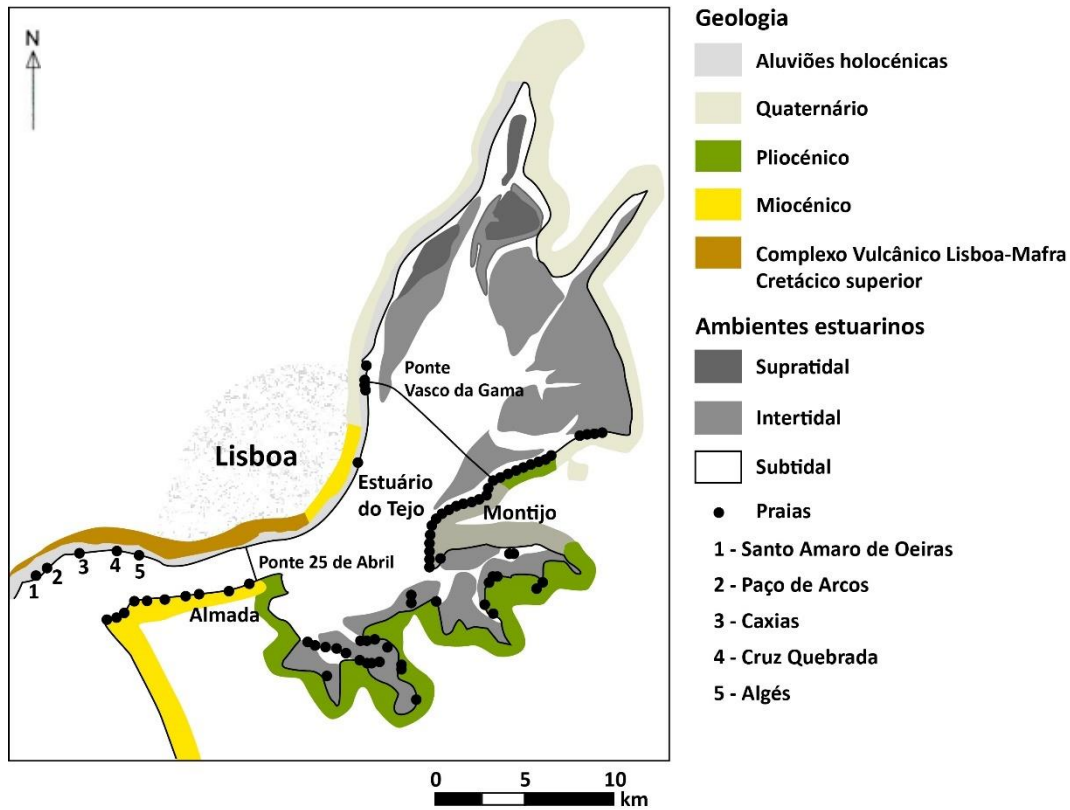


Figura 2.2 - Bacia hidrográfica do rio Tejo com representação das unidades geomorfológicas (retirado de Freire, 1999).

O Maciço Hespérico (MH), também, denominado por Maciço Antigo, é constituído por rochas de idade Pré-Câmbrica e do Paleozoico de origem, essencialmente, metamórfica ou eruptiva. O MH é dividido, em Portugal, nas zonas geotectónicas Centro-Ibérica, Ossa-Morena e Sul-Portuguesa, sendo que destas só a Sul-Portuguesa não é atravessada pela bacia hidrográfica do rio Tejo (Ribeiro *et al.*, 1979). A Orla Mesozoica Ocidental (OMO) abrange a zona oeste portuguesa entre a península de Lisboa e as planícies litorais de Espinho e Aveiro. De uma forma geral, as litologias encontradas na OMO incluem rochas detríticas, margosas com intercalações detríticas e rochas carbonatadas (Ribeiro *et al.*, 1979). A Bacia Terciária do Tejo-Sado (BTTS) corresponde a uma zona de subsidência alongada segundo uma direção NE-SW. Esta é preenchida por séries detríticas de origem continental com intercalações marinhas e salobras, correspondentes aos máximos transgressivos ocorridos no Miocénico. A bacia contacta com a OMO, a norte e a oeste (Ribeiro *et al.*, 1979).

Nas margens do estuário do Tejo, as litologias que estão presentes tem uma idade compreendida entre o Jurássico e o Quaternário, ocorrendo calcários e margas cenozóicas, siltes e argilas, basaltos e piroclastos do Complexo Vulcânico de Lisboa-Mafra, areias e carbonatos do Miocénico, areias pliocénicas, terraços fluviais pliocénicos, assim, como aluviões e depósitos de areias recentes (**Fig. 2.3**) (Freire *et al.*, 2007; Pais *et al.*, 2006).



*Figura 2.3 - Geologia das margens estuarinas do Tejo (adaptado de Costa *et al.*, 2020).*

Na cidade de Lisboa, a geomorfologia representa a variabilidade litológica presente, o que conduziu, de acordo com a resposta aos agentes erosivos, a um conjunto de relevos que levaram à designação de cidade das sete colinas (Cachão & Freitas, 2020). Mais em concreto sobre a zona de estudo, esta corresponde à parte terminal da ribeira de Alcântara, a jusante do encaixe acentuado nos calcários do Cenomaniano, que sucede devido à intensa fracturação das rochas neste local (Almeida, 1991, in Cachão *et al.*, 2020; Zbyszewski, 1947 in Matildes *et al.*, 2011) e onde o vale alarga um pouco ao definir-se no Complexo Vulcânico de Lisboa (**Fig. 2.4**). A ribeira de Alcântara esbate-se a montante na zona de Alvalade/Lumiar, num vale de fundo aplanado assente sobre o substrato miocénico.

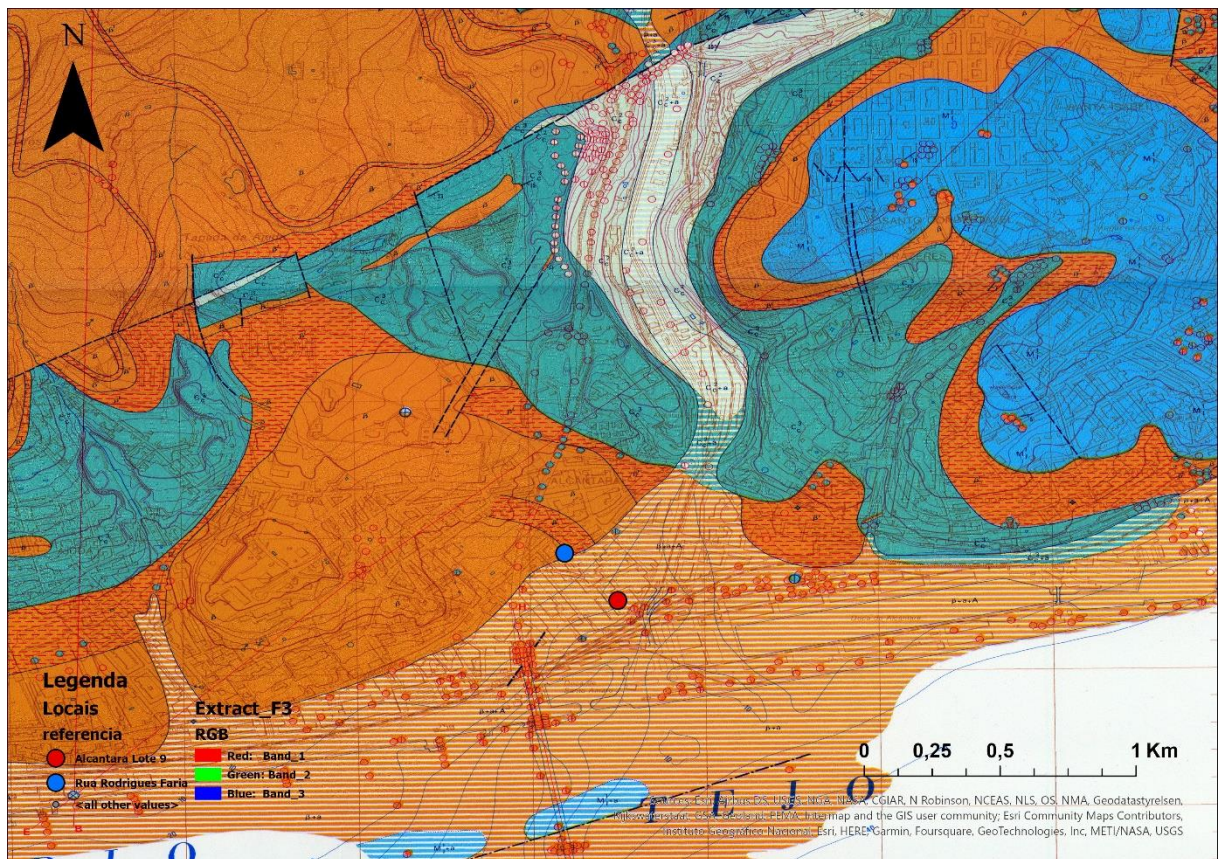


Figura 2.4 - Extrato da Folha 3 da Carta Geológica de Lisboa (1985) na escala de 1/10000 e a legenda, com as localizações dos locais de estudo.

A área de amostragem da RRF ocorre na unidade do Complexo Vulcânico de Lisboa-Mafra (Fig. 2.4 e 2.6), enquanto a ALC LT9 encontra-se em depósitos de Aterro e Aluviões com intercalações de CVL. Sobre os sedimentos amostrados em ambas as áreas estudadas ocorrem depósitos de aterro recente. De acordo com o relatório geológico-geotécnico realizado para a obra da rua Rodrigues Faria, o aterro tem uma espessura média de 3 metros (Geocontrolo, 2018a). O relatório geológico-geotécnico realizado na obra do Loteamento 9, evidencia um aterro com uma espessura que varia entre 3 e 9 metros (Geocontrolo, 2019).

A área de drenagem da ribeira de Alcântara é ampla (Fig. 2.5 e 2.6), sendo as rochas drenadas correspondentes a diversas formações geológicas de diferentes idades e descritas em baixo (Pais *et al.*, 2006).

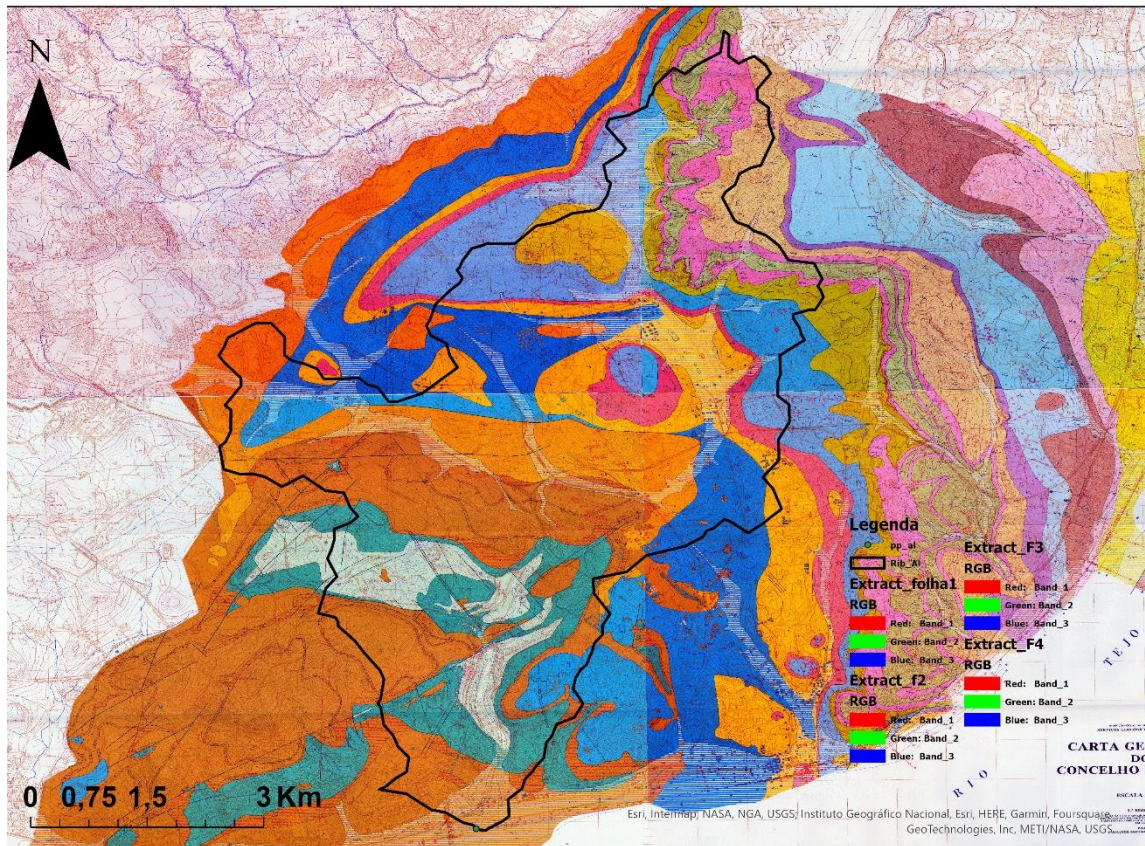


Figura 2.5 – Limite da bacia de drenagem da ribeira de Alcântara (a preto), sobre a carta geológica de Lisboa (1985), na escala de 1/10000.

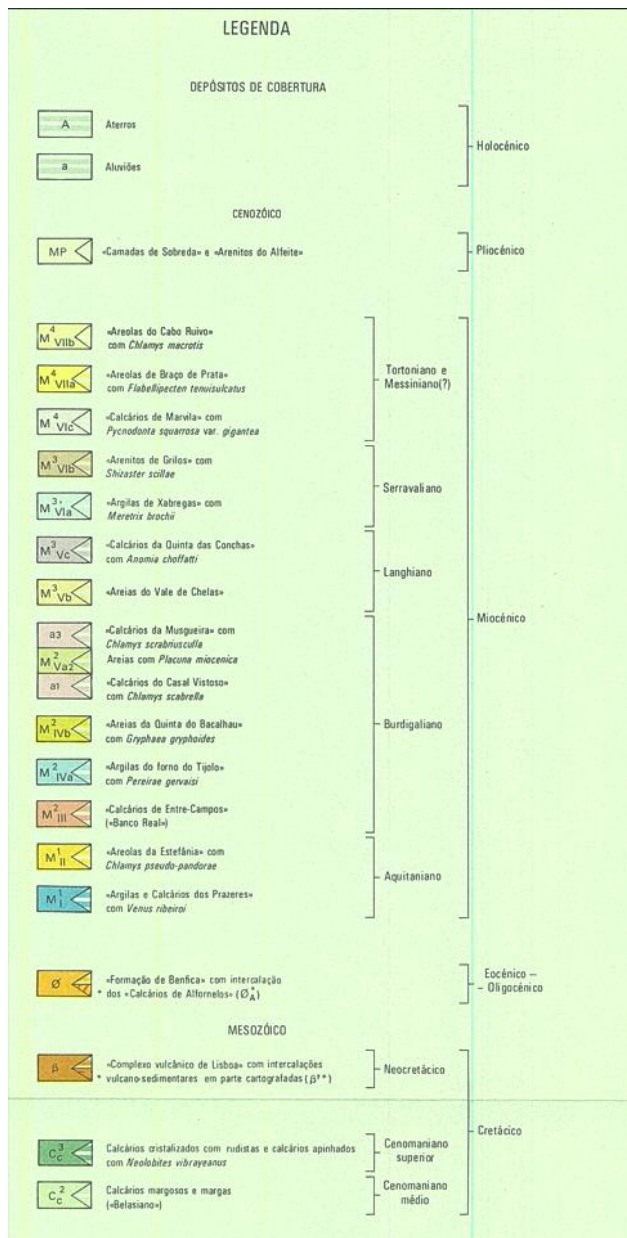


Figura 2.6 - Legenda da carta geológica de Lisboa (1985), na escala de 1/10000.

β_{1p} – Rochas piroclásticas

As rochas piroclásticas que estão presentes em Lisboa têm uma natureza explosiva, sendo constituídas, essencialmente, por cinzas e lapilli (fragmentos de lava consolidada com dimensões compreendidas entre 4 e 32 mm), as quais constituem depósitos não consolidados, de várias espessuras e que se encontram sempre muito alterados. Também, ocorrem brechas grosseiras de base de escoada e outros aglomerados vulcânicos, que estão muito alterados.

β – Filões e chaminés de basalto

Ocorrem filões estreitos e pequenas massas, por vezes correspondentes a antigas chaminés basálticas. Todavia, no município de Lisboa, somente foram cartografados pequenos afloramentos entre Belém e a Ajuda e em Monsanto, sendo que é a fácies basáltica que predomina

C²_{Cn} – Formação de Caneças

Em Lisboa, identificam-se os dois níveis superiores desta formação, dos quatro descritos por Choffat (1885, *in Pais et al*, 2006). O primeiro é o “nível com *Pterocera incerta*”, constituído por calcários margosos amarelados e apinhoados, que são pouco fossilíferos, com níveis arenos-quartzosos e mais dolomíticos para o topo. O segundo é o “nível com *Exogyra pseudo-africana*”, no qual predominam os calcários margosos amarelados e as margas (Zbyszewski, 1963 *in Pais et al.*, 2006).

C³_{Bi} – Formação de Bica

A Formação da Bica é constituída por calcários compactos de cor branca, rosada a avermelhada, que, para o topo, se tornam mais margosos, onde alternam com margas amarelas, rosadas e esbranquiçadas. O calcário compacto é preponderante, tendo zonas em que se apresenta como um calcário cristalino, com ocorrência de nódulos de sílex, alternando com os calcários apinhoados (nodulosos) e com os calcários com uma componente margosa. Esta formação é caracterizada, na sua parte superior, pela presença de rudistas (caprínulas e radiolitídeos), frequentemente constituindo biostromas, por vezes coalescentes, de cor branca acinzentada a avermelhada, em que os rudistas se encontram, frequentemente, silicificados. Inclui, também, muitos foraminíferos, ostracodos, tubos de serpulídeos, esponjas, algas, gastrópodes, bivalves e equinídeos (Pais *et al.*, 2006).

Θ_{Bf} – Formação de Benfica

Segundo Choffat (1950, *in Pais et al*, 2006), identificaram-se cinco conjuntos de rochas distintos:

- Margas e argilas avermelhadas ou alaranjadas;
- Conglomerados com blocos calcários;
- Margas avermelhadas;
- Calcários de Alfovelos cobertos por conglomerados;
- Margas avermelhadas com pequenos calhaus rolados e alguns calcários.

As frações argilosas são ricas de paligorskite e de esmectite, estando esta última associada aos níveis mais detríticas, e a paligorskite abunda nos carbonatos e argilitos (Azevedo, 1991 *in Pais et al*, 2006).

M_{Pr} – Camadas de Prazeres (Mi)

Na área de Lisboa, afloram desde Carnide até Santos, passando por: Benfica, Palma de Baixo, Campo Pequeno, Praça Marquês de Pombal, Largo do Rato, Prazeres, Estrela e Lapa. Mais para oeste, ocorrem junto do forte do Alto do Duque e de Algés. As argilas e margas depositadas em ambientes de lagunas litorais têm uma maior presença.

M_{Es} – Areolas de Avenida da Estefânia (M_B)

Esta unidade é constituída por areias finas, areias argilosas, argilitos e alguns bancos de bioalcoarenitos. O topo desta unidade é, essencialmente, constituído por bioalcoarenitos. Afloram, na região de Lisboa, desde Carnide até à Baixa, passando por: Telheiras, Campo Pequeno, Campo de Santana, Bairro Alto e base da colina do Castelo de S. Jorge. Também, ocorrem retalhos isolados em Benfica e Algés.

M_{FT} – Argilas de Forno do Tijolo (M_{IVa})

Esta unidade é constituída por areias finas argilosas, piritosas, de cor cinzenta azulada (fácies euxínica) com moluscos (incluindo *Pereiraia gervaisi*), peixes e abundantes microfósseis (nanoplâncton calcário, dinoflagelados, foraminíferos, ostracodos.

a – Aluviões e/ou Aterros (a)

As litologias dos depósitos de aluviões variam entre areias e vasa (argila+silte). Estes depósitos resultam da sedimentação de material transportado pelo rio Tejo e/ou outras linhas de água presentes, como o caso da ribeira de Alcântara.

Os aterros antrópicos têm litologias variadas sendo frequente a presença de fragmentos de basalto e calcário, fragmentos de conchas e fragmentos de materiais antrópicos, como por exemplo argamassa e tijolo.

2.3 Enquadramento Hidrodinâmico

Do ponto de vista hidrodinâmico, o estuário do Tejo é caracterizado como um ambiente ultradissipativo (Andrade *et al.*, 2003). As ondas oceânicas não têm muito efeito no estuário devido ao estrangulamento provocado pela zona do gargalo do Tejo. Quanto às marés, corresponde a um sistema mesotidal, com marés semidiurnas com amplitude que varia entre 3,2m; em períodos de marés vivas, e de 1m em marés mortas (Taborda *et al.*, 2009). As marés oceânicas propagam-se através da barra, afetando e condicionando a dinâmica estuarina.

Em relação às fontes sedimentares, os sedimentos que se depositam em ambiente subtidal e intertidal no estuário correspondem a uma mistura resultante do acarreio fluvial do Tejo e dos seus tributários, com inclusão de elementos de origem marinha, transportados para o estuário pelas marés. Os sedimentos de origem fluvial resultam de processos de erosão provocados pelo rio Tejo e seus afluentes, sendo estes materiais, essencialmente, constituídos por areias finas e médias e vasa. Na zona montante do estuário, uma grande parte do material transportado por acarreio fluvial fica retido, pois com o aumento da secção do canal do Tejo, ocorre a perda de capacidade de transporte e sucede a deposição de sedimentos. A deposição destes sedimentos propicia a formação de extensas áreas intertidais a montante (Bettencourt *et al.*, 2003) constituídas, essencialmente, por vasa. Na margem sul, desenvolvem-se praias e restingas arenosas (**Fig. 2.3**).

2.4 Enquadramento Arqueológico

Os sítios arqueológicos identificados até agora, na área de estudo permitem caracterizar a ocupação humana durante vários períodos da pré-história e da história da cidade de Lisboa. De igual forma, quando são identificadas estruturas arqueológicas nos sítios amostrados ou artefactos no interior dos sedimentos analisados, aos quais é possível atribuir uma cronologia, é possível enquadrar, cronologicamente, as amostras estudadas.

Na zona litoral de Lisboa, entre Alcântara e Algés (**Fig. 2.7**), foram identificados 30 sítios arqueológicos com idades compreendidas entre o Paleolítico e o Período Moderno – (retirado do Geoportal do Portal do Arqueólogo - [Portal do Arqueólogo \(patrimoniocultural.pt\)](http://portaldoarqueologo.patrimoniocultural.pt) consultado em 04/03/2021). Para uma melhor representação dos sítios arqueológicos existentes na área mais próxima do local de estudo, optou-se por representar os locais arqueológicos a uma distância de 500m à zona de estudo (**Fig. 2.8**).

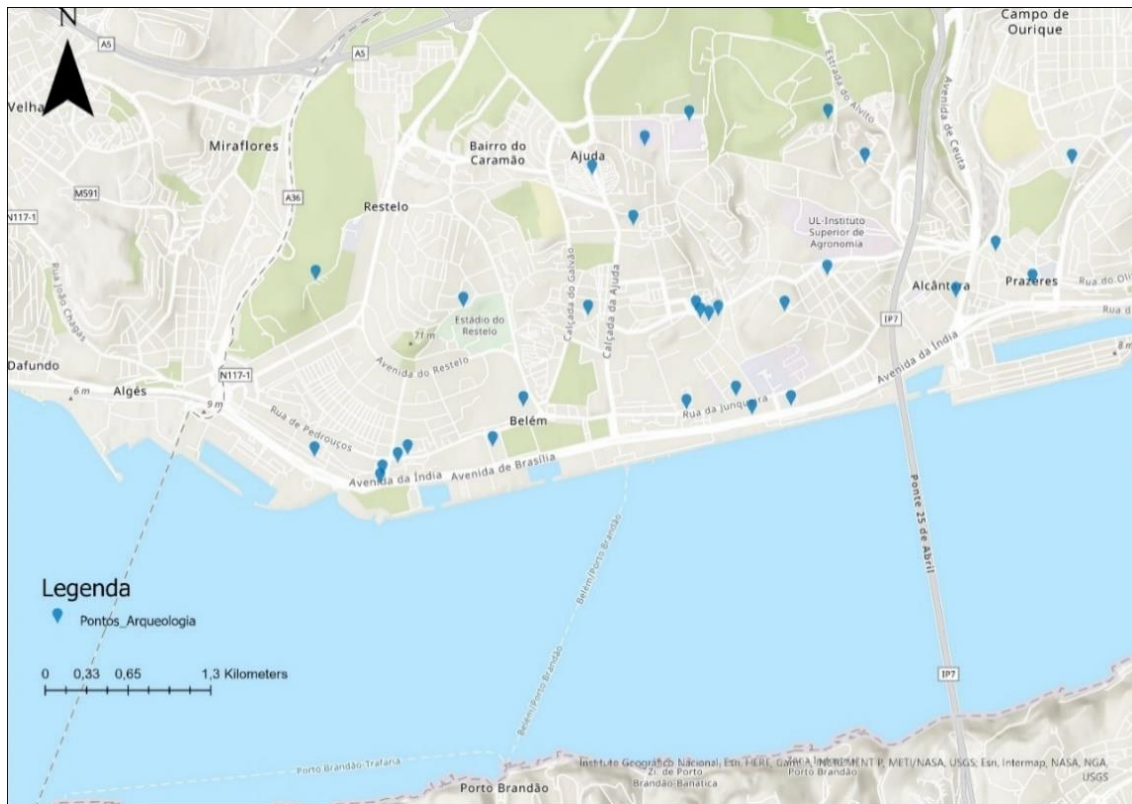


Figura 2.7 - Localização dos locais de registo arqueológico na região de Lisboa, entre Alcântara e Algés de acordo com o [Portal do Arqueólogo \(patrimoniocultural.pt\)](http://portaldoarqueologo.patrimoniocultural.pt).

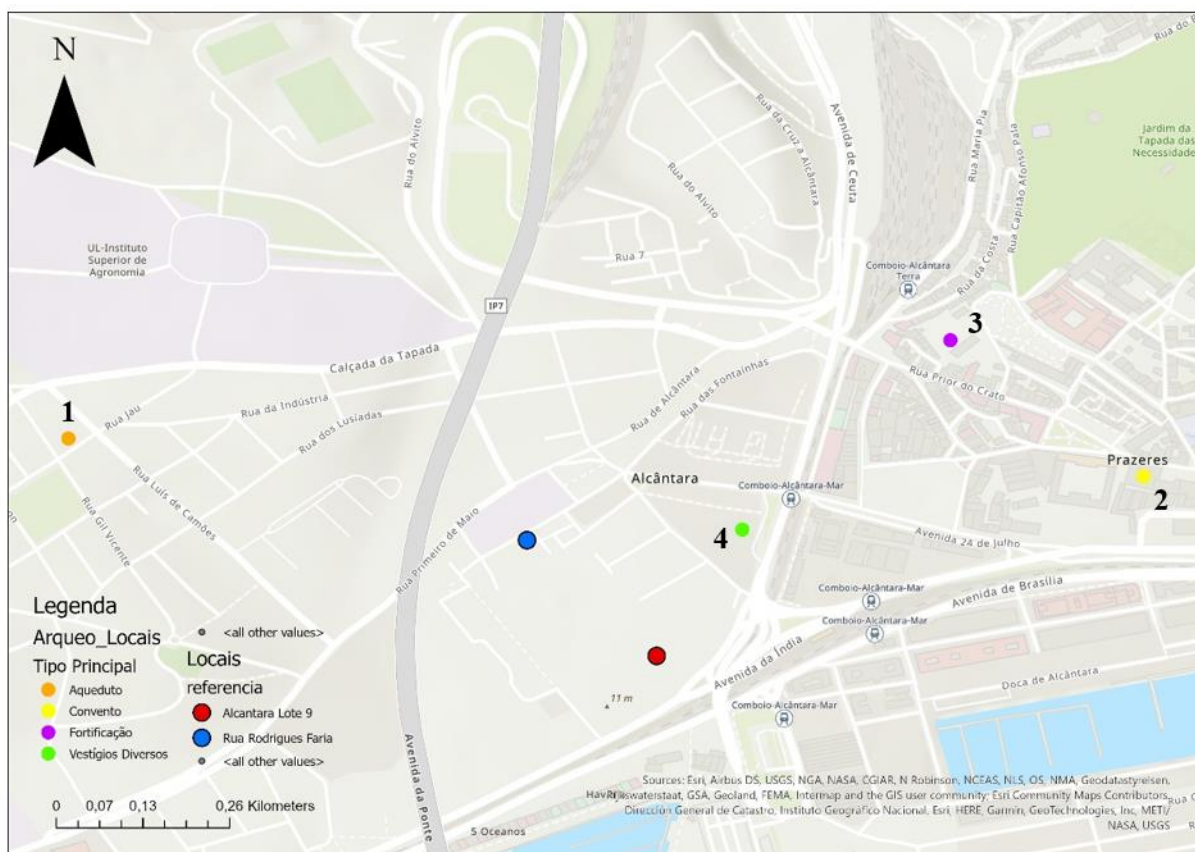


Figura 2.8 - Localização dos sítios arqueológicos próximos dos locais do presente estudo.

Dos sítios arqueológicos identificados, salientam-se alguns pontos de interesse, tais como:

1. Aqueduto – CNS (37858)

O Aqueduto é um sítio arqueológico de cronologia Moderna/Contemporânea (<http://arqueologia.patrimoniocultural.pt/index.php?sid=sitios&subsid=3452378>, consultado em 02/05/2022). Corresponde a um sistema de adução de água, que na área de estudo é composto por um troço de um aqueduto em galeria com um poço de vista.

2. Convento do Santíssimo Sacramento – CNS (37359)

O Convento do Santíssimo Sacramento também tem cronologia Moderna/Contemporânea (<http://arqueologia.patrimoniocultural/index.php?sid=subsid=3384587>, consultado em 02/05/2022). O convento foi fundado em 1605 pelos condes de Vimoso para a Ordem de S. Domingos. Nas imediações do convento foram identificadas diversas infraestruturas de canalização e alguns muros das divisões dos espaços, que, datam do início do séc. XVII. Corresponderem a estruturas de pedra de calcário e argamassa, com canais em tijolo ou cerâmica vidrada, que corresponderiam ao sistema original de esgotos do convento.

3. Fortificação – CNS (16218)

Esta fortificação terrestre data do período Moderno (<http://arqueologia.patrimoniocultural.pt/index.php?sid=sitios&subsid=174400>, consultado em 02/05/2022). Foi identificado um baluarte com o formato de um quadrilátero irregular, localizado entre as atuais Calçada do Livramento e Travessa do Livramento. O baluarte foi construído num

local estratégico na margem esquerda da ribeira de Alcântara e fazia parte de um projeto de fortificação terrestre envolvente de Lisboa.

4. Vestígios Diversos – CNS (20509)

Os vestígios identificados são do período Moderno/Contemporâneo (<http://arqueologia.patrimoniocultural.pt/index.php?sid=sitios&subsid=2336815>, consultado em 02/05/2022). Foram identificados diversos vestígios de estruturas pré-existentes. Este ponto, na cartografia antiga, era o local de confluência entre a ribeira de Alcântara e o rio Tejo.

Também, com base na consulta de informação bibliográfica, identificou-se três locais de interesse arqueológico próximos da zona de estudo, tais como:

- Convento do Calvário

O Convento do Calvário está situado nas atuais rua Primeiro de Maio (nº1-11), rua Rodrigues Faria (nº6), Travessa do Calvário (nº1) e Largo do Calvário (nº6) (<http://patrimoniocultural.cm-lisboa.pt/lxconventos/ficha.aspx?t=i&id=579&lang=pt>, consultado em 02/03/2022). A construção deste convento foi aprovada em 1616, a pedido do D. Violante de Noronha e sua filha D. Maria Teles de Meneses, em que a data do início da sua construção é de 02 de maio de 1619. Este convento foi muito afetado durante o sismo de 1755 e teve como data de extinção 14 de janeiro de 1791.

- Convento de Nossa Senhora da Quietação

O Convento de Nossa Senhora da Quietação situado na rua Primeiro de Maio, nº18-22, localizava-se a poente da ponte de Alcântara (<http://patrimoniocultural.cm-lisboa.pt/lxconventos/ficha.aspx?t=i&id=578&lang=pt>, consultado em 02/03/2022). Este convento foi fundado no fim do século XVI, por iniciativa do rei D. Filipe I de Portugal. A construção decorre entre 1583 e dezembro de 1586. Durante o sismo de 1755, o convento não sofreu muitos danos estruturais, e os que sofreu foram rapidamente reparados. A data de extinção foi 14/01/1887.

- Moinho de Maré de Alcântara

O moinho de maré de Alcântara tem as suas primeiras menções no século XIII, tendo o rei D. Dinis aprovado o aforamento de uma propriedade localizada junto à ponte de Alcântara na data 31/12/1298 (Silveira, 2017).

No decorrer do século XVIII, houve uma transformação do vale de Alcântara, com projetos de expansão urbana para ocidente e da construção do Palácio das Necessidades. Todavia, com o sismo de 1755, houve uma necessidade de intervenção, que marcou a evolução desta área da cidade (Silveira, 2017).

3. Metodologia

A metodologia utilizada neste trabalho centra-se em sete etapas principais:

1. Análise e interpretação de relatórios geotécnicos;
2. Recolha de informação arqueológica e histórica;
3. Análise da Cartografia Antiga disponível;
4. Trabalho de campo para recolha de amostras;
5. Ensaios laboratoriais: suscetibilidade magnética, textura (% balastros, % areias, % siltes, % argila e morfometria), composição (teor de matéria orgânica (%), % carbonato de cálcio (CaCO₃), química orgânica (% carbono orgânico (C) e de % de azoto (N) e isótopos ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$));
6. Datação por ¹⁴C;
7. Integração dos resultados obtidos em ambiente ArcGis.

3.1 Análise e interpretação de relatórios geotécnicos

Com base na informação disponibilizada nos relatórios geológicos-geotécnicos das empresas Geocontrole (2017; 2018a, 2018b e 2019), Geotest (2014, 2016 e 2020) e Eosolve (2012), foi possível fazer uma caracterização prévia da zona de estudo. Para cada sondagem descrita no relatório geotécnico foi feito um LOG, com recurso ao software SedLog (Zervas *et al.*, 2009). Para a execução do LOG de cada sondagem foi, inicialmente, construída uma tabela em Excel e preenchidos os campos com a informação relevante para a caracterização sedimentológica. Na **Tabela 3.1**, é possível observar a tabela-tipo utilizada.

Tabela 3.1 - Parâmetros utilizados para a descrição dos LOG de Sondagem.

Referência obra	Referência sondagem	M	P	Cota boca furo (NMM) (cm)	topo (prof)	base (prof.)	Topo (cota)	Base (cota)	Nome	Descrição	Empresa
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Os dados que foram considerados para cada sondagem são: i) coordenadas e cota (em relação ao nível médio do mar (NMM)) da boca da sondagem; ii) profundidade da base e topo de cada unidade definida; iii) cota (NMM) da base e do topo de cada unidade definida; iv) identificação e descrição de cada unidade tendo por base a litologia; e v) empresa que realizou o trabalho geotécnico (**Tabela 3.1**). O LOG gerado a partir desta informação foi mais tarde trabalhado e simplificado.

3.2 Recolha de informação arqueológica e histórica

A informação arqueológica e histórica consiste numa parte importante do trabalho uma vez que permitem caracterizar a ocupação da área de estudo e a sua evolução.

Para a recolha da informação arqueológica foram utilizados as páginas da internet <https://arqueologia.patrimoniocultural.pt> e <https://patrimoniocultural.cm-lisboa.pt> onde foi possível aceder e visualizar descrições dos sítios arqueológicos identificados e inventariados até à data. Esta informação é crucial para compreender a ocupação e pressão humana na área de estudo, balizar em termos cronológicos as primeiras intervenções antrópicas realizadas na ribeira de Alcântara e identificar possíveis estruturas que possam estar relacionadas ou a afetar a evolução natural da margem.

3.3 Análise da Cartografia Antiga disponível

Para a análise da cartografia antiga de Lisboa foi utilizada a página <https://lisboainterativa.cm-lisboa.pt>. Esta página é uma plataforma online que permite aceder a informação diversa sobre a cidade de Lisboa. A análise da cartografia antiga possibilita também compreender a evolução ambiental e antrópica da área de estudo através da visualização de mapas georreferenciados e da identificação de estruturas antrópicas. Neste trabalho consideraram-se as seguintes características: i) data do mapa, ii) autor do mapa, iii) características naturais do litoral na zona de Alcântara, iv) a existência de estruturas antrópicas e a sua identificação; e v) as diferenças ocorridas na margem ao longo do tempo.

3.4 Trabalho de Campo para recolha de amostras

O trabalho de campo realizado para este estudo consistiu na recolha de amostras de sondagens (RRF20, ALC LT9 (#1) e em perfil (Perfil A, Perfil B e Perfil C).

A sondagem RRF20 foi recolhida na obra da rua Rodrigues Faria a 06/08/2020 por uma equipa de geólogos da FCUL (Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa) liderada por M. C. Freitas e A. M. Costa. A recolha foi efetuada com recurso a um equipamento ligeiro de perfuração manual com amostradores trado e *van der Horst*. A sondagem tem uma cota de superfície de 0,62m (NMM) e o testemunho possui um comprimento de 1,8m.

A sondagem ALC LT9 (#1) foi recolhida no Loteamento 9 com recurso a um método expedito (**Fig. 3.1**), por uma equipa de arqueólogos da empresa Neoépica liderada por Susana Martinez. A cota de superfície é de 55cm NMM e o testemunho possui um comprimento de 1m. No dia 28/01/2021 foi recolhida em ALC LT9 mais um conjunto de amostras discretas ao longo de dois perfis (Perfil A e Perfil B) por M. C. Freitas e A. Costa, com recurso a pá e sacos de plástico. Por fim, o trabalho de campo consistiu ainda na recolha de amostras do Perfil C, por E. Rodrigues e

A. Costa no dia 13/05/2021 em ALC LT9. Durante esta amostragem foram recolhidas duas amostras para posterior datação por OSL.



Figura 3.1 - Recolha da sondagem ALC LT9 #1.

3.5 Ensaios de Laboratório

Suscetibilidade Magnética (SM)

Antes de se proceder à amostragem das sondagens foi medida a SM com recurso a um equipamento Bartington MS2 com um sensor MS2E. A SM foi medida duas vezes a cada 2 cm, correspondendo o valor final ao valor médio das duas medições. Foi realizada uma terceira medição, caso os dois primeiros valores fossem muito distintos. Entre cada medição, o aparelho foi calibrado para o valor do ar (zero), de forma a evitar erros sistemáticos de medição.

Amostragem

No laboratório da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, as duas sondagens (RRF e ALC LT9) foram abertas, fotografadas e descritas macroscopicamente, tendo em consideração as características das mesmas: a litologia, a cor, a presença/ausência de conchas/fragmentos de concha, a presença/ausência de bioturbação e a identificação de elementos de dimensão variável com diversas origens.

Cada troço de sondagem foi, em seguida, subamostrado, tendo cada subamostra entre 2 cm (amostras mais vasosas) e 7 cm (amostras mais arenosas).

Teor de Humidade

Em seguida, cada amostra da sondagem foi determinado o seu peso húmido, onde os sedimentos arenosos foram colocados na estufa a 100°C e os sedimentos mais vasosos foram congelados e,

depois, liofilizados. As amostras depois de secas, foram novamente pesadas e foi determinado o teor de humidade.

Textura (%Balastros, %Areias, %Silte, %Argila)

Para a caracterização textural, procedeu-se, primeiro, à desagregação das amostras num almofariz de porcelana, com recurso a um pilão de borracha e ao seu quarteamento, com o intuito de ser mais fácil a realização dos ensaios. Para a análise textural utilizou-se uma quantidade de sedimento variável entre 30g (amostras mais vasosas) e 100g (amostras arenosas) e nas amostras com menos massa, utilizou-se 50% da mesma.

Realizou-se uma separação entre a fração grosseira (material > 63 μ m) e fina (material < 63 μ m) por via húmida, com recurso a um crivo com malha de 63 μ m. O material retido no crivo (> 63 μ m) foi colocado numa estufa a 100°C. O material < 63 μ m foi seco com recurso a um banho de areia. Ambas as frações secas e pesadas foram transferidas para os sacos devidamente referenciados. Em seguida, procedeu-se à classificação das amostras de acordo com Flemming (2000), com base nos resultados obtidos para o peso (%) das frações de cada amostra.

Em todas as amostras nas quais a fração grosseira fosse superior a 75% foi realizado uma análise granulométrica por crivos separados por 0,5 ϕ , entre -2 ϕ e 4 ϕ . Nas amostras em que a fração fina era superior a 50%, executou-se uma análise granulométrica por difração laser, com recurso a um aparelho Malvern Mastersize 2000, procedendo-se da seguinte forma:

- Referenciação de cada copo com o nome de cada amostra;
- Pesagem de cerca 0,08g de amostra;
- Colocação de 20ml de água desionizada em cada copo com amostra;
- Colocação, com o auxílio de uma pipeta, de 4 gotas de hexametáfosfato de sódio (desfloculante) em cada copo;
- Desagregação da amostra por ultrassons durante 3 minutos.

Morfometria de Balastros

Para o estudo da morfometria de balastros, foram escolhidos balastros com comprimento superior a 2cm, os quais foram lavados, secos e numerados. Para cada balastro mediu-se o comprimento máximo (L), a largura máxima (l), a espessura máxima (E) com o auxílio de uma craveira e o raio da curvatura da aresta mais aguda (r1) com o ábaco de círculos. Os valores foram anotados em milímetros. Foi também identificada a litologia de cada balastro. Os dados foram introduzidos numa tabela representada em **Tabela 3.2**.

Tabela 3.2 - Tabela com os parâmetros medidos para a Morfometria de Balastros.

Amostra	Nº	L (mm)	l (mm)	E (mm)	r1 (mm)
-	-	-	-	-	-

A partir destes dados foram determinados os seguintes índices: rolamento de Wentworth (Wentworth, 1919), rolamento de Cailleux (Cailleux, 1947), achatamento de Cailleux (Cailleux, 1947), esfericidade de Sneed & Folk (1958), o índice oblato-prolato (Dobkins & Folk, 1970) e a razão geometricidade.

$$\text{Índice de rolamento de Wentworth} = \frac{r_1}{R}$$

Onde:

- r_1 – Raio de curvatura da aresta mais aguda
- R – Média dos raios de curvatura de todas as arestas

$$\text{Índice de rolamento de Cailleux} = \frac{2r_1}{L}$$

Onde:

- r_1 – Raio da curvatura da aresta mais aguda
- L – Comprimento do balastro

$$\text{Índice de achatamento de Cailleux} = \frac{L + l}{2E}$$

Onde:

- L – Comprimento do balastro
- l – Largura do balastro
- E – Espessura do balastro

$$\Psi_p = \sqrt[3]{\frac{S^2}{L \times I}}$$

Onde:

- Ψ_p – Índice de esfericidade de Sneed & Folk
- S – Espessura do balastro
- L – Comprimento do balastro
- I – Largura do balastro

$$OP = \frac{10 \left(\frac{L - I}{L - S} \right) - 0.5}{\bar{L}}$$

Onde:

- OP – Índice Oblato-Prolato
- L – Comprimento do balastro
- I – Largura do balastro
- S – Espessura do balastro

$$GR = \frac{\text{Bastonados (\%)} + \text{Esféricos (\%)}}{\text{Discoidais (\%)} + \text{Laminados (\%)}}$$

Onde:

- GR – Razão Geometricidade

Análise Composicional ((%MO, %CaCO₃, %C, %N e isótopos de C e N)

Todas as amostras foram quarteadas até obter 5g, em seguida moídas num almofariz de porcelana com um pilão de porcelana ou num almofariz de ágata, de modo a ser possível executar os seguintes ensaios: determinação do teor de matéria orgânica, determinação do teor de carbonato de cálcio e análise elementar e isotópica de C e N.

O teor de matéria orgânica (%MO) foi determinado por queima na mufla, seguindo o método adaptado de Cristensen (1992). A queima de 0,5 g de amostra, foi efetuada em cadinhos de porcelana durante 6 horas em cada um de dois patamares de temperatura – 280°C, para determinar a % de matéria orgânica labile e 520°C, para determinar a % de matéria orgânica refratária. A matéria orgânica total resulta da soma da matéria orgânica labile e refratária. A determinação deste parâmetro, em cada amostra, é feita em duplicado.

Para a determinação do teor de carbonato de cálcio (% CaCO₃), foi utilizado o método gasométrico com o recurso a um calcímetro Eijkelkamp. Começou por fazer-se um teste inicial, para ter uma noção de quanto carbonato de cálcio estaria presente em cada amostra. Depois, executaram-se os passos necessários para a preparação das amostras padrão (0,2000g e 0,4000g de CaCO₃ puro), brancos e as amostras, colocando-se em cada Erlenmeyer 20ml de H₂O desionizada e 7ml de HCl a 10%. Por fim, verificou-se a estanquicidade do sistema, procedeu-se ao nivelamento da água nas buretas nos valores apropriados (3 para os padrões, 20 para o branco_1, 80 para o branco_2 e 1 para as amostras). O processo tem início ao agitar o Erlenmeyer, com a reação do HCl com o CaCO₃ da amostra e libertação de CO₂. Para a determinação da % CaCO₃ final anota-se o valor de volume final observado na bureta do erlenmeyer ao fim de 15 minutos. Foram realizados ensaios em duplicado, a fim de assegurar o rigor dos resultados. A % CaCO₃ determina-se através da fórmula:

$$CaCO_3 (\%) = \frac{100 * (M_2 * (V_1 - V_3))}{M_1 * (V_2 - V_3)}$$

Onde:

- M₁ – massa da amostra a analisar (g);
- M₂ – média da massa dos padrões utilizados (g);
- V₁ – média da variação do volume de CO₂ da amostra analisado (ml);
- V₂ – média da variação do volume de CO₂ dos padrões utilizados (ml);
- V₃ – média da variação do volume de CO₂ dos ensaios brancos utilizados (ml)

Para a determinação elementar e isotópica de C e N, utilizaram-se amostras com maior teor de MO. Pesou-se 1g de amostra num copo referenciado e colocou-se HCl a 10% para destruir o carbonato de cálcio presente. Em seguida, foi colocada H₂O desionizada, de modo a neutralizar a amostra e secou-se o resíduo numa estufa a 100°C.

As análises foram realizadas no Laboratório de Isótopos Estáveis e Análise Instrumental da Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa. Para análise, as amostras foram homogeneizadas e pesadas em cápsulas de estanho. As amostras encapsuladas foram analisadas utilizando um

equipamento de análise elementar por combustão FlashEA1112, acoplado a um analisador elementar (IRMS - Isotope Ratio Mass Spectrometer) EuroEA (EuroVector, Itália). O valor de C orgânico foi corrigido (C_{cr}) para o carbono total, tendo em conta o valor de C (%) de carbonato de cálcio. As razões isotópicas são expressas de acordo com a notação convencional (δ), $\delta^{13}C_{VPDB}$ e $\delta^{15}N_{air}$, onde os valores reportados para o C são determinados por comparação com o CO_2 do gás de referência (99,9996%, $\delta^{13}C_{VPDB} = -6.3117$) relativos a Vienna Pee Dee Belemnite (VPDB) e os valores reportados para o N são relativos ao ar.

$$C_{cr}(\%) = \frac{(100 - CaCO_{3Am}) * C_{Am}}{100}$$

Onde:

- C_{Cr} – é o valor de carbono (C) corrigido em percentagem;
- $CaCO_{3Am}$ – é o valor da análise de calcimetria da amostra em percentagem;
- C_{Am} – é o valor medido de carbono.

3.6 Datação por ^{14}C

A fim de obter uma melhor cronologia dos sedimentos analisados, foi escolhido uma amostra apropriada para datar (RRF20#11 152-154), enviada para o laboratório André E. Lalonde Accelerator Mass Spectrometry Laboratory (Canadá). A análise foi realizada com o procedimento descrito no site (<https://ams.uottawa.ca/analytical-methods-radiocarbon-laboratory/#1592922514456-5b7d255b-f175>, consultado em 23/05/2002). Outro importante aspeto a referir é que a amostra foi submetida a um tratamento prévio de ABA (ácido, base e ácido). Na amostra, usou-se ácido clorídrico (HCl) para remover o carbonato, hidróxido de sódio (NaOH) para remover os ácidos húmidos e, por fim, HCl para neutralizar a amostra e remover CO_2 ([Radiocarbon Laboratory – AEL AMS Laboratory Home Page \(uottawa.ca\)](https://ams.uottawa.ca/analytical-methods-radiocarbon-laboratory/#1592922514456-5b7d255b-f175), consultado em 19/09/2022).

3.7 Integração dos resultados em ArcGis

A informação recolhida da pesquisa bibliográfica, nos relatórios geológicos-geotécnicos, bem como da arqueologia e cartografia antiga foi trabalhada, a fim de produzir os mapas deste trabalho. A partir dos dados obtidos da localização do caso de estudo, com base no MDT de Portugal, calculou-se a extensão da bacia de drenagem da ribeira de Alcântara, bem como as litologias. Com base na posição da linha de costa dos mapas da cartografia histórica, a localização da ALC LT9 e a posição da linha de costa atual, permitiu calcular o avanço em direção ao estuário da linha de costa.

4. Resultados

4.1 Sondagens Geotécnicas

Rua Rodrigues Faria

Na obra realizada na rua Rodrigues Faria, foram efetuadas duas sondagens geotécnicas (S1 e S2) pela empresa Geocontrole e, da descrição do relatório geológico-geotécnico disponibilizado (Geocontrole, 2018a), foram elaborados logs com o software SedLog. Na **Fig. 4.1**, observa-se a planta de localização da prospeção geotécnica, com o perfil A-A' e o local de ambas as sondagens. Na **Fig. 4.2**, verifica-se o perfil geológico e geotécnico A-A', assim como a sua legenda (**Fig. 4.3**). Nas figuras **4.4** e **4.5**, observa-se os logs criados a partir da descrição do relatório geológico-geotécnico da obra rua Rodrigues Faria.

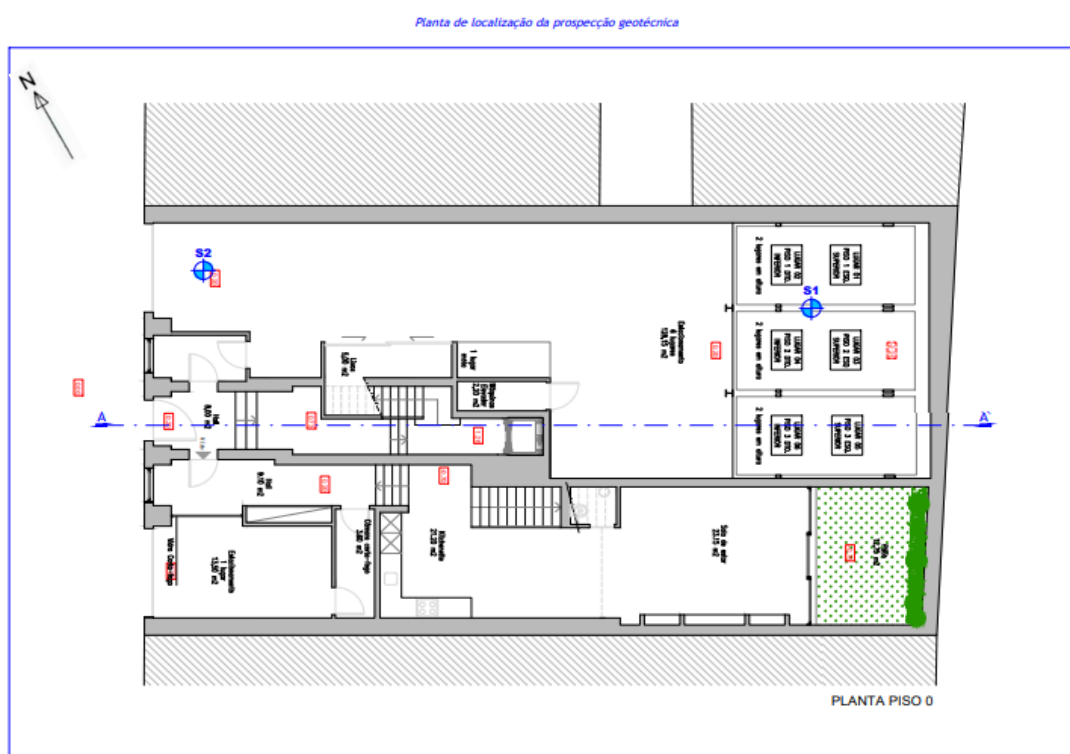


Figura 4.1 - Planta de localização de prospeção geotécnica da obra da Rua Rodrigues Faria, na escala 1/100, assinalado o local das sondagens (S1 e S2) e o perfil A-A' (Geocontrole, 2018a).

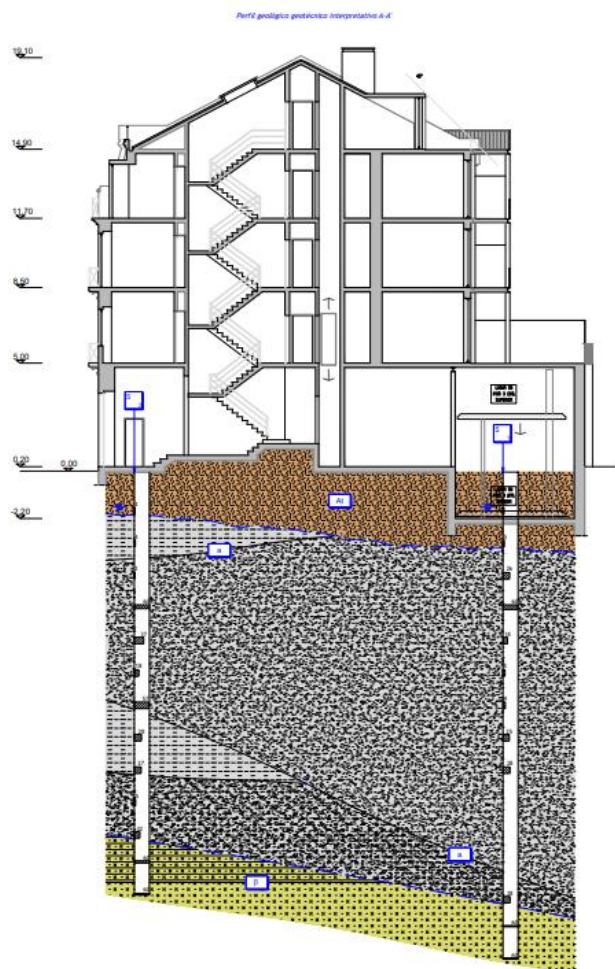


Figura 4.2 – Perfil geológico geotécnico da RRF na escala 1/100 (Geocontrole, 2018a)

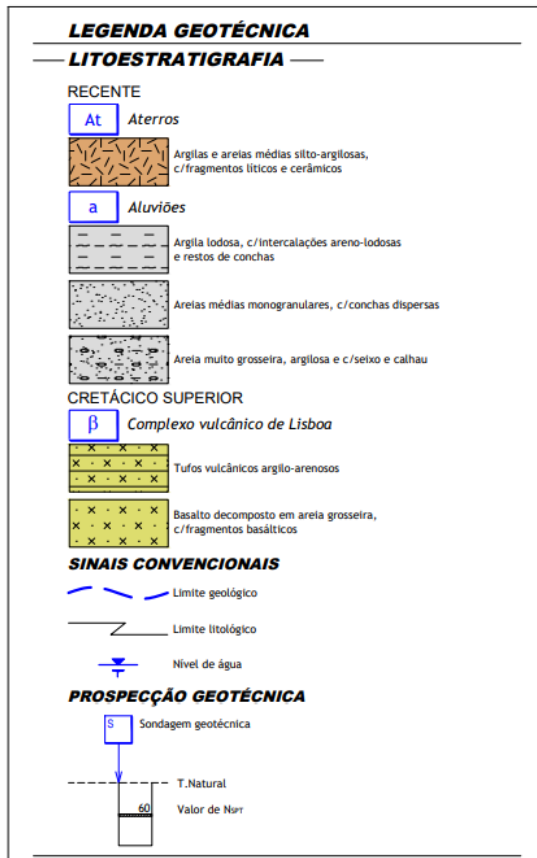
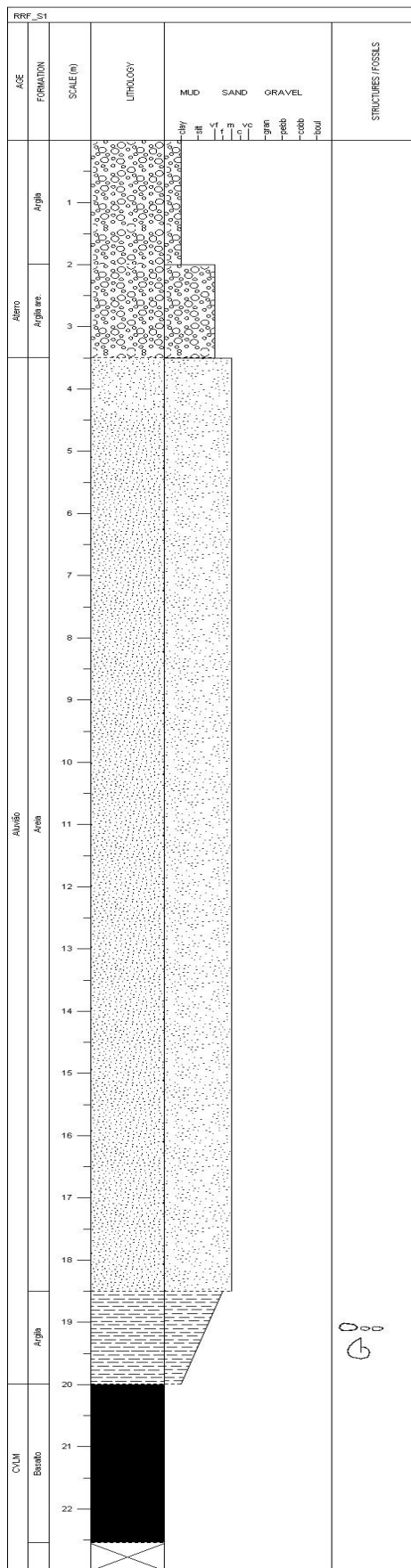


Figura 4.3 – Legenda do perfil geológico geotécnico da RRF (Geocontrolo, 2018a).



A sondagem S1 (**Fig. 4.4**), tem um comprimento de 22,55m, tem uma cota da boca do furo com 0m (NMM) e é constituída da base para o topo por: 2,55m de Complexo Vulcânico de Lisboa-Mafra, 16,5m de Aluvião e 3,5 m de Aterro.

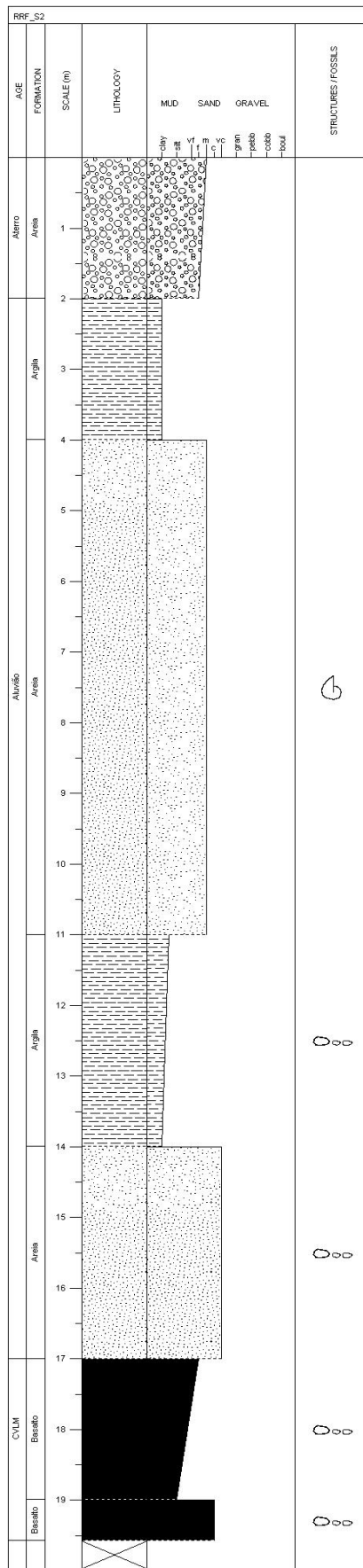
As rochas do Complexo Vulcânico de Lisboa-Mafra são constituídas essencialmente por fragmentos de basalto muito fraturado, que estão envoltos numa matriz argilosa, rija/muito compactada, de cor castanha escura

A Aluvião é constituída por uma areia média, monogranular, com elevado teor de material fino, medianamente compactada, de cor amarela esbranquiçada. Na base, ocorre uma argila arenosa, com pequenos seixos e fragmentos de conchas dispersos, muito dura e de cor castanha escura.

O Aterro é constituído por uma argila e argila arenosa, com pequenos fragmentos líticos dispersos de cor castanha escura, bem como, uma areia silto-argilosa, de cor castanha escura, que tem fragmentos líticos.

Os elementos identificados foram os seguintes: fragmentos de conchas e seixos na unidade de argila do Aluvião.

Figura 4.4 - Log da sondagem S1 da Rua Rodrigues Faria efetuado em Sedlog a partir dos dados de Geocontrolo (2018a).



A sondagem S2 (**Fig. 4.5**) tem um comprimento de 19,58m, tem uma cota da boca do furo de 0m (NMM) e é constituída da base para o topo por: 2,58m de Complexo Vulcânico de Lisboa-Mafra, 15 m de Aluvião e 2 m de Aterro.

As rochas do Complexo Vulcânico de Lisboa-Mafra são constituídas por areias com fragmentos de basalto, muito compactada, de cor castanha escura.

A Aluvião corresponde a uma maior alternância entre argila e areias do que na sondagem S1.

O Aterro é constituído por uma areia média a fina, silto-argilosa, com fragmentos líticos e restos cerâmicos dispersos, de cor castanha amarelada.

Os elementos identificados foram os seguintes: no Complexo Vulcânico Lisboa-Mafra, fragmentos de basalto. Na Aluvião, foram fragmentos de conchas e seixos.

Figura 4.5 - Log da sondagem S2 da Rua Rodrigues-Faria efetuado em SedLog a partir dos dados de Geocontrole (2018a).

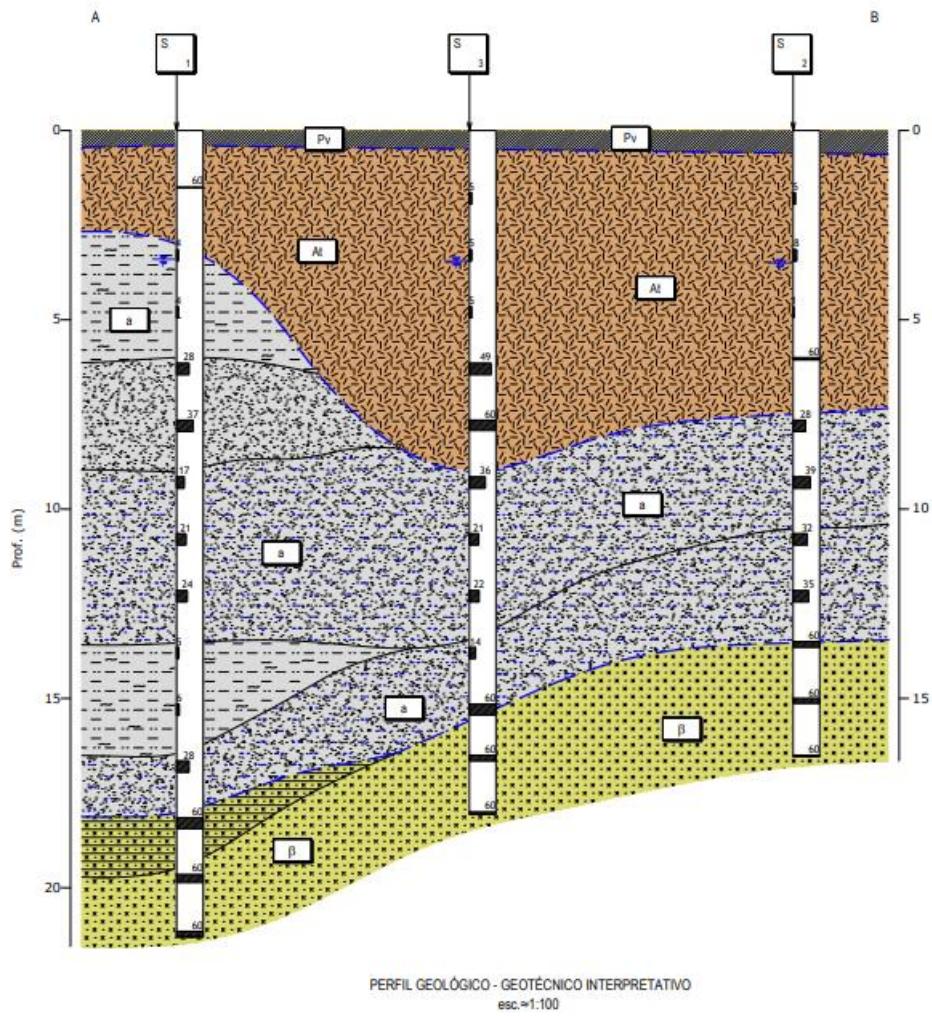
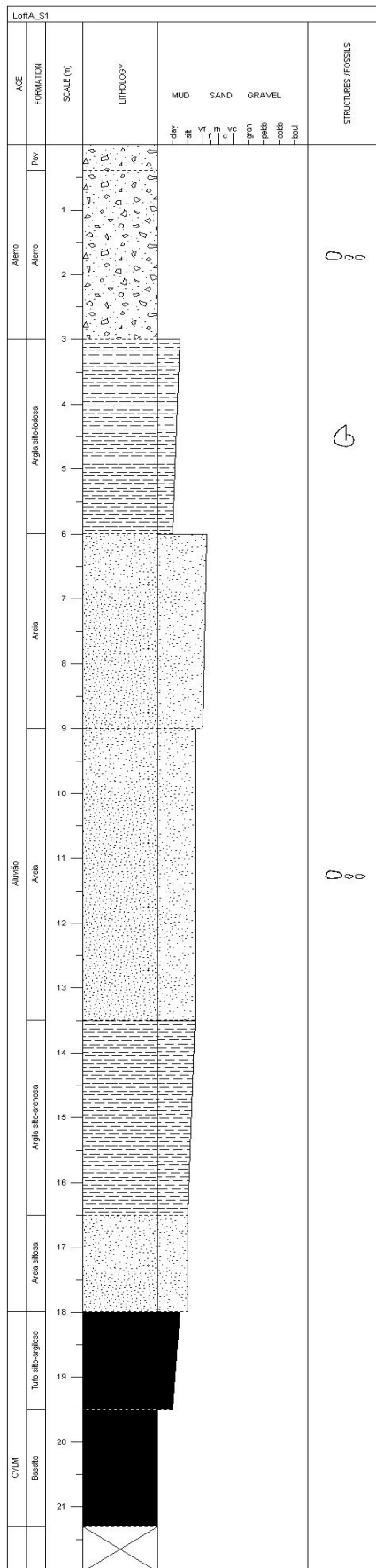


Figura 4.7 – Perfil geológico e geotécnico da Alcântara Lote 9 na escala 1/100 (Geocontrole, 2019).



Figura 4.8 – Legenda do perfil geológico e geotécnico da Alcântara Lote 9 (Geocontrol, 2019).



A sondagem S1 (**Fig. 4.9**) tem um comprimento de 21,30m, e é constituída da base para o topo por: 3,30m de Complexo Vulcânico de Lisboa-Mafra, 15m de Aluvião e 3m de Aterro.

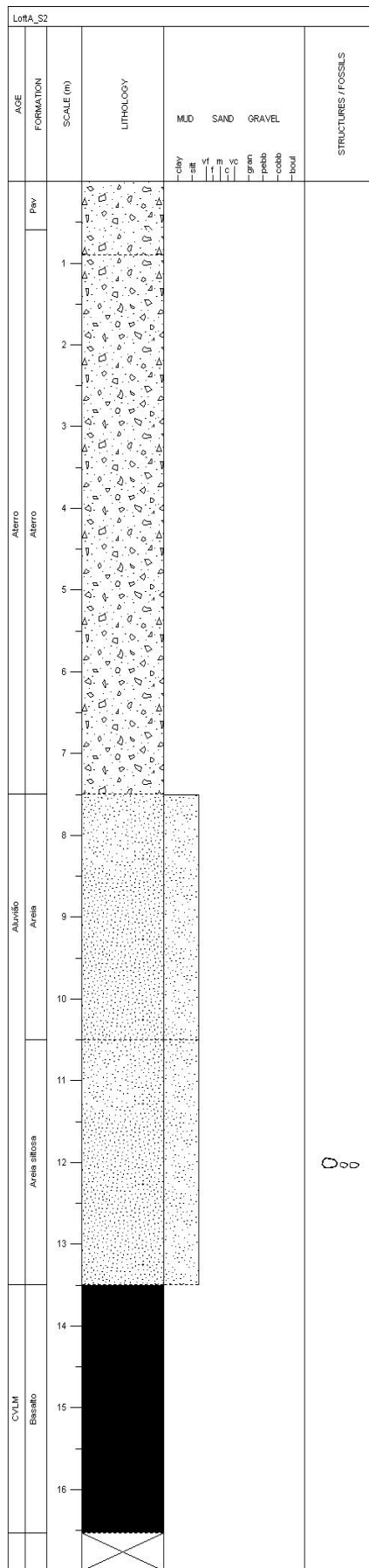
As rochas do Complexo Vulcânico de Lisboa-Mafra são constituídas, essencialmente, por um basalto decomposto a muito alterado e um tufo silto-argiloso.

A Aluvião é constituída por uma alternância entre areias siltosas e medianamente compactadas e argilas siltosas.

O Aterro é constituído, essencialmente, por fragmentos calcários, basálticos e graníticos. No topo, ocorre um pavimento em betão de 40cm.

Os elementos identificados foram os seguintes: na Aluvião, seixos e restos de conchas.

Figura 4.9 - Log da sondagem S1 da obra Alcântara Lote 9 efetuado em Sedlog a partir dos dados da Geocontrole (2019).



A sondagem S2 (Fig. 4.10) tem um comprimento de 16,53m, e é constituído da base para o topo por: 3,03m de Complexo Vulcânico de Lisboa, 6m de Aluvião e 7,5m de Aterro.

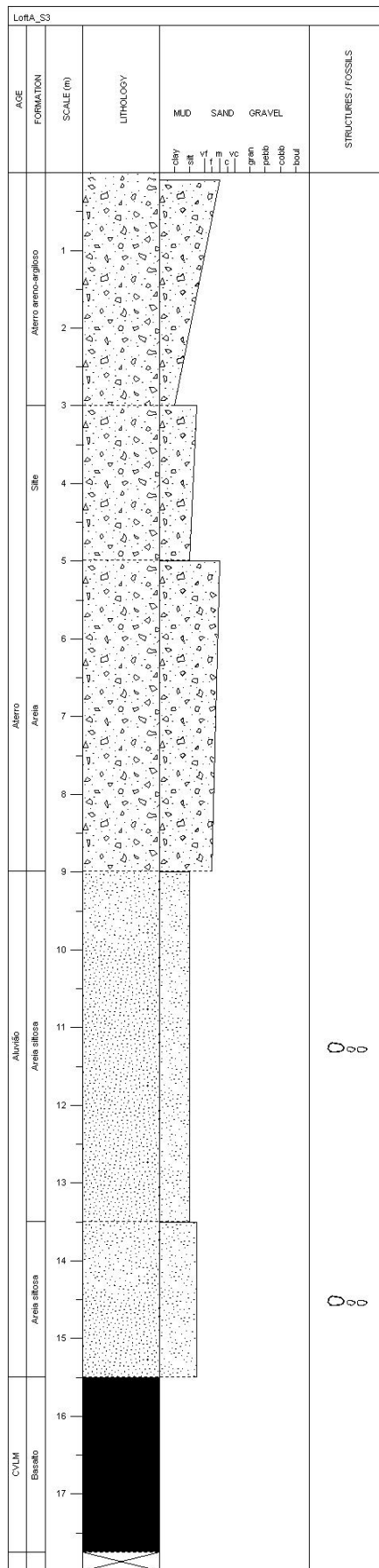
As rochas do Complexo Vulcânico de Lisboa são compostas por um basalto decomposto a muito alterado, “rijo”, de cor cinzenta escura.

O Aluvião é constituído por uma areia medianamente compactada, siltosa, de cor castanha clara.

O Aterro é heterogéneo, com fragmentos de natureza variada e restos de tijolos dispersos, numa matriz arenolosa, de cor castanha escura.

Os elementos identificados foram seixos.

Figura 4.10 - Log da sondagem S2 da obra Alcântara Lote 9 efetuado em Sedlog a partir dos dados da Geocontrole (2019).



A sondagem S3 (**Fig. 4.11**) tem um comprimento de 18,05m, e é constituída da base para o topo por: 2,55m de Complexo Vulcânico de Lisboa-Mafra, 6,5m de Aluvião e 9m de Aterro.

As rochas do Complexo Vulcânico de Lisboa-Mafra são constituídas por um basalto decomposto a muito alterado, “rijo”, de cor cinzenta escura acastanhada.

A Aluvião é constituída por uma areia siltosa, com fragmentos basálticos, medianamente compactada ou compactada.

O Aterro é constituído por um material areno-argiloso, algo pedregoso, de cor cinzenta; um silte finamente arenoso, de cor castanha escura e, finalmente, areia fina a média, com passagens de argamassa(?), de cor cinzenta.

Os elementos identificados foram os seguintes: seixos e fragmentos de basalto.

Figura 4.11 - Log da sondagem 3 da Alcântara Lote 9 efetuado em Sedlog a partir dos dados da Geocontrole (2019).

4.2 Cartografia Antiga

O mapa representado (**Fig. 4.112**) data do final do séc. XVI a início do séc. XVII. Neste mapa é representada a ribeira de Alcântara, no vale da qual parece desenvolver-se uma planície aluvial (1) que aparenta algum tipo de ocupação antrópica (e.g. campos agrícolas, salinas?). São também representados a ponte de Alcântara (2), o moinho de maré de Alcântara e respetiva caldeira (3) e, na margem esquerda do mapa, dois edifícios que poderão corresponder ao Convento do Calvário (4, construído no séc. XVII) e Convento da Nossa Senhora da Quietação (5, construído no séc. XVI). O canal da ribeira de Alcântara parece rodear a caldeira do moinho da maré a norte e a oeste. Não é possível identificar com certeza o canal da ribeira a este da caldeira.

Durante este período, a margem do estuário do Tejo, na foz da ribeira de Alcântara e a sul da caldeira do moinho, parece corresponder a uma baía abrigada, com o desenvolvimento de praias (?) a oeste e a leste. A margem leste da baía parece apresentar maior taxa de ocupação, com a ocorrência de algumas casas e pomares.

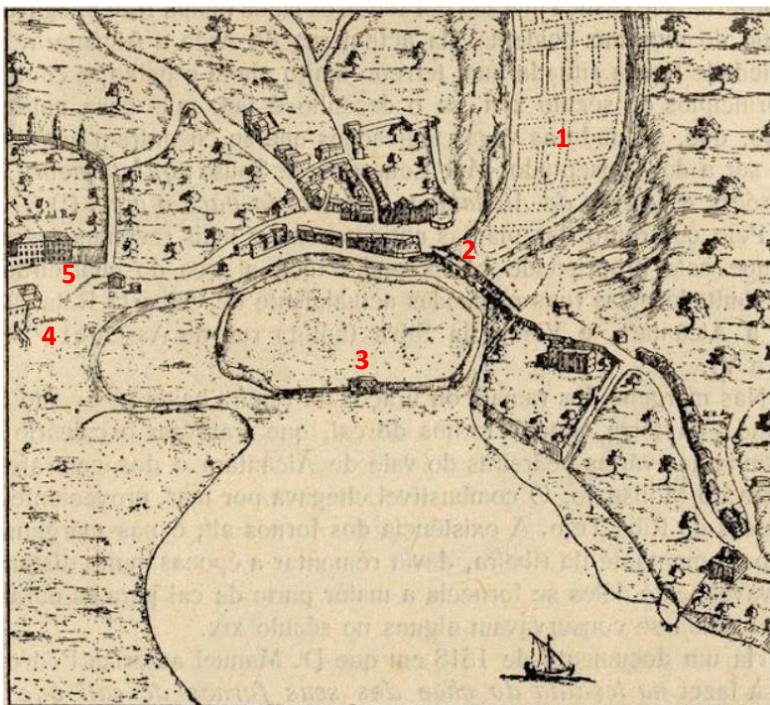


Figura 4.12 - Mapa do final do século XVI a início do século XVII da zona de Alcântara (retirado do site: Historias.com.Historia:A.PONTE.DE.ALCANTARA (historiaschistoria.blogspot.com)). A numeração corresponde a elementos antrópicos referidos no texto.

Na primeira metade do séc. XVIII (**Fig. 4.13**) são visíveis alguns mouchões no canal da ribeira de Alcântara, no canal que rodeia a caldeira do moinho de maré, assim como na foz. Em relação aos elementos antrópicos representados identificam-se novamente a ponte de Alcântara, o moinho de maré de Alcântara e a respetiva caldeira e o Convento do Calvário. Algum edifício poderá corresponder ao Convento da Nossa Senhora da Quietação, mas não aparece legenda no mapa. Representados no mapa estão também o Baluarte do forte militar (**Fig. 4.14**) e a doca do Sacramento, construídos em 1652 na margem esquerda da baía (sudeste). Estruturas pétreas associadas a estes elementos foram identificadas durante as obras de construção no local onde foi construído o hospital CUF de Alcântara.

Uma característica que se pode visualizar no mapa, é a utilização de diferentes tons para representar o estuário. A diferença na coloração da área mais próxima à margem (mais clara)

poderá representar uma planície intermareal baixa/submareal de baixa profundidade. O funcionamento da Doca de Sacramento, a entrada e saída de embarcações, indica que esta zona não poderia ser uma área supramareal.

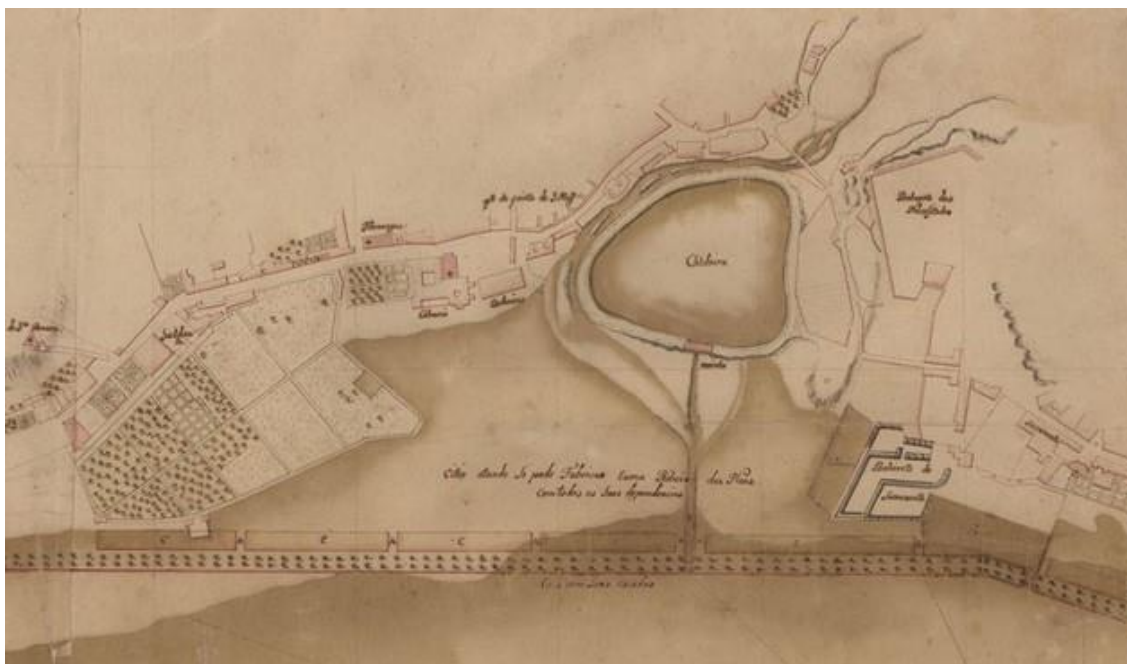


Figura 4.13 - Excerto do mapa da zona de Alcântara entre 1733-1763 ([Histórias com História: A PONTE DE ALCÂNTARA](http://historiascomhistoria.blogspot.com) ([historiaschistoria.blogspot.com](http://historiascomhistoria.blogspot.com))).

Um baluarte por definição é um elemento de defesa situado nos ângulos de uma fortificação, avançado em relação a ela e destinado a protegê-la. Na obra de construção do hospital CUF de Alcântara foi descoberta a estrutura da doca do Baluarte do Sacramento ([Descoberta doca do século XVII nas obras do Hospital CUF, em Alcântara | Lisboa | PÚBLICO](http://publico.pt) (publico.pt), consultado em 23/05/2022).



Figura 4.14 - Pintura da parede do Baluarte do Sacramento in Cristina Castel Branco, *Necessidades Jardins e Cerca*, Lisboa, Livros Horizonte, 2001.

Na figura 4.15, está representada a zona de Alcântara do mapa produzido por Duarte Fava em 1807. Embora o mapa não tenha uma boa resolução, mesmo assim observa-se a presença de praias (?), campos agrícolas e de edificado. O moinho de maré e a respetiva caldeira parecem ter sido desativados. Também, parece haver uma evidência que o moinho tenha sido destruído na sequência do sismo de 1755 (Silveira, 2017). A ribeira de Alcântara aparenta estar canalizada no troço final, isto é, na foz, atravessando a área, que anteriormente estava ocupada pela caldeira do moinho. A canalização do troço final da ribeira parece semelhante ao que sucede atualmente nas ribeiras mais para oeste, como por exemplo na ribeira do Jamor, na Cruz Quebrada.

Como o mapa é disponibilizado já georreferenciado pelo Município de Lisboa (<https://lisboainterativa.cm-lisboa.pt>) é possível localizar sobre a imagem as sondagens recolhidas na Rua Rodrigues Faria (RRF20) e no Loteamento de Alcântara (ALC LT9). A sondagem RRF20 parece localizar-se numa zona com ocupação antrópica (parecem estar representados campos agrícolas?). A sondagem ALC LT9 está numa área, que à data, não teria ocupação antrópica e que poderá corresponder a uma zona intermareal.

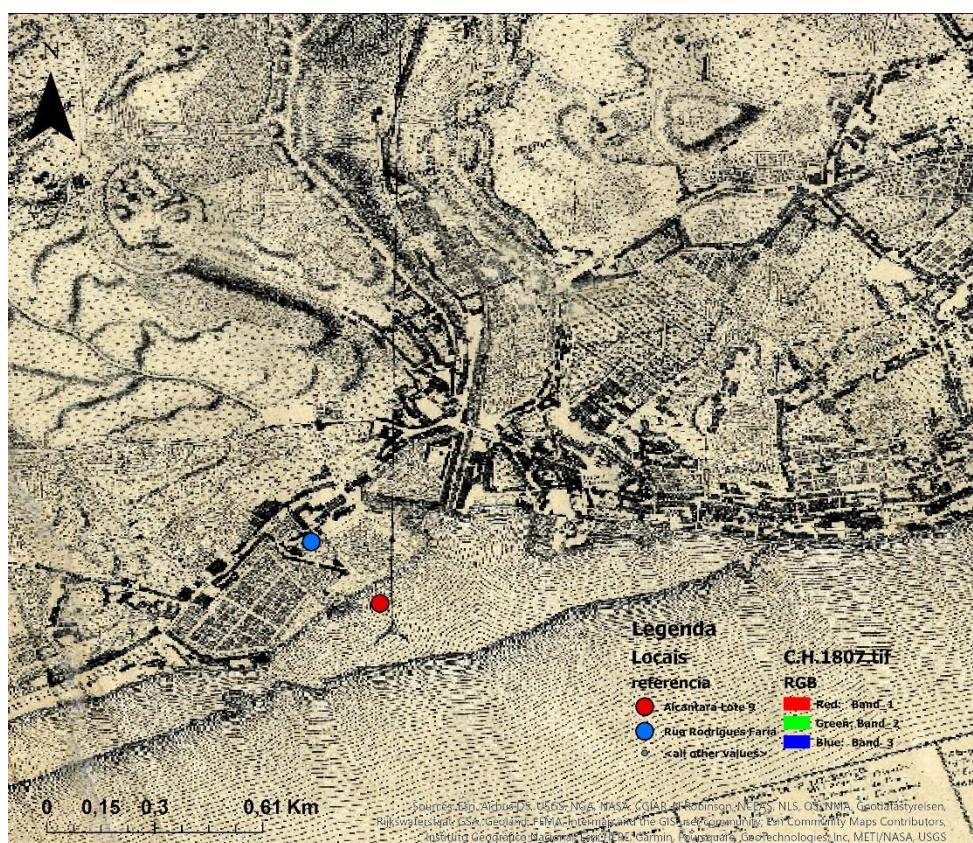


Figura 4.15 - Mapa de Duarte Fava com a zona de Alcântara em 1807 (retirado de <https://lisboainterativa.cm-lisboa.pt>) – Círculo Vermelho (ALC LT9), Círculo Azul (RRF).

Na figura 4.16, está representada a área de estudo no mapa produzido pelo Duque de Wellington, em 1812, 5 anos depois do mapa anterior. Durante este período houve um recuo da linha de costa, evidenciado pela posição da sondagem RRF20, que parece localizar-se agora muito perto da linha de costa. Este recuo pode ser o resultado de um ou mais episódios erosivos, relacionados com eventos extremos, como por exemplo: tempestades ou tsunamis.

Efetivamente, de acordo com o registo recolhido por João Loureiro sobre as cheias do Tejo entre 1800 e 2007 (Loureiro, 2009), parecem ter ocorrido grandes cheias em novembro de 1808 que permitiram a inundação dos campos no Ribatejo. Segundo este autor, “Sob o comando de Junot,

o exército francês defrontou um Novembro invernos. *Nevava nas Sierras Espanholas, chovia a cantaros nas Beiras, o Tejo inundava os campos ribatejanos*” (Loureiro, 2009). A taxa de precipitação elevada que se fez sentir neste ano pode ter afetado as ribeiras afluentes do Tejo e propiciado episódios erosivos. No entanto, é importante salientar que a diferença entre os mapas pode ser apenas uma questão de representação por parte dos seus autores. Os mapas não apresentam legenda relativamente à área intermareal / submareal e desconhecem-se quais critérios utilizados para a cartografia. A foz da ribeira de Alcântara aparece novamente retilínea e canalizada. São igualmente visíveis os elementos antrópicos identificados no mapa anterior: doca e baluarte do forte do Sacramento na margem esquerda da foz da ribeira, vários edifícios a margem da foz da ribeira, edifícios na margem direita da foz da ribeira que poderão corresponder aos edifícios do Convento do Calvário e Convento da Nossa Senhora da Quietação. Em 1812, a ordem do Convento do Calvário já tinha sido extinta, mas o edifício foi certamente utilizado para outros fins. Estão ainda identificadas no mapa a Rua de Alcântara, Rua do Calvário e Rua da Junqueira.

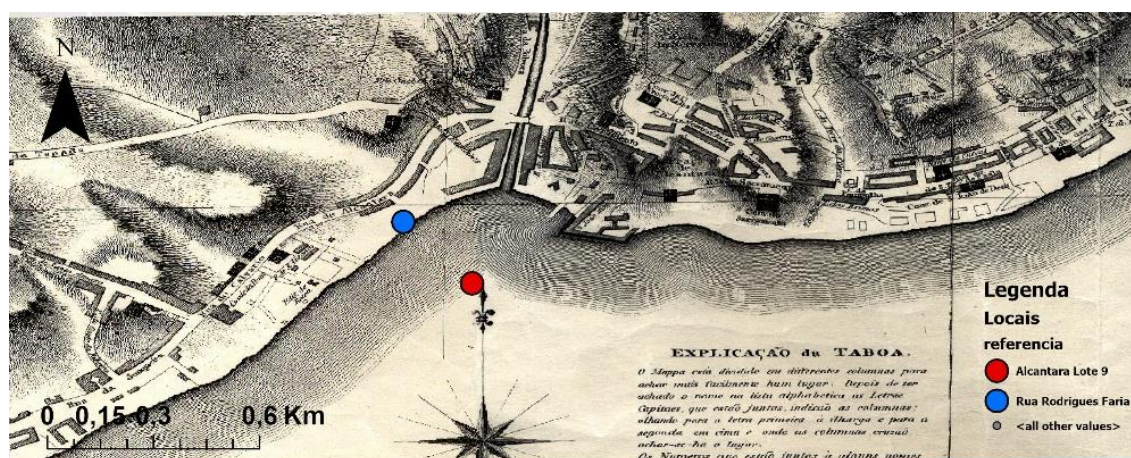


Figura 4.16 - Mapa da zona de Alcântara em 1812 de Duque Wellington com a doca assinalada (retirado de <https://lisboainterativa.cm-lisboa.pt>) – Círculo Vermelho (ALC LT9), Círculo Azul (RRF).

Na figura 4.17, está representado um mapa que integra o edital do governo civil de distrito administrativo de Lisboa sobre o projeto do desentupimento do rio de Alcântara, de 27 de julho de 1836. Nesta imagem é importante salientar a existência de um pequeno canal na margem direita da foz da ribeira de Alcântara junto à sua confluência com o estuário do Tejo.



Todos os elementos antrópicos são similares ao mapa publicado em 1837 (**Fig. 4.18**), à exceção deste pequeno braço identificado em 1836.

Figura 4.17 - Mapa do projeto de desentupimento do rio de Alcântara em 27 de Julho de 1836 (Silveira, 2017).



Na figura **4.18**, observa-se na área de estudo a presença: da ponte de Alcântara, na parte mais jusante tem uma canalização retilínea da ribeira de Alcântara e mais a montante está mais livre. Também, se nota a presença de edificado, bem como a presença da doca (atual hospital da CUF de Alcântara).

Figura 4.18 - Extrato da planta da cidade de Lisboa e de Belém, com a ponte e ribeira de Alcântara em 1837 (Histórias com História: A PONTE DE ALCÂNTARA (historiaschistoria.blogspot.com)).

Em meados do séc. XIX (**Fig. 4.19**), verifica-se uma alteração da posição da linha de costa, com um avanço desta para dentro do estuário provocado essencialmente pela ocupação de grande parte da margem direita da foz da ribeira de Alcântara. De acordo com o mapa, a utilização do terreno parece resultar de ocupação por campos agrícolas, no entanto verifica-se igualmente a existência de dois espaços pintados a azul, que poderão corresponder ao espaço utilizado como doca, identificado na zona da obra ALC LT9, durante o processo de construção e respetivo processo de acompanhamento/escavação arqueológica. A área onde foi recolhida a sondagem RRF20 parece ter já ocupação antrópica semelhante à registada em 1807. O local onde foi recolhida a sondagem ALC LT9 localiza-se na área da doca, como expectável. O suporte em madeira utilizado como sustentação para a construção da doca foi identificado durante o processo de escavação arqueológica e encontra-se representado na figura 4.38, no perfil esquemático que indica a relação entre as amostras recolhidas e as pré-existências antrópicas.



Figura 4.19 - Mapa de Filipe Folque da zona de Alcântara de 1856-1858 (retirado de <https://lisboainterativa.cm-lisboa.pt>) – Círculo Vermelho (ALC LT9), Círculo Azul (RRF20).

Segundo a informação do site: [Lx Risk - Programa da Conferência \(cm-lisboa.pt\)](https://lisboainterativa.cm-lisboa.pt), consultado em 22/03/2022, pode-se observar uma proposta de como ocorreu a evolução da linha de costa desde 1650 (**Fig. 4.20**). Verifica-se que ocorreu um avanço da linha de costa pela construção sucessiva de aterros, alterando as características e condições do litoral. Em 1910, houve uma alteração significativa com a construção dos aterros para a linha férrea.

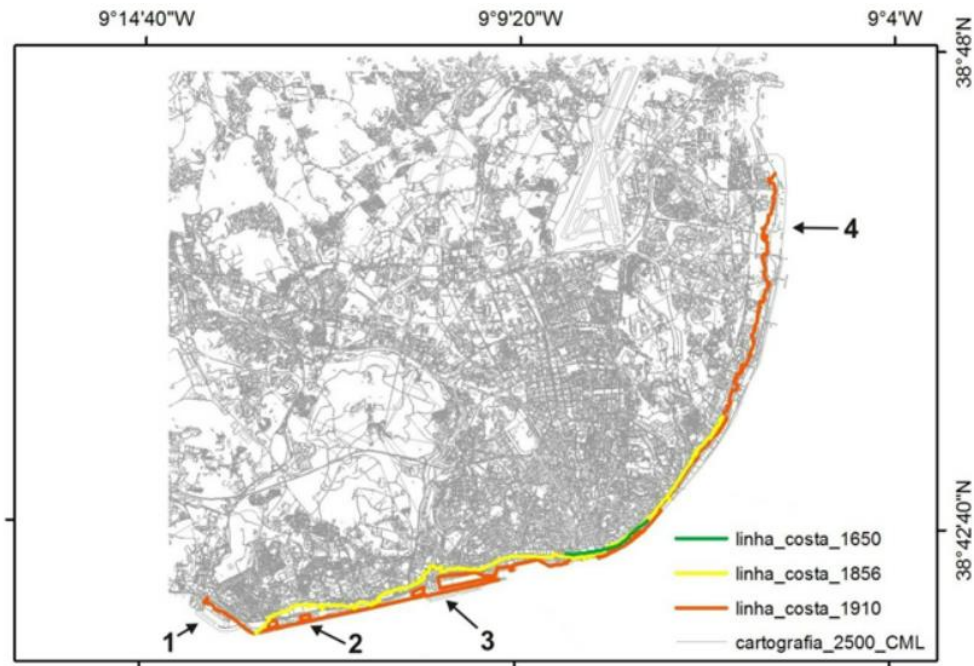


Figura 4.20 - Mapa de linhas de costa de Lisboa em vários anos. Retirado do site: [Lx Risk - Programa da Conferência \(cm-lisboa.pt\)](http://Lx.Risk-Programa da Conferência (cm-lisboa.pt)); 1- Algés, 2- Belém, 3- Alcântara, 4- Parque das Nações.

Matildes *et al.* (2011) publica, também, uma proposta para a evolução da linha costeira na zona de Alcântara desde um período de pré-ocupação até 2010, realizada com base em diferenças cartográficas da linha de costa e uma análise espacial de diversas sondagens geotécnicas realizadas na área (Fig. 4.21).

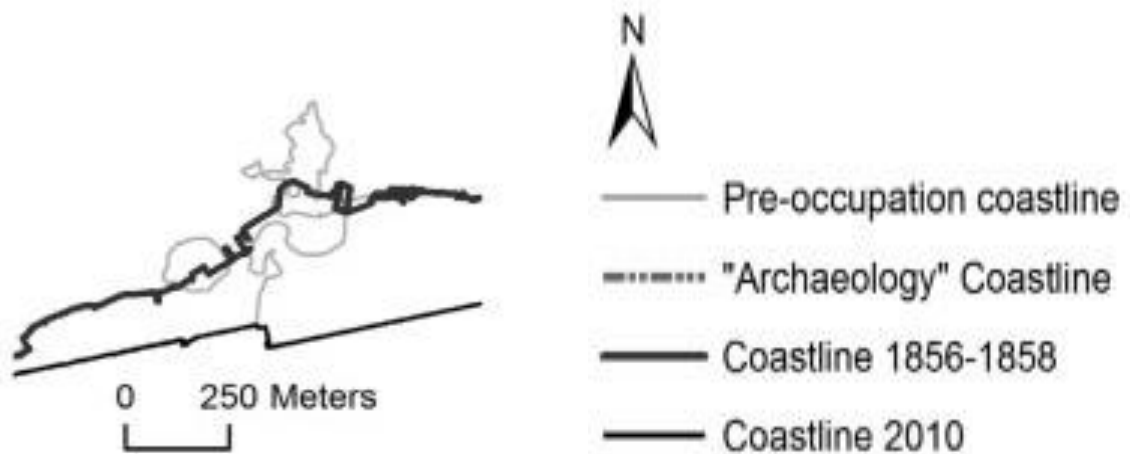


Figura 4.21 - Evolução da linha costeira de Alcântara (adaptado de Matildes, 2011).

4.3 Caso de Estudo - Alcântara

Na figura 4.22, observa-se a localização dos casos de estudo em Alcântara (RRF e ALC LT9), a obra da rua Rodrigues Faria (sondagem RRF20), e a obra Alcântara Lote 9 (sondagem (#1) e perfis (A, B e C)).



4.3.1 Sondagem RRF20

Figura 4.22 - Localização dos locais de interesse do Caso de Estudo de Alcântara. Círculo Vermelho (ALC LT9), Círculo Azul (RRF20).

Na figura 4.23, está representado o log feito a partir das descrições e observações realizadas na sondagem RRF20 efetuada em agosto de 2020 na obra por M. C. Freitas e A. Costa. Esta sondagem corresponde ao topo da Aluvião identificada na sondagem geotécnica S2, onde se verifica uma maior alternância entre vasa e areia, com fragmentos de conchas, conchas e seixos.

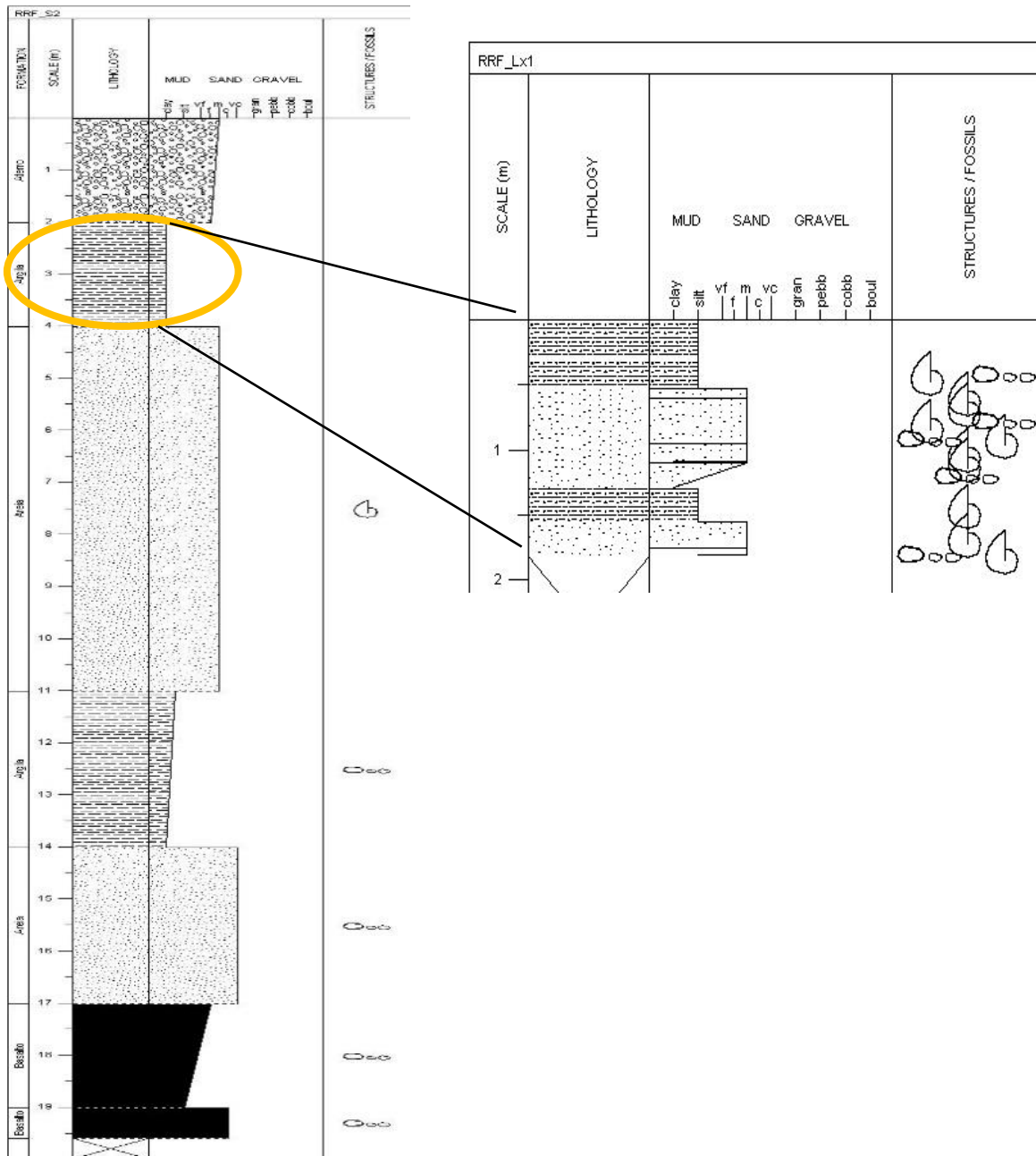


Figura 4.23 - Log feito a partir das observações visuais da sondagem RRF20, realizada na obra em agosto de 2020. Sondagem S2 da Rua Rodrigues Faria com uma elipse amarela que representa as profundidades correspondentes ao trecho da Aluvião que foi recuperado em 2020, com a sondagem RRF20.

De forma a estabelecer uma cronologia para a coluna sedimentar foi selecionada uma amostra da base da sondagem para datação com ^{14}C . A amostra - RRF20#10 152-154 cm - recolhida a -91cm abaixo do NMM, foi selecionada tendo em conta a localização na base da sondagem e o conteúdo em matéria orgânica (5,63%).

O resultado da datação é apresentado na **Tabela 4.1**, onde se apresenta o valor da idade BP, o erro, o intervalo de calibração a 95,4% de confiança e valor mediano em cal BP (anterior a 1950). A calibração da data BP foi realizada no programa Oxcal 4.4 (Bronk Ramsey, 2009) utilizando a curva de calibração IntCal20 (Reimer et al., 2020; **Fig. 4.24**).

Tabela 4.1 - Resultado da datação da amostra RRF20#10 152-154 (retirado do relatório enviado pelo laboratório).

Table 1. Radiocarbon results (errors are 1 σ). Calibration was performed using OxCal v4.4 (Bronk Ramsey, 2009) and the IntCal20 calibration curve (Reimer et al, 2020). Material codes are described in Crann et al. (2017).

Lab ID	Submitter ID	Material	Material Code	14C yr BP	\pm	F14C	\pm	cal BP
UOC-16785	RRF20#10 152-154	bulk organic material	A	1737	33	0.8055	0.0033	1705-1547 (95.4%)

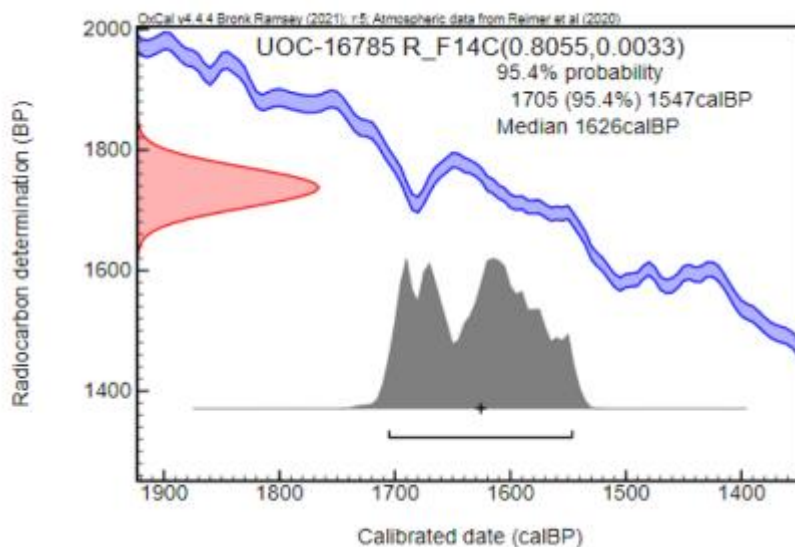


Figura 4.24 - Gráfico de calibração referente à amostra RRF20#10 152-154 (retirado do relatório enviado pelo laboratório).

De acordo com os resultados, à data de aproximadamente 1626 cal BP, ao subtrair esse valor a 1950, obtém-se um valor de ca. 324 cal AD, isto é, durante o período de ocupação romana de Lisboa.

Apesar da sondagem RRF20 ter sido recolhida na proximidade da área de implantação do Convento do Calvário, construído a partir de 1619 (séc. XVII), a análise da cartografia antiga apenas evidencia a existência de aterros no local de recolha entre 1837 (planta da cidade de Lisboa e de Belém; **Fig. 4.18**) e meados do séc. XIX (Filipe Folque 1856-1858; **Fig. 4.19**). Estima-se, desta forma, que o topo da sondagem terá uma data entre 1837 e 1856 AD, cobrindo a sequência sedimentar ca. de 1500 anos.

Nas figuras **4.25** e **4.26**, estão representados os resultados obtidos para os ensaios de suscetibilidade magnética (SM), teor de matéria orgânica (MO) e de carbonato de cálcio (CaCO₃), textura (% areias; > 63 μ m) e humidade realizados às amostras da sondagem RRF20, quer em profundidade quer em cota relativa ao nível médio do mar (NMM).

De acordo com variações identificadas nestes indicadores ambientais, foram definidas quatro unidades sedimentares, da base para o topo: US1, entre 1,8 e 1,56 m de profundidade (-1,18 e -0,94 m NMM), US2 entre 1,56 e 1,25 m de profundidade (-0,94 e -0,63 m NMM), U3 entre 1,25 e 0,30 m de profundidade (-0,63 e 0,32 m NMM) e U4, entre 0,30 e 0 m de profundidade (0,32 e 0,62 m NMM). Os resultados estatísticos para cada unidade sedimentar estabelecida na sondagem RRF20 (máximo, média e mínimo) estão representados na **Tabela 4.2**.

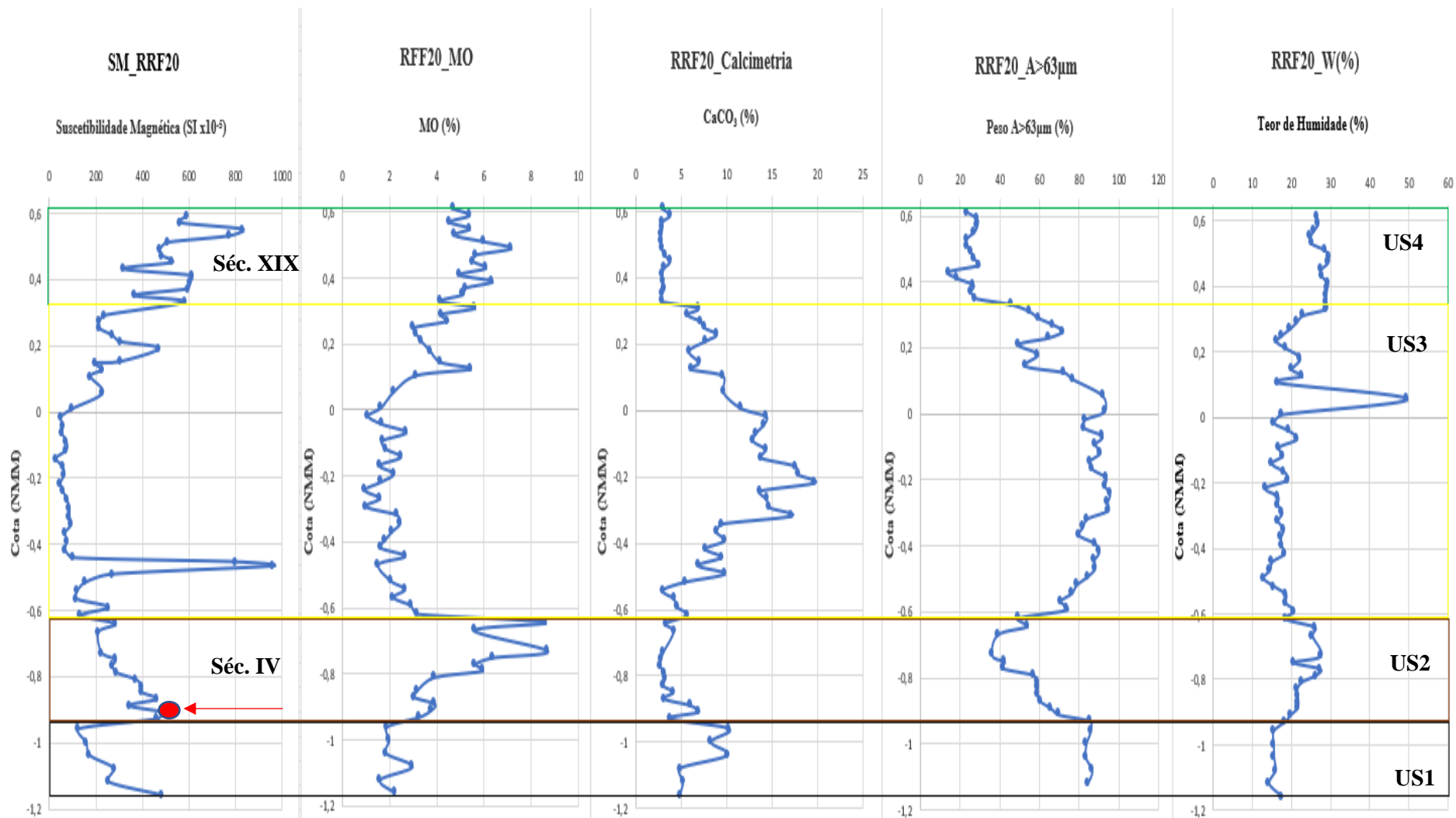


Figura 4.25 - Variação em profundidade (relativo ao NMM) dos parâmetros: susceptibilidade magnética, teor em matéria orgânica, teor em CaCO₃, % de fração grosseira e teor de humidade da sondagem RRF20, com as unidades sedimentares identificadas e enquadramento cronológico (a amostra datada corresponde ao círculo vermelho).

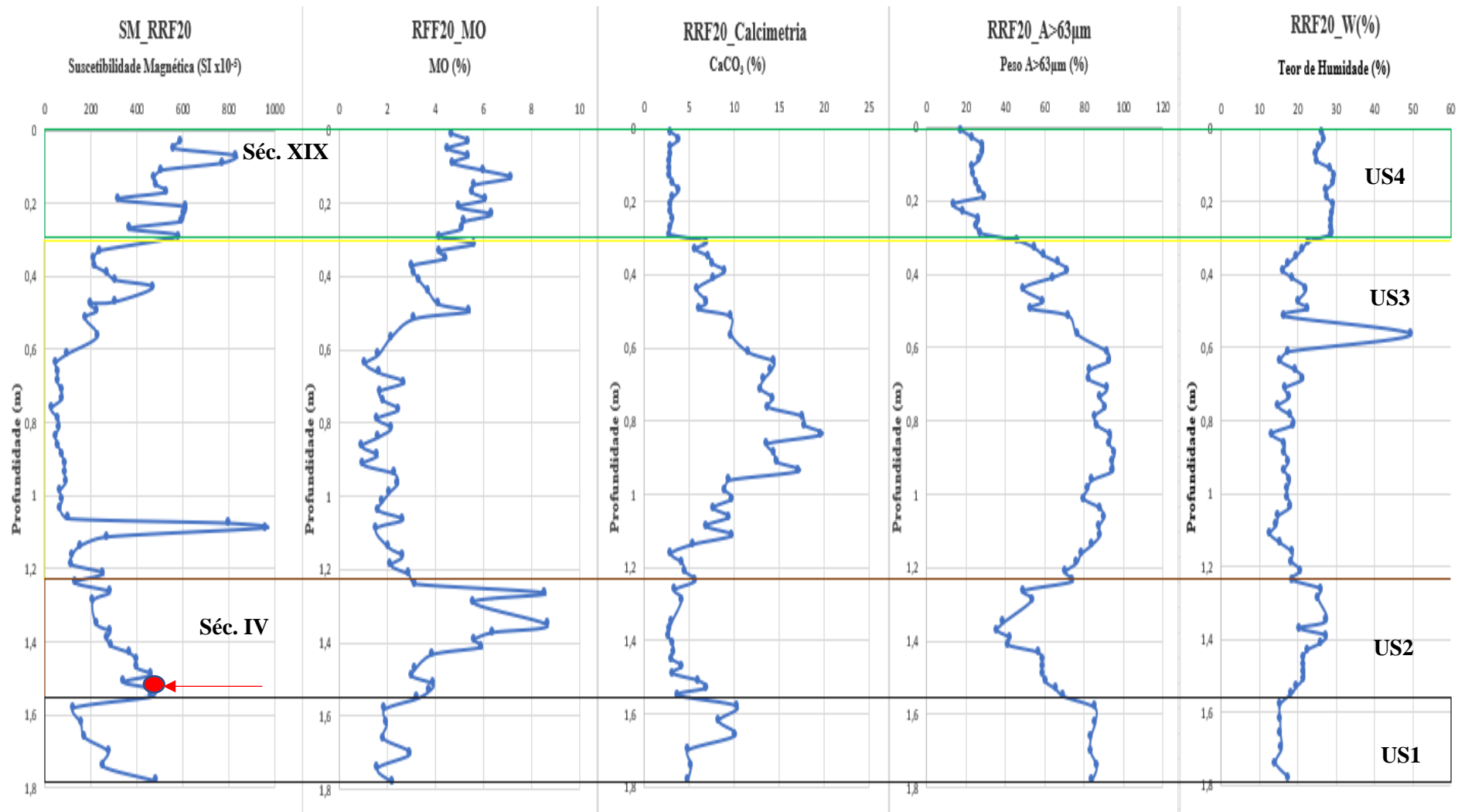


Figura 4.26 - Variação em profundidade dos parâmetros: susceptibilidade magnética, teor em matéria orgânica, teor em $CaCO_3$, % fração grosseira e teor de humidade da sondagem RRF20, com as unidades sedimentares identificadas e enquadramento cronológico (a amostra datada corresponde ao círculo vermelho).

- **Unidades Sedimentares RRF20**

Tabela 4.2 - Valores máximos, médios e mínimos dos parâmetros analisados em cada uma das Unidades Sedimentares da sondagem RRF20.

RRF_US4					
-	SM (SIx10⁻⁵)	W (%)	A>63µm (%)	MO (%)	CaCO₃ (%)
MÁX	831,1	29,5	29,2	7,1	3,8
MED	559,4	26,9	24,3	5,4	3,1
MIN	318,6	24,8	14,1	4,2	2,8
RRF_US3					
-	SM (SIx10⁻⁵)	W (%)	A>63µm (%)	MO (%)	CaCO₃ (%)
MÁX	960,7	49,6	95,5	5,6	19,7
MED	183,7	18,7	78,9	2,5	10,1
MIN	28,8	12,8	45,9	0,9	3
RRF_US2					
-	SM (SIx10⁻⁵)	W (%)	A>63µm (%)	MO (%)	CaCO₃ (%)
MÁX	487,6	27,5	85,4	8,7	6,9
MED	328,9	22,2	55,7	5,1	3,8
MIN	120,4	11,83	35,9	3	2,7
RRF_US1					
-	SM (SIx10⁻⁵)	W (%)	A>63µm (%)	MO (%)	CaCO₃ (%)
MÁX	483,3	17,5	86,5	3	10,9
MED	245,7	15,6	84,8	2,1	7,3
MIN	125,7	14,2	83,3	1,6	4,9

Na **Tabela 4.3**, observa-se o resultado da análise granulométrica realizada às amostras com % de areia > 75% da US1 (representadas a laranja) e da US3 (representadas a verde). As amostras da US4 são essencialmente vasosas, e por esse facto não foram realizadas análises texturais por crivagem a seco. Importante mencionar que nos resultados obtidos as percentagens de material fino foram inferiores a 1% para todas as amostras analisadas da sondagem RRF20, logo esse valor foi acrescentado à percentagem de areias.

Após análise dos resultados no GRADISTAT, os parâmetros de dimensão média e de desvio padrão foram projetados num gráfico de variação da dimensão média vs. desvio padrão (**Fig. 4.27**).

Tabela 4.3 - Resultado das % de cascalho e areia (calculadas para 100%) das amostras arenosas da sondagem RRF20, com as unidades sedimentares identificadas a cores. Laranja - US1; Verde - US3.

Unidade	Amostras	Cota (NMM)	Cascalho (%)	Areia (%)
US3	RRF20#2 50-53	0,105	0,3	99,7
	RRF20#3 53-60	0,055	1,1	98,9
	RRF20#4 60-62,5	0,0075	3,4	96,6
	RRF20#4 62,5-65	-0,0175	4,4	95,6
	RRF20#4 65-67,5	-0,0425	5	95,0
	RRF20#4 67,5-70	-0,0675	7,1	92,9
	RRF20#5 70-72,5	-0,0925	1,7	98,3
	RRF20#5 72,5-75	-0,1175	3,9	96,1
	RRF20#5 75-77,5	-0,1425	2,7	97,3
	RRF20#5 77,5-80	-0,1675	4,9	95,1
	RRF20#5 80-82,5	-0,1925	8	92,0
	RRF20#5 82,5-85	-0,2175	17,1	82,9
	RRF20#6 85-87,5	-0,2425	5,4	94,6
	RRF20#6 87,5-90	-0,2675	7,7	92,3
	RRF20#6 90-92,5	-0,2925	7,8	92,2
	RRF20#6 92,5-95	-0,3175	12,1	87,9
	RRF20#7 100-102,5	-0,3425	5,9	94,1
	RRF20#7 102,5-105	-0,3675	3,3	96,7
	RRF20#7 95-97,5	-0,3925	1,4	98,6
	RRF20#7 97,5-100	-0,4175	1,4	98,6
	RRF20#8 105-107,5	-0,4425	5,1	94,9
	RRF20#8 107,5-110	-0,4675	13,5	86,5
RRF20#9 110-112,5	-0,4925	6	94,0	
RRF20#9 112,5-115	-0,5175	3,2	96,8	
RRF20#9 115-117,5	-0,5425	8,6	91,4	
RRF20#9 117,5-120	-0,5675	7,1	92,9	
US1	RRF20#11 156-160	-0,96	7,4	92,6
	RRF20#11 160-164	-1	8,4	91,6
	RRF20#11 164-168	-1,04	6,6	93,4
	RRF20#11 168-172	-1,08	7,5	92,5
	RRF20#11 172-176	-1,12	6,2	93,8
	RRF20#12 176-180	-1,16	19,5	80,5

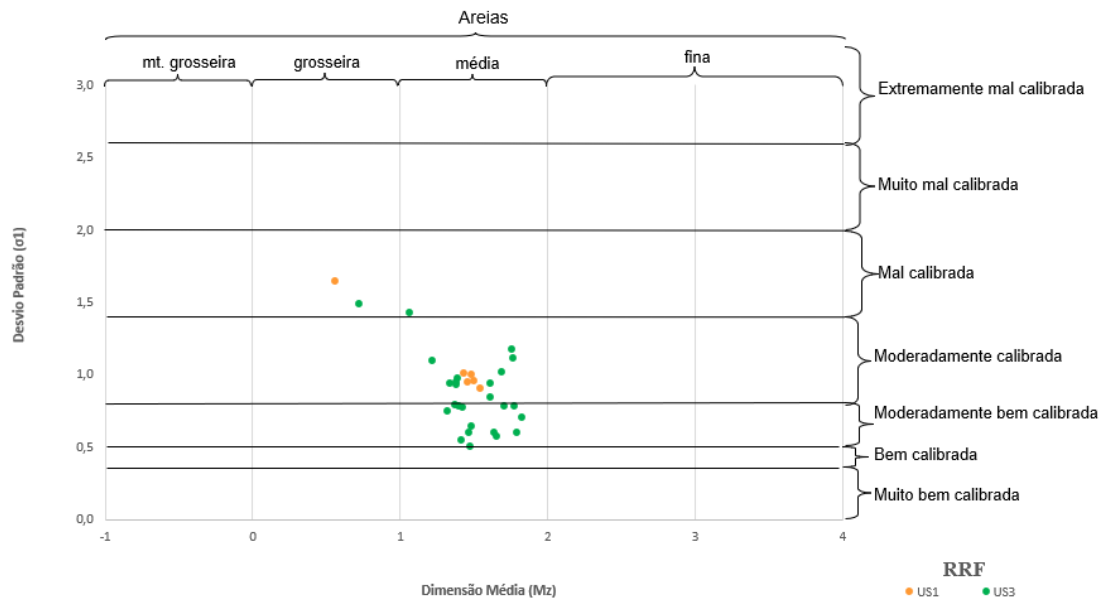


Figura 4.27 - Gráfico da Dimensão média vs. Desvio padrão das amostras grosseiras da RRF20, com as unidades sedimentares representadas a diferentes cores.

Na **Tabela 4.4**, são representados os resultados da análise granulométrica realizada às amostras com % de vasa > 50%, correspondentes à US2 (representado a azul), US3 (representado a verde) e US4 (representado a amarelo). As amostras da US1 não foram analisadas em relação à fração fina por difração a laser, uma vez que são essencialmente arenosas.

Tabela 4.4 - Resultado da análise granulométrica das amostras finas da sondagem RRF20, com as unidades sedimentares identificadas a cores. Azul – US2; Verde – US3; Amarelo – US4; Sil. – Silte.

Unidade	Amostras	Cota (NMM)	Am>63	Slt mt gro	Slt gro	Slt méd	Slt fin	Slt mt fin	Argila
US4	RRF_0-2	0,61	17,7	16,2	17,3	17,0	13,2	8,1	10,5
	RRF_2-4	0,59	23,4	13,4	13,9	14,6	14,0	9,9	10,7
	RRF_4-6	0,57	28,5	16,0	14,5	13,4	11,5	7,4	8,9
	RRF_6-8	0,55	28,5	16,7	15,5	13,0	10,5	6,8	8,9
	RRF_8-10	0,53	27,0	16,7	15,2	13,0	10,9	7,4	9,8
	RRF_10-12	0,51	23,2	13,6	17,2	16,4	13,1	8,0	8,5
	RRF_12-14	0,49	23,5	14,7	17,6	15,6	12,2	7,8	8,5
	RRF_14-16	0,47	25,2	13,1	17,0	15,4	11,6	7,7	10,0
	RRF_16-18	0,45	26,7	13,7	16,1	15,1	12,0	7,6	8,8
	RRF_18-20	0,43	29,2	12,1	15,7	14,8	11,6	7,5	9,1
	RRF_20-22	0,41	14,0	12,9	18,8	17,7	14,0	9,8	12,6
	RRF_22-24	0,39	18,5	13,4	19,8	17,3	12,0	7,9	11,0
	RRF_24-26	0,37	26,6	7,8	15,9	17,7	13,4	8,4	10,1
	RRF_26-28	0,35	25,4	9,1	15,6	17,7	14,4	8,6	9,3
RRF_28-30	0,33	27,3	9,0	15,6	16,7	13,2	8,4	9,6	
US3	RRF_30-32	0,31	45,9	8,3	9,2	11,0	10,9	7,2	7,5
	RRF_42-46B	0,18	49,3	5,9	10,1	11,4	9,8	6,3	7,3
US2	RRF_125-127.5	-0,6425	49,3	6,0	9,4	11,6	10,6	6,6	6,5
	RRF_134-136	-0,73	39,0	8,9	11,6	13,5	12,1	7,4	7,4
	RRF_136-138	-0,75	35,9	7,1	9,3	13,3	14,5	10,1	9,7
	RRF_138-140	-0,77	42,2	7,8	10,3	12,8	12,0	7,5	7,4
	RRF_140-142	-0,79	41,5	7,0	9,5	12,5	12,5	8,5	8,5

Finalmente, na **Tabela 4.5**, estão representados os resultados obtidos nas análises de química orgânica (%C, %N, $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$, C/N). Os resultados da química orgânica ($\delta^{13}\text{C}$ e C/N), estão representados no gráfico da figura **4.28**, que permite indicar a origem provável da matéria orgânica no sedimento.

Tabela 4.5 - Resultado da química orgânica das amostras da sondagem RRF20. As diferentes cores correspondem às diferentes US: Laranja – US1; Azul – US2; Verde – US3; Amarelo – US4.

Unidade	Amostra	Cota (NMM)	MO (%)	N (%)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	C (%) corrigido	C/N
US4	RRF20#1 8-10	0,53	4,73	0,09	-26,9	5,3	1,52	16,69
	RRF20#1 16-18	0,45	5,53	0,09	-25,8	3,8	1,11	12,37
	RRF20#1 24-26	0,37	5,2	0,11	-27,2	6,4	1,74	15,65
	RRF20#1 28-30	0,33	4,16	0,12	-26,9	2,9	1,29	10,68
US3	RRF20#2 30-32	0,31	5,61	0,09	-25,8	3,7	1,41	15,11
	RRF20#2 36-38	0,25	3,01	0,06	-26,7	4,5	0,59	10,65
	RRF20#5 70-72,5	-0,0093	1,68	0,05	-26,7	20,2	0,26	4,81
	RRF20#7 97,5-100	-0,3675	2,1	0,15	-26,3	15,5	0,74	5,09
	RRF20#9 115-117,5	-0,5425	2,64	0,15	-26,0	8,7	0,50	3,44
	RRF20#9 122,5-125	-0,6175	3,14	0,07	-25,4	1,1	0,84	12,03
US2	RRF20#9 125-127,5	-0,6425	8,57	0,10	-25,1	1,0	1,10	10,78
	RRF20#10 134-136	-0,73	8,69	0,12	-25,1	4,0	1,40	11,88
	RRF20#10 142-144	-0,81	3,87	0,09	-25,4	3,1	0,95	11,10
	RRF20#10 152-154	-0,91	3,74	0,21	-26,1	4,5	0,69	3,29
US1	RRF20#11 156-160	-0,96	1,87	0,05	-25,4	-0,5	0,40	8,90
	RRF20#11 164-168	-1,04	1,85	0,05	-24,8	0,2	0,38	8,20
	RRF20#11 172-176	-1,12	1,59	0,04	-25,6	-1,3	0,43	10,31

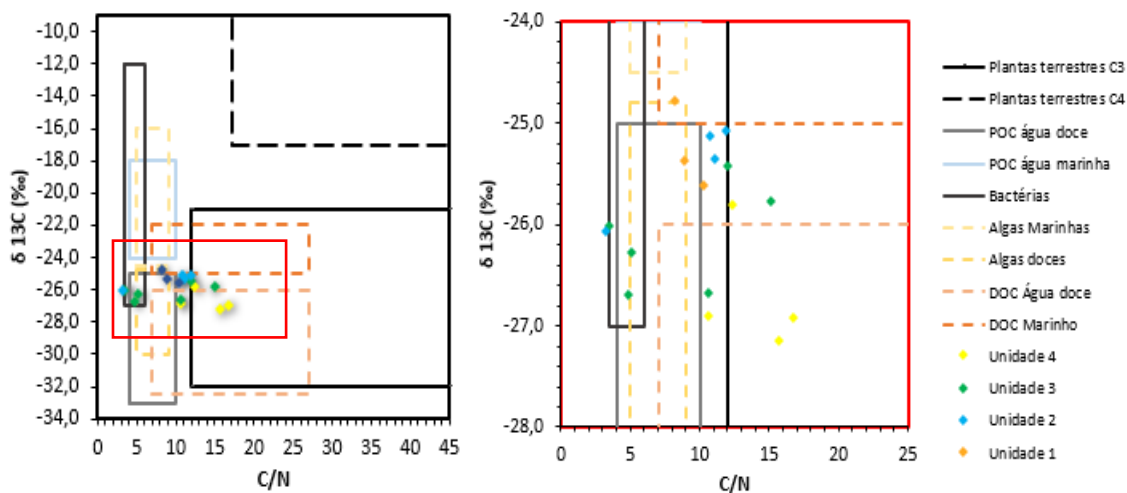


Figura 4.28 - Projeção de $\delta^{13}\text{C}$ e C/N das amostras da RRF20, assinalado a zona de interesse em detalhe (adaptado de Lamb et al., 2006). O gráfico da direita corresponde a um detalhe do gráfico da esquerda.

A Unidade Sedimentar 1 (US1), (1,80 a 1,56 m de profundidade; -1,18 a -0,94 m NMM), corresponde, em termos gerais (**Tabela 4.2**), a uma areia pouco vasosa (valor médio da % areia = 84,75). A fração grosseira (> 63 μm) é, maioritariamente, constituída por areia média, moderadamente calibrada. A amostra RRF20#12 176-180 que corresponde à base da sondagem constitui uma exceção, sendo classificada como areia grosseira e mal calibrada. Inclui 19,5% de cascalho (**Tabela 4.3** e **Fig. 4.27**), que é constituído por calhaus centimétricos e bioclastos (valvas de *Cerastoderma* e fragmentos de *Scrobicularia*).

O teor de matéria orgânica é baixo, variando entre 1,6 e 3%, sendo a maioria dos valores semelhante ao longo da unidade sedimentar. Os valores de CaCO_3 são elevados, variando entre 4,9 e 10,3%. Na metade inferior da US1, os valores são mais baixos, aumentando na metade superior. O teor em CaCO_3 está relacionado com a maior ou menor abundância de bioclastos no sedimento, observados durante a descrição macroscópica (**Fig. 4.29**).



Figura 4.29 - Amostra RRF20#11 156-176 cm e Amostra RRF20#12 176-180 cm.

O teor em humidade é muito regular, com valores inferiores a 20%. A suscetibilidade magnética varia entre 125,7 e 483,3 $\text{SI} \times 10^{-5}$, diminuindo progressivamente da base para o topo da unidade.

Os resultados obtidos para a química orgânica (**Tabela 4.5** e **Fig. 4.28**), refletem valores típicos de amostras de estuário, com valores de $\delta^{13}\text{C}$ entre -24,8 e -25,6‰ e C/N entre 8,2 e 10,3. De acordo com Lamb *et al.* (2006), a matéria orgânica parece resultar de uma contribuição mista de carbono orgânico dissolvido marinho (DOC marinho), carbono particulado de água doce (POC água doce) e algas de ambientes fluviais (algas de água doce).

A Unidade Sedimentar 2 (US2) (1,56 a 1,25 m de profundidade; -0,94 a -0,63 m NMM), é constituída, em termos gerais (**Tabela 4.2**), por uma alternância entre areia pouco vasosa (entre a base da unidade até à profundidade de 1,45m (-0,83m NMM)), vasa arenosa (entre 1,45 e 1,2875m; -0,83 e -0,6675m NMM), areia vasosa (entre 1,2875m e o topo da unidade), com valores máximos de fração grosseira (>63 μm) de 85,4% e mínimos de 35,9% (valor médio = 55,7%). A fração grosseira corresponde a uma areia média, moderadamente bem calibrada (**Tabela 4.3** e **Fig. 4.27**). A areia do topo da unidade foi, muito provavelmente, introduzida pela limpeza do furo, durante a amostragem e a sua análise não será considerada para este trabalho (**Fig. 4.30**). A fração fina é mais rica em silte (valor médio = 50,5%) do que em argila (valor médio = 7,9%; **Tabela 4.4**).



Figura 4.30 - Amostra RRF20#9 110-130 cm e Amostra RRF20#10 130-156 cm.

O teor em matéria orgânica é moderado a elevado, variando entre 3 e 8,7%, aumentando progressivamente para o topo. Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ variam entre -25,4 e -26,7‰, e a razão C/N varia entre 3,44 e 15,11. O material orgânico parece ter origem em plantas terrestres C3, carbono orgânico particulado de água doce (POC água doce), e eventualmente carbono orgânico dissolvido marinho (DOC marinho) (Lamb *et al.*, 2006; **Fig. 4.5**). A amostra RRF20#11 152-154, com C/N muito baixo, parece ter também a contribuição de bactérias (Lamb *et al.*, 2006; **Fig. 4.5**).

O teor de CaCO_3 varia entre 2,7 e 6,9%, sendo estes valores moderados a elevados, com valores maiores na base da unidade. Corresponde a fragmentos de conchas e a gastrópodes inteiros, observados às profundidades 1,30-1,32 m, 1,32-1,34 m e 1,40-1,42 m. O teor em humidade aumenta da base para o topo, entre 11,8 e 27,5% (valor médio = 22,3%). A suscetibilidade magnética varia entre 125,4 e 487,6 x 10^{-5} SI., diminuindo da base para o topo da unidade.

A Unidade Sedimentar 3 (US3) (1,25 a 0,30 m de profundidade; -0,63 a 0,32 m NMM), é constituída, em termos gerais (**Tabela 4.2**), por areia, pouco vasosa com alguns litoclastos de calcário e de basalto entre a base da unidade até à profundidade de 0,60 m e vasosa, de coloração mais escura (**Fig. 4.31**) entre 0,60 e o topo da unidade a 0,30 m (0,02 e 0,32 m NMM). Nesta última a componente areia corresponde a bioturbação (0,42-0,46 m de profundidade) ou a laminação intercalada em material mais fino. O material grosseiro ($>63\mu\text{m}$) é essencialmente constituído por areia média moderadamente bem calibrada a moderadamente calibrada, com exceção de duas amostras constituídas por areia média mal calibrada (0,925-0,95 m de profundidade) e areia grosseira mal calibrada (0,825-0,85 m de profundidade) (**Fig. 4.27**). As amostras mais finas desta unidade são mais ricas em silte (valor médio = 45%) do que em argila (valor médio = 7,4%; **Tabela 4.4**).

O teor em matéria orgânica varia entre 0,9 e 5,6%, sendo que 0,9% é o valor mais baixo registado na sondagem RRF20. Os valores variam entre 1,08% na base da unidade e 2,91% à profundidade de 0,6375 m (0,0075 m NMM) aumentando, depois, para o topo da unidade sedimentar onde atingem 5,61%.

Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ e C/N (**Tabela 4.5** e **Fig. 4.28**) indicam que o carbono orgânico tem origem em plantas terrestres do tipo C3, em DOC e POC de água doce e algas de água doce. Os valores baixos de C/N em algumas amostras parece também apontar para a presença de bactérias.

Os valores de CaCO_3 variam entre 3 e 19,7% (valor médio de 10,1%), aumentando progressivamente desde a base da unidade até 0,8375 m de profundidade (-0,2175 cm NMM). A partir dos 83,75 cm os valores diminuem para o topo da unidade. As variações em CaCO_3 resultam da maior ou menor presença de conchas e fragmentos de concha existentes no sedimento e identificados durante a descrição macroscópica, como por exemplo, entre os 0,70 até aos 0,85 m de profundidade, onde foram identificadas valvas inteiras de *Cerastoderma*, *Scrobicularia*, ostras e gastrópodes (Fig. 4.32, 4.33 e 4.34).



Figura 4.31 - Amostra RRF20#2 30-53 cm e Amostra RRF20#3 53-60 cm.



Figura 4.32 - Amostra RRF20#4 60-70 cm e Amostra RRF20#5 70-85 cm.



Figura 4.34 - Amostra RRF20#6 85-95 cm e Amostra RRF20#7 95-105 cm.



Figura 4.33 - Amostra RRF20#8 105-110 cm.

Os valores de teor de humidade variam entre de forma geral entre 13 e 23%, à exceção de uma amostra com 50%, valor que pode estar sobrestimado. Quanto à suscetibilidade magnética, na US3, os valores vão diminuindo da base até à profundidade de 0,6625 m (-0,0425 m NMM), com um valor máximo de $960,7 \times 10^{-5}$ SI à profundidade de 1,0875 m (-0,4675 m NMM) provavelmente devido à presença de um clasto de basalto. Os valores 28,8 e 960,7 (SI x 10^{-5}), são o menor e o maior valor registado, respetivamente, para a sondagem RRF20.

A Unidade Sedimentar 4 (US4) (0,30 a 0 m de profundidade; 0,32 a 0,62 m NMM), (**Tabela 4.2**), corresponde a uma alternância entre vasa pouco arenosa e vasa arenosa, desde a base ao topo da unidade. A fração $> 63\mu\text{m}$ varia entre 14,1 (vasa pouco arenosa) e 29,2% (vasa arenosa). Devido à natureza vasosa das amostras desta unidade, não foi realizada qualquer granulometria por crivagem. Na fração fina, verifica-se que as amostras desta unidade são mais ricas em silte (valor médio = 65,9%) do que em argila (valor médio = 9,8%; **Tabela 4.4**).

O teor em matéria orgânica, na US4, é moderado a elevado, pois varia entre 4,2 e 7,1%. O teor de matéria orgânica aumenta, com algumas variações, desde a base até à profundidade de 0,13 m (0,49 m NMM), diminuindo em seguida para o topo da unidade, com algumas variações (**Fig. 4.25** e **Fig. 4.26**).

Na química orgânica (**Tabela 4.5** e **Fig. 4.28**), verifica-se que as amostras são de um estuário, uma vez que os valores de $\delta^{13}\text{C}$ variam entre -24,8 e -25,6‰ e para a razão C/N, entre 8,2 e 10,31. Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ e de C/N, revelam que o carbono orgânico tem origem em plantas terrestres C3 e eventual mistura com carbono orgânico dissolvido de água doce (DOC doce) na amostra da base.

Os valores de CaCO_3 variam entre 2,8 e 3,8%, sendo estes moderados. Estes valores devem-se à rara presença de fragmentos de conchas nas amostras desta unidade, observado na descrição macroscópica. Em particular, à profundidade 0,15-0,16 m, foi observada uma concha inteira em posição de vida, aos 0,22-0,23 m, observou-se um fragmento de carvão (**Fig. 4.35**).

O teor de humidade é bastante homogéneo e varia entre 24,8 e 29,5%. A suscetibilidade magnética é elevada, variando entre 318,6 e 831,1 (SI x 10^{-5}), aumentando desde a base da unidade para o topo, com algumas variações. Esporadicamente ao longo da sondagem RRF20 encontram-se fragmentos centimétricos de cerâmica. Tal ocorre em: US1, a 1,68 m de profundidade e US4, a 0,26 e 0,30 m de profundidade.



Figura 4.35 - Amostra RRF20#1 0-30 cm.

4.3.2 ALC Lote 9

A sondagem (ALC LT9 #1, e as amostras em perfil (Perfil A e B), foram recolhidas a 28/01/2021 (Fig. 4.36), com as seguintes coordenadas: -106778.6N e -90782.241E no sistema de coordenadas de ETRS89. Também, foi feita uma recolha de amostras no dia 13/05/2021 (Fig. 4.37).

A sondagem ALC LT9 #1 tem uma cota de boca de 0,55 m (NMM) e um comprimento de 1 m, nela foram analisadas 48 amostras. O perfil A tem uma cota de topo de -0,45 m (NMM) e uma espessura de 1 m, tendo sido recolhidas e analisadas 14 amostras. O perfil B, tem uma cota de topo de -1,45 m (NMM) e uma espessura de 2,17 m, tendo sido recolhidas e analisadas 11 amostras. O perfil C tem uma cota de topo de -4,65m (NMM) e uma espessura de 2,95 m, tendo sido recolhidas e analisadas 5 amostras.

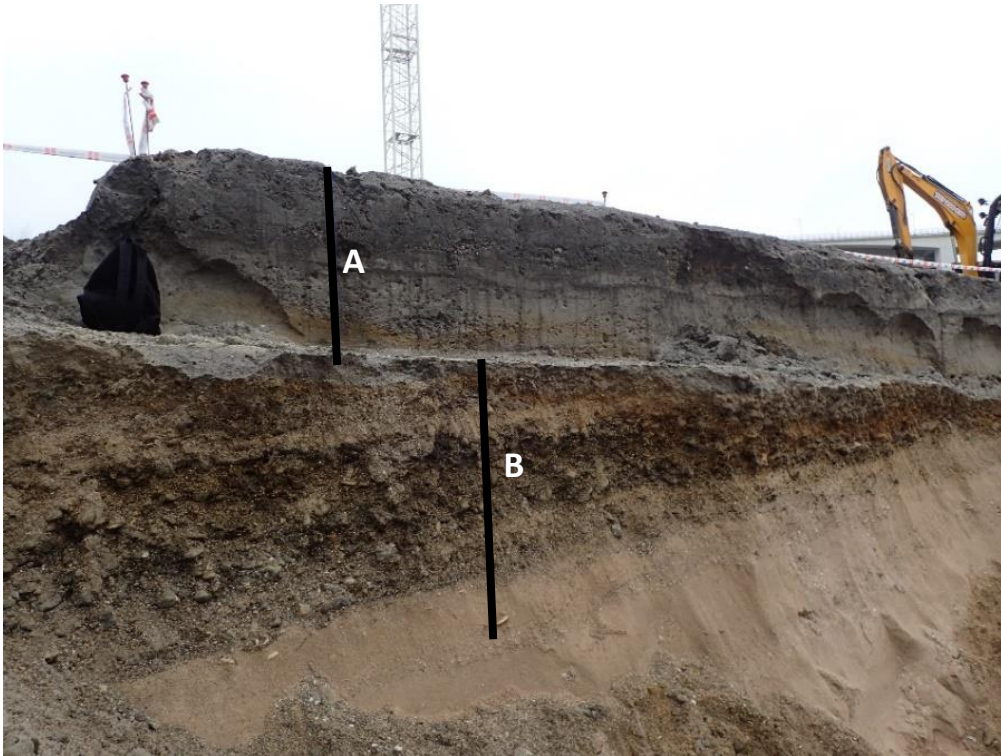


Figura 4.36 - Local da obra Alcântara Lote 9 de onde foram recolhidas as sondagens (ALC LT9 #1, Perfil A e B), onde está assinalado os perfis A e B – Fotografia de Susana Martinez.



Figura 4.37 - Local da obra Alcântara Lote 9 de onde foram amostrados sedimentos do Perfil C.

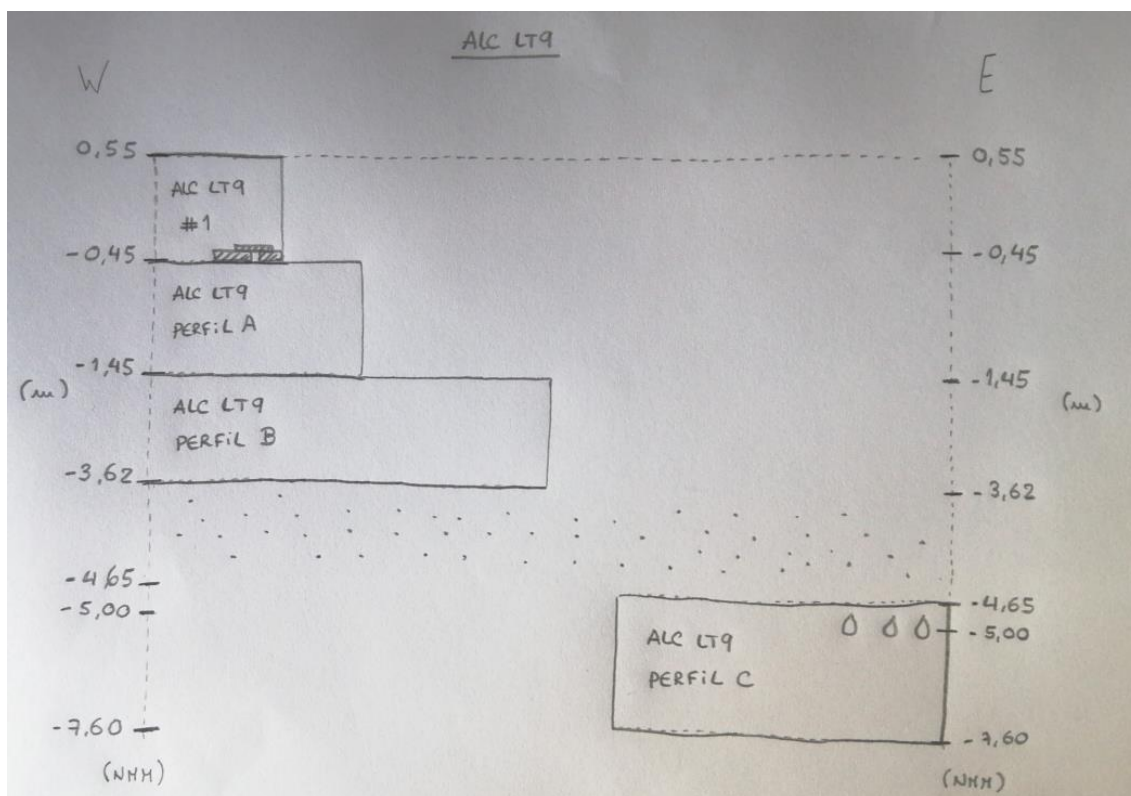


Figura 4.38 - Esquema do afloramento na obra ALC LT9, marcando a posição dos troncos de madeira da doca de Alcântara (-0,45 m NMM, base da ALC LT9 #1/topo do Perfil A), e das conchas de *Panopea glycymeris* (Perfil C, -5 m NMM).

Na figura **4.38**, está representado o esquema, de orientação W-E, com as profundidades da sondagem e dos perfis relativos ao NMM em metros. Também, de realçar que, na base da sondagem ALC LT9 #1/topo do Perfil A, estavam presentes troncos de madeira pertencentes à doca, que está representada na cartografia de Filipe Folque, em 1856/58.

Está igualmente assinalado um nível arenoso com conchas de *Panopea glycymeris* em posição de vida, à profundidade de -5m NMM (**Fig. 4.39**). Por fim, de salientar que existe um hiato entre as amostras efetuadas, desde a profundidade -3,62 até -4,65m NMM (**Fig. 4.38**).

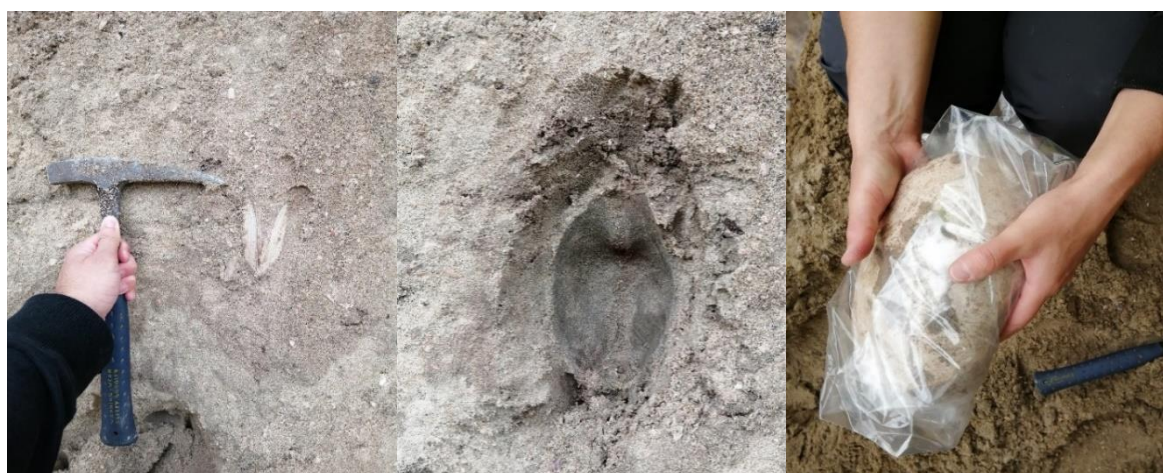


Figura 4.39 - Fotografias da recolha das conchas de *Panopea glycymeris*.

Foram igualmente recolhidas duas amostras para posterior análise (fora do âmbito deste trabalho), por OSL (Optically Stimulated Luminescence), sendo que a OSL1 foi retirada ao lado do local

onde foi recolhida a ALC LT9 Am1 e a OSL2 foi recolhida ao lado do local de onde foi colhida a ALC LT9 Am2, ambas do Perfil C (Fig. 4.40a). Além disso, foi verificado um nível de *Panopea glycimeris* aos -5m NMM (Fig. 4.40b). Por fim, apresenta-se uma imagem aérea dos trabalhos decorridos no âmbito da arqueologia (Fig. 4.40c).



Figura 4.40 - (a) Fotografia do afloramento de onde foram recolhidas as amostras para OSL; (b) fotografia de concha; (c) fotografia aérea dos trabalhos de arqueologia.

Na figura 4.41, está representado um esboço do ALC LT9 Perfil B, orientado de Sul para Norte, com a localização das amostras recolhidas.

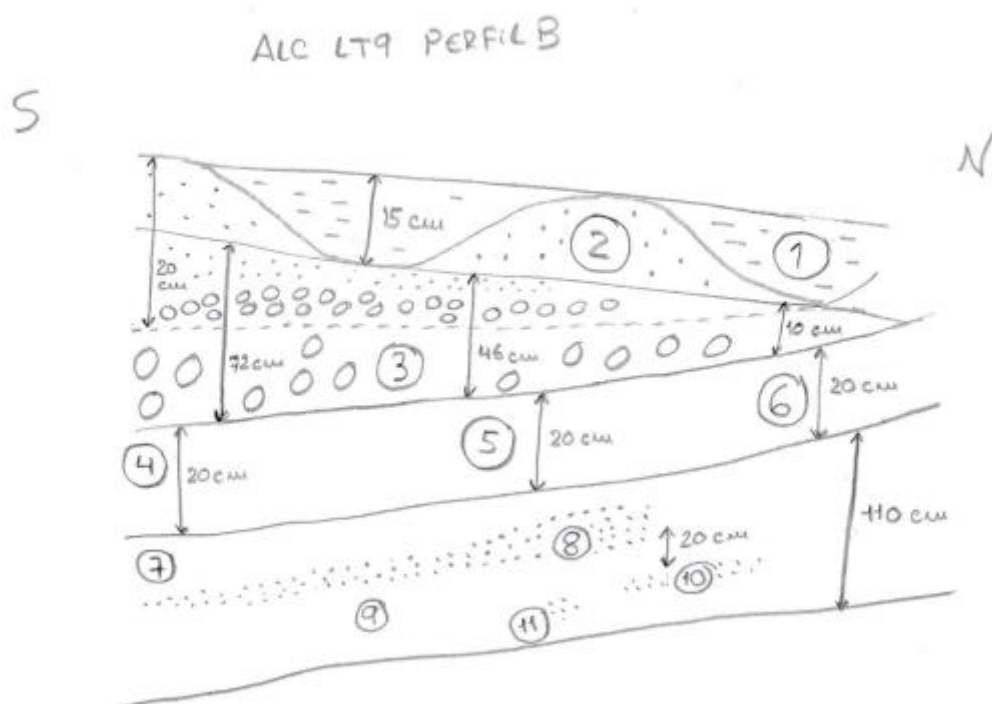


Figura 4.41 - Esboço do ALC LT9 Perfil B, com a localização das amostras recolhida do perfil Bs.

Os gráficos da figura 4.42 mostram os resultados obtidos para os ensaios de teor em matéria orgânica (MO) e carbono de cálcio (CaCO_3), textura ((% areias; $> 63\mu\text{m}$) e teor de humidade realizados às amostras da sondagem ALC LT9 #1 e perfis ALC LT9, com as cotas relativas ao nível médio do mar (NMM).

De acordo com variações identificadas nestes parâmetros, foram definidas quatro unidades sedimentares: US1, entre -4,65 e -6 m NMM, US2 entre -1,45 e -3,62 m NMM, US3 entre -0,45 e -1,45 m NMM e US4 entre 0,55 e -0,45 m NMM. Os resultados estatísticos para cada unidade sedimentar estabelecida na sondagem ALC LT9 #1 e perfis ALC LT9 (máximo, média e mínimo) estão representados na **Tabela 4.6**.

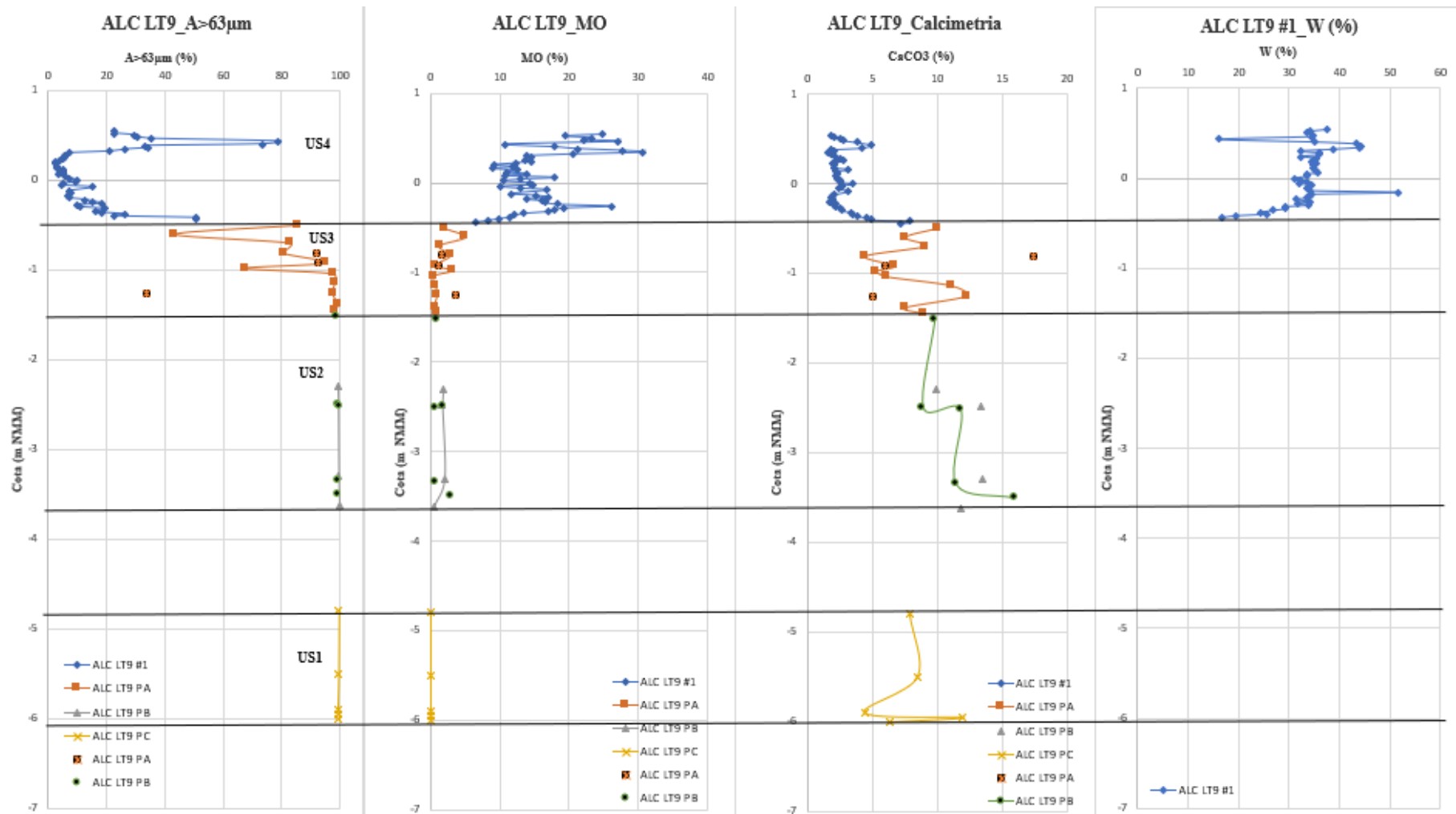


Figura 4.42 - Variação em profundidade (linhas) e variações laterais (pontos) dos parâmetros: teor em matéria orgânica, teor em CaCO₃, % de fração grosseira e teor de humidade da sondagem e perfis ALC LT9, com as unidades sedimentares identificadas.

Tabela 4.6 - Valores máximos, médios e mínimos dos parâmetros analisados em cada uma das Unidades Sedimentares da sondagem e perfis ALC LT9.

ALC LT9_US4				
-	A>63µm (%)	CaCO₃ (%)	MO (%)	W (%)
MÁX	79	7,9	30,6	51,7
MED	17,3	2,8	15,7	33,1
MIN	2,4	1,6	6,5	16,2
ALC LT9_US3				
-	A>63µm (%)	CaCO₃ (%)	MO (%)	
MÁX	99,6	12,3	5	
MED	86,1	8,1	1,7	
MIN	43,5	4,5	0,5	
ALC LT9_US2				
-	A>63µm (%)	CaCO₃ (%)	MO (%)	
MÁX	99,9	13,5	2	
MED	99,5	12,2	1,5	
MIN	99,3	9,9	0,4	
ALC LT9_US1				
-	A>63µm (%)	CaCO₃ (%)		
MÁX	99,2	12		
MED	99,2	7,8		
MIN	99,2	4,5		

Na **Tabela 4.7**, observa-se o resultado da análise granulométrica realizada às amostras com % de areia > a 75% da US1 (representada a verde), da US2 (representada a azul) e da US3 (representada a amarelo). As amostras da US4 são essencialmente vasosas, e, por esse motivo, não foi realizada nenhuma análise textural por crivagem. De mencionar que os valores registados para a percentagem de material fino para as amostras da ALC LT9 foram inferiores a 1%, com a exceção do topo do Perfil A (PA 0-10 até PA 30-42 e PA 52-54), onde os valores foram entre 1,69 e 3,87%, tendo sido registado 4,21% para a amostra ALC LT9 PA 52-54. O valor da % de material fino foi adicionado ao registado para as areias.

Os resultados dos parâmetros de dimensão média e desvio padrão obtidos no software GRADISTAT, foram projetados num gráfico (**Fig. 4.43**).

Tabela 4.7 - Resultado das % de cascalho, areia e da fração fina das amostras arenosas dos Perfis A, B e C de ALC LT9, com as unidades sedimentares identificadas a cores. As cores diferentes correspondem às diferentes US: Verde – US1, Azul – US2, Amarelo – US3.

Unidade	Amostras	Cota (NMM)	Cascalho (%)	Areia (%)
US3	PA 0-10	-0,5	1,0	99,0
	PA 10-20	-0,6	1,6	98,4
	PA 20-30	-0,7	1,7	98,3
	PA 30-42A	-0,81	2,3	97,7
	PA 30-42B	-0,81	18,1	82,0
	PA 42-52A	-0,92	0,9	99,2
	PA 42-52B	-0,92	4,4	95,6
	PA 52-54	-0,98	0,8	99,2
	PA 54-64	-1,04	7,1	92,9
	PA 64-74	-1,14	6,5	93,6
	PA 74-87A	-1,255	13,7	86,4
	PA 87-100A	-1,385	2,1	97,9
	PA 100	-1,45	22,3	77,7
US2	PB1	-1,525	18,0	82,0
	PB3	-2,3	30,8	69,2
	PB5	-2,48	43,3	56,7
	PB6	-2,5	32,7	67,4
	PB7	-2,52	1,1	98,9
	PB8	-3,3	12,0	88,0
	PB9	-3,35	0,2	99,8
	PB10	-3,5	13,4	86,6
	PB11	-3,62	0,1	99,9
US1	PC Am3	-4,8	9,4	90,6
	PC Balde	-5,5	3,0	97,0
	PC Am1	-5,9	2,4	97,6
	PC Am4	-5,95	18,2	81,8
	PC Am2	-6	0,6	99,4

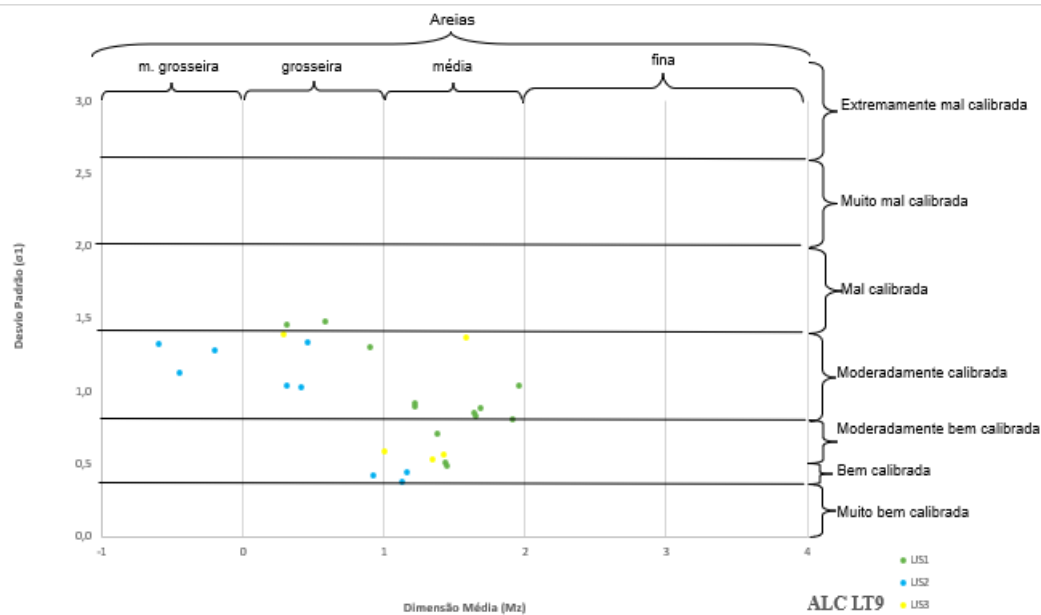


Figura 4.43 - Gráfico da Dimensão média vs. Desvio padrão das amostras grossas da ALC LT9, com as unidades sedimentares representadas a cores diferentes.

Na **Tabela 4.8**, estão representados os resultados da análise granulométrica realizada às amostras com % de vasa > 50%, correspondentes às amostras da US4 (representadas a laranja) e US3 (representadas a amarelo). Não foram realizadas análises à fração fina por difração laser às amostras da US1 e US2, uma vez que estas são essencialmente arenosas.

Tabela 4.8 - Resultado da análise granulométrica das amostras finas da ALC LT9, com as unidades sedimentares identificadas. As diferentes cores correspondem às diferentes US: Amarelo – US3, Laranja – US4.

Unidade	Amostras	Cota (NMM)	Am>63	Slt mt gro	Slt gro	Slt méd	Slt fin	Slt mt fin	Argila
US4	ALC LT9 #1_0-2	0,54	22,5	7,6	14,9	19,4	17,2	10,3	8,1
	ALC LT9 #1_2-4	0,52	22,9	6,7	13,3	18,5	17,6	11,5	9,5
	ALC LT9 #1_4-6	0,5	29,3	8,0	14,4	17,5	15,2	9,1	6,5
	ALC LT9 #1_6-8	0,48	30,5	6,9	12,7	16,5	15,1	9,7	8,5
	ALC LT9 #1_8-10	0,46	35,2	6,6	12,2	15,8	14,3	8,8	7,1
	ALC LT9 #1_16-18	0,38	33,3	8,9	14,7	16,4	12,8	7,2	6,8
	ALC LT9 #1_18-20	0,36	34,3	9,7	14,3	15,7	12,5	7,3	6,2
	ALC LT9 #1_20-22	0,34	26,3	11,4	17,6	17,6	12,9	7,2	6,9
	ALC LT9 #1_22-24	0,32	21,1	13,2	17,2	16,9	14,0	8,8	8,8
	ALC LT9 #1_24-26	0,3	7,1	11,3	21,1	23,5	17,6	10,0	9,4
	ALC LT9 #1_26-28	0,28	5,5	12,4	19,5	22,0	18,3	11,3	11,1
	ALC LT9 #1_28-30	0,26	5,9	16,9	23,8	21,6	15,0	8,4	8,3
	ALC LT9 #1_30-32	0,24	5,0	22,8	21,3	18,1	14,1	8,9	9,9
	ALC LT9 #1_32-34	0,22	4,1	9,1	19,3	25,1	20,0	11,5	10,8
	ALC LT9 #1_34-36	0,2	2,7	15,2	22,5	22,3	16,8	10,1	10,3
	ALC LT9 #1_36-38	0,18	2,4	9,3	18,4	24,0	20,9	13,1	11,9
	ALC LT9 #1_38-40	0,16	3,1	14,9	21,8	22,1	17,3	10,5	10,4
	ALC LT9 #1_40-42	0,14	2,9	18,8	22,1	19,9	16,2	10,4	9,6
	ALC LT9 #1_42-44	0,12	4,9	19,2	22,7	20,6	15,1	8,7	8,8
	ALC LT9 #1_44-46	0,1	5,2	12,3	20,9	23,2	17,9	10,5	10,0
	ALC LT9 #1_46-48	0,08	5,1	8,9	18,9	24,1	19,7	11,9	11,3
	ALC LT9 #1_48-50	0,06	3,4	15,6	21,1	22,1	17,3	10,3	10,0
	ALC LT9 #1_50-52	0,04	5,8	9,8	19,5	24,1	20,1	11,6	9,1
	ALC LT9 #1_52-54	0,02	7,5	10,8	19,7	22,9	18,3	10,7	10,0
	ALC LT9 #1_54-56	0	9,7	14,3	20,1	19,7	15,5	10,2	10,4
	ALC LT9 #1_56-58	-0,02	9,2	15,1	20,8	20,3	15,4	9,5	9,7
	ALC LT9 #1_58-60	-0,04	5,4	15,4	23,7	22,8	15,7	8,6	8,6
	ALC LT9 #1_60-62	-0,06	4,5	23,1	21,5	18,4	14,4	8,8	9,3
	ALC LT9 #1_62-64	-0,08	15,2	11,3	18,4	20,7	16,1	9,5	8,9
	ALC LT9 #1_66-68	-0,12	7,1	11,0	19,4	22,3	18,9	11,4	9,9
	ALC LT9 #1_68-70	-0,14	8,1	6,0	16,1	24,3	22,2	13,5	9,8
	ALC LT9 #1_70-72	-0,16	7,1	10,2	19,2	23,0	18,7	11,2	10,6
	ALC LT9 #1_72-74	-0,18	6,8	7,5	16,9	23,5	20,9	13,0	11,3
ALC LT9 #1_74-76	-0,2	7,4	5,8	15,7	24,7	22,6	13,4	10,4	
ALC LT9 #1_76-78	-0,22	12,7	9,0	15,7	20,2	18,8	12,5	11,1	
ALC LT9 #1_78-80	-0,24	15,3	10,0	17,8	21,3	17,9	10,0	7,8	
ALC LT9 #1_80-82	-0,26	18,4	5,4	13,9	20,3	18,5	12,0	11,5	
ALC LT9 #1_82-84	-0,28	10,1	7,7	18,4	24,1	19,2	11,0	9,5	
ALC LT9 #1_84-86	-0,3	11,1	5,5	16,5	24,8	20,4	11,7	10,0	
ALC LT9 #1_86-88	-0,32	19,7	9,0	16,7	19,9	16,3	9,7	8,8	
ALC LT9 #1_88-90	-0,34	16,4	7,6	15,8	21,2	18,0	10,7	10,3	
ALC LT9 #1_90-92	-0,36	18,4	10,3	17,8	19,4	15,4	9,6	9,2	
ALC LT9 #1_92-94	-0,38	26,4	10,4	17,7	18,4	13,3	7,2	6,6	
ALC LT9 #1_94-96	-0,4	22,8	9,2	15,5	19,6	16,5	9,2	7,1	
US3	ALC LT9 PA_10-20	-0,6	43,5	7,3	12,2	13,7	10,8	6,4	6,3
	ALC LT9 PA_74-87B	-1,255	33,5	13,2	15,1	14,1	11,0	6,4	6,7

A Unidade Sedimentar 1 (US1 – ALC LT9 Perfil C), é constituída totalmente por areia, uma vez que o valor médio de fração grosseira é de 99,2% (Tabela 4.6). A fração grosseira (> 63 µm) é, maioritariamente, constituída por areia média, moderadamente bem calibrada, exceto a amostra ALC LT9 PC Am4, que se trata de uma areia grosseira e moderadamente calibrada e com 18,9% de cascalho (Tabela 4.7 e Fig. 4.43).

Devido ao facto de as amostras serem essencialmente arenosas, o teor de matéria orgânica é quase nulo (Fig. 4.42). Em contrapartida, com a presença de fragmentos de conchas identificadas na descrição macroscópica, na base desta unidade, ocorre uma variação dos valores, entre 4,5 e 12%, com um valor médio de 7,8%, sendo estes valores moderados a elevados. É nesta unidade que ocorre a *Panopea glycymeris* (Born, 1778). Esta é uma espécie da família *Hiatellidae*, em que as suas conchas podem chegar a ter um tamanho de 25 a 30 centímetros, vivem em substrato arenoso, em profundidades desde 10 a 100 metros. Também, o diâmetro de abertura das valvas pode variar de 5 a 7 centímetros (Scotti *et al.*, 2011). Aqui, a sua dimensão é de cerca de 30 centímetros.

A Unidade Sedimentar 2 (US2 – ALC LT9 Perfil B), é constituída por areia (fração > 63µm superior a 99%, Tabela 4.6), o mesmo sucedendo com todas as variações laterais das amostras da ALC LT9 Perfil B. Os sedimentos desta unidade são essencialmente areias grosseiras e muito grosseiras, moderadamente calibradas, ocorrendo ainda areias médias, bem calibradas (Fig. 4.43).

As areias mais grosseiras incorporam uma percentagem de cascalho que varia entre 13 e 43%., (Tabela 4.7). Na descrição macroscópica foram identificados balastros de basalto e calcário.

As amostras ALC LT9 PB3 e ALC LT9 PB4, correspondem a dois níveis compostos por essencialmente por balastros envolvidos numa matiz arenosa. Os balastros (100 em ALC LT9 PB3 e 206 em ALC LT9 PB4) foram sujeitos a análise morfométrica.

Na figura 4.44, representam-se os valores de rolamento vs. achatamento de Cailleux da amostra ALC LT9 PB3. Na figura 4.45, está representado a projeção do índice oblato-prolato vs. esfericidade de Sneed & Folk da mesma amostra.

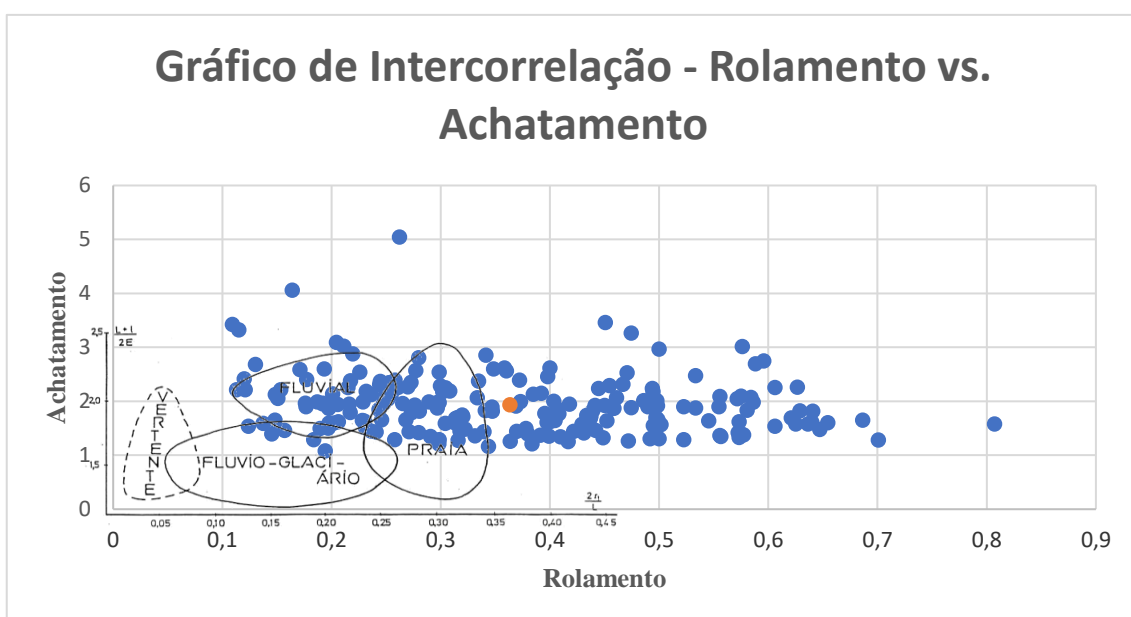


Figura 4.44 - Índice de rolamento vs. índice de achatamento de Cailleux da amostra ALC LT9 PB 3 (adaptado de Galopim de Carvalho, 1968). O ponto laranja representa o valor médio de ambos os parâmetros.

Os balastros apresentam valores de achatamento típicos de ambientes fluviais e de praia, mas o seu rolamento é elevado, apontando para uma evolução em ambiente de praia (Fig. 4.44).

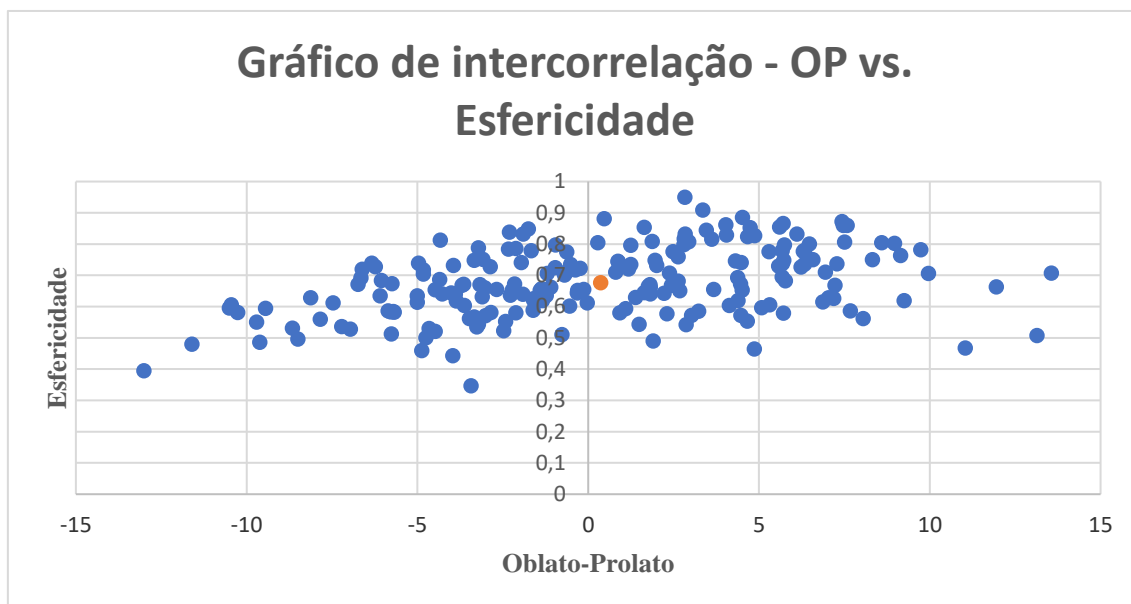


Figura 4.45 - Índice oblato-prolato vs. índice de esfericidade da amostra ALC LT9 PB 3. O ponto laranja representa o valor médio de ambos os parâmetros.

Quanto à forma e esfericidade (Fig. 4.45 e Anexo 46), os balastros analisados da ALC LT9 PB3 são típicos de ambiente fluvial e de praia, com uma distribuição muito semelhante entre os dois campos. O valor médio da esfericidade (0,67) corresponde ao valor de transição entre aqueles dois ambientes.

Na Tabela 4.9, apresenta-se o resultado, em percentagem, do índice de forma de Zingg, notando-se a predominância de discoidais (41%), tendo os esféricos também uma expressão considerável (29%). Na amostra ALC LT9 PB3, a razão de geometricidade foi de 0,89.

Na Tabela 4.10, observa-se que os balastros são predominantemente de basalto (86,21%).

Tabela 4.9 - Valores do Índice de Forma de Zingg da amostra ALC LT9 PB 3.

Discoidais	Laminados	Esféricos	Bastonados	Razão de Geometricidade
41%	12%	29%	18%	0,89

Tabela 4.10 - Litologias dos balastros de ALC LT9 PB 3.

Litologias	%
Basalto	86,21
Calcário	8,37
Outros	5,42

A matriz da amostra de balastros (ALC LT9 PB3) corresponde a um cascalho muito fino e mal calibrado (Fig. 4.46).

SIEVING ERROR: 0,0%

SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: ALC LT9 PB_3Matriz ANALYST & DATE: ,

SAMPLE TYPE: Trimodal, Poorly Sorted TEXTURAL GROUP: Sandy Gravel

SEDIMENT NAME: Sandy Very Fine Gravel

	μm		ϕ		GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	9600,0	-3,243			GRAVEL: 54,0%	COARSE SAND: 14,4%		
MODE 2:	3400,0	-1,743			SAND: 45,9%	MEDIUM SAND: 11,6%		
MODE 3:	605,0	0,747			MUD: 0,2%	FINE SAND: 1,6%		
D ₁₀ :	422,1	-3,512					V FINE SAND: 0,5%	
MEDIAN or D ₅₀ :	2315,4	-1,211			V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 0,0%		
D ₉₀ :	11411,1	1,244			COARSE GRAVEL: 3,5%	COARSE SILT: 0,0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	27,04	-0,354			MEDIUM GRAVEL: 16,2%	MEDIUM SILT: 0,0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	10989,1	4,757			FINE GRAVEL: 15,3%	FINE SILT: 0,0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	7,669	-0,097			V FINE GRAVEL: 19,0%	V FINE SILT: 0,0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	5571,9	2,939			V COARSE SAND: 17,7%	CLAY: 0,0%		

	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN (\bar{x}):	4368,7	2238,4	-1,162	2262,2	-1,178	Very Fine Gravel
SORTING (σ):	4762,4	3,463	1,792	3,608	1,851	Poorly Sorted
SKEWNESS (s_k):	1,486	-0,245	0,245	-0,028	0,028	Symmetrical
KURTOSIS (k):	4,522	2,610	2,610	0,770	0,770	Platykurtic

Figura 4.46 - Resultado da análise granulométrica da matriz da amostra ALC LT9 PB3.

Na figura 4.47, está representam-se os valores de rolamento vs. achatamento de Cailleux da amostra ALC LT9 PB4. Na figura 4.48, está representada a projeção do índice de forma oblato-prolato vs. índice de Sneed & Folk da mesma amostra.

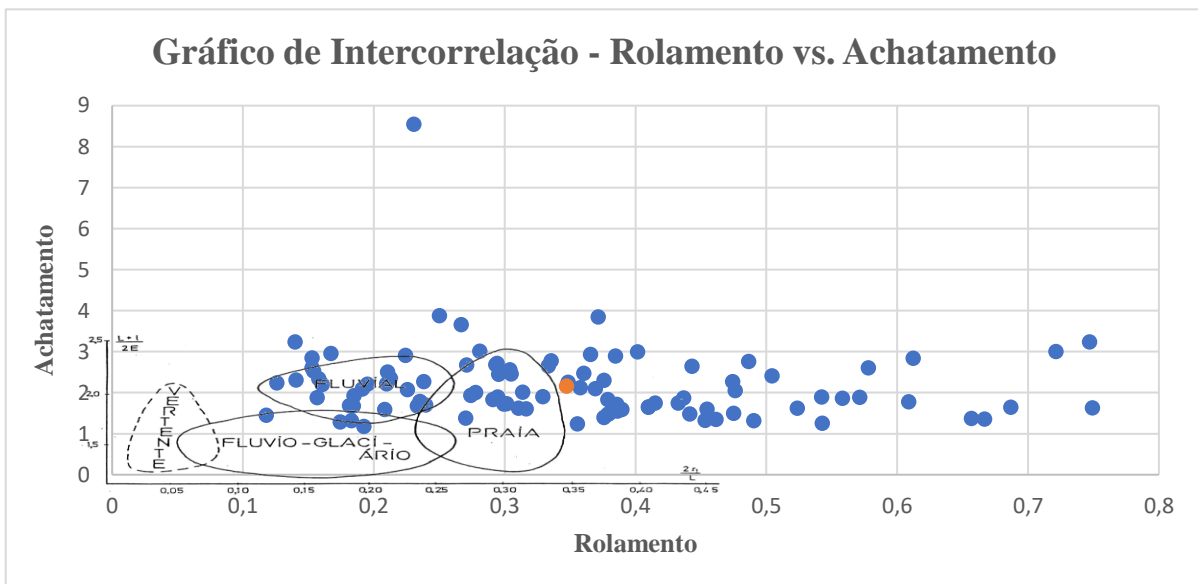


Figura 4.47 - Gráfico do índice de rolamento vs. índice de achatamento da amostra ALC LT9 PB4.

Na figura 4.47, observa-se que os resultados obtidos são muito semelhantes aos registados para a amostra ALC LT9 PB3. O valor médio da esfericidade (0,64) é típico de um ambiente de praia.

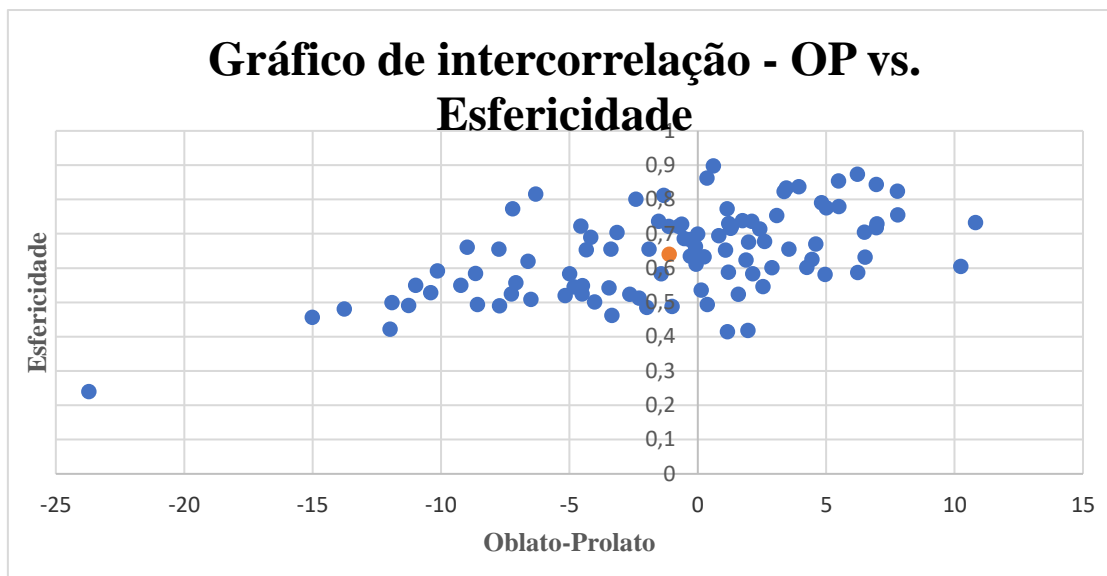


Figura 4.48 - Gráfico do índice de oblato-prolato vs. índice de esfericidade da amostra ALC LT9 PB4.

Na figura 4.48 (ver também o Anexo 46), está representado o resultado do índice oblato-prolato vs. índice de esfericidade, onde se verifica que os balastros da amostra ALC LT9 Pb4 são de praia e fluviais. A média está assinalada no limite entre os dois campos, com um índice oblato-prolato de -1,11 e um índice de esfericidade de 0,64.

Na Tabela 4.11, apresenta-se o resultado, em percentagem, do índice de forma de Zingg, com a predominância de balastros discoidais, seguidos dos esféricos. A razão da geometricidade é de 0,7. Pela Tabela 4.12, verifica-se que os basaltos são predominantes (69%), mas a percentagem de calcários tem uma maior expressão (28%), que na amostra ALC LT9 PB3.

Tabela 4.11 - Valores do Índice de forma de Zingg da amostra ALC LT9 PB 4.

Discoidais	Laminados	Esféricos	Bastonados	Razão de Geometricidade
46%	13%	28%	13%	0,7

Tabela 4.12 - Litologias dos balastros de ALC LT9 PB 4.

Litologias	%
Basalto	69
Calcário	28
Outros	3

A matriz da amostra de balastros de ALC LT9 PB 4 é um cascalho muito fino e mal calibrado (Fig. 4.49).

		SAMPLE STATISTICS					
SIEVING ERROR: 0,0%							
SAMPLE IDENTITY: ALC LT9 PB_4Matriz		ANALYST & DATE: ,					
SAMPLE TYPE: Polymodal, Poorly Sorted		TEXTURAL GROUP: Sandy Gravel					
SEDIMENT NAME: Sandy Very Fine Gravel							
		GRAIN SIZE DISTRIBUTION					
	μm	ϕ	GRAVEL: 59,5%		COARSE SAND: 16,2%		
MODE 1:	9600,0	-3,243	SAND: 40,4%		MEDIUM SAND: 7,8%		
MODE 2:	3400,0	-1,743	MUD: 0,1%		FINE SAND: 0,5%		
MODE 3:	605,0	0,747	V COARSE GRAVEL: 0,0%		V FINE SAND: 0,3%		
D ₁₀ :	521,6	-3,334	COARSE GRAVEL: 3,5%		COARSE SILT: 0,0%		
MEDIAN or D ₅₀ :	2718,2	-1,443	MEDIUM GRAVEL: 15,1%		MEDIUM SILT: 0,0%		
D ₉₀ :	10085,7	0,939	FINE GRAVEL: 18,7%		FINE SILT: 0,0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	19,34	-0,282	V FINE GRAVEL: 22,1%		V FINE SILT: 0,0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	9564,1	4,273	V COARSE SAND: 15,6%		CLAY: 0,0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	6,252	0,001					
(D ₇₅ - D ₂₅):	5261,4	2,644					
		METHOD OF MOMENTS		FOLK & WARD METHOD			
		Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
		μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN (\bar{x}):	4339,2	2476,9	-1,309	2462,6	-1,300	Very Fine Gravel	
SORTING (σ):	4397,3	3,097	1,631	3,231	1,692	Poorly Sorted	
SKEWNESS ($S\bar{k}$):	1,621	-0,302	0,302	-0,104	0,104	Fine Skewed	
KURTOSIS (κ):	5,534	2,715	2,715	0,773	0,773	Platykurtic	

Figura 4.49 - Resultado da análise granulométrica da matriz da amostra ALC LT9 PB 4.

O teor de matéria orgânica é baixo, variando entre 0,4 e 2% (**Tabela 4.6**). Os valores obtidos para o CaCO₃ são elevados e variam entre 9, e 16%, devido à presença de fragmentos de conchas (essencialmente ostras). Os valores obtidos para o teor de carbonato de cálcio são os mais elevados de ALC LT9.

A Unidade Sedimentar 3 (US3 – ALC LT9 Perfil A), é essencialmente constituída por areia na metade inferior e por areia vasosa a pouco vasosa na metade superior (a fração superior a 63 μm varia entre 43,5 e 99,9%) (**Fig. 4.42**).

A fração grosseira (> 63 μm) é, maioritariamente, constituída por areias médias moderadamente calibradas, ocorrendo igualmente areias grosserias, mal/moderadamente calibradas (**Tabela 4.7 e Fig. 4.43**). A fração mais fina é mais rica em silte (valor médio = 55, %) do que em argila (valor médio = 6,5%; **Tabela 4.8**).

Os valores obtidos para o CaCO₃ são elevados e variam entre 4,5 e 17,4%, (**Fig. 4.42**). O teor de matéria orgânica varia entre 0,54 e 5% (conteúdo baixo a moderado), estando os valores mais elevados associados a maiores percentagens de componente vasosa.

A descrição macroscópica da fração grosseira das amostras desta unidade, revelou:

- Entre os 0-42 m -> fragmentos de conchas, calhaus de basalto rolados, fragmentos de madeira, carvão, conchas de *Cerastoderma* e *Scrobicularia*, e gastrópodes pequenos.
- Entre os 42-52 m -> conchas e fragmentos de conchas, gastrópodes, *Cerastoderma* com 2 valvas, gastrópode terrestre e fragmento de carvão. 54 - 87 cm - fragmentos de conchas, gastrópodes pequenos, *Cerastoderma* e cerâmica.
- Entre os 87-100 m - conchas e fragmentos de conchas, e cerâmica.

A Unidade Sedimentar 4 (US4 – ALC LT9 #1), é essencialmente constituída por vasa, vasa pouco arenosa e vasa arenosa, com rara areia vasosa e pouco vasosa na base e à profundidade 10—16 cm (fração superior a 63 μm geralmente inferior a 50%) (**Fig. 4.42**). A fração fina desta unidade é mais rica em silte (valor médio = 77,6%) do que em argila (valor médio = 9,3%; **Tabela 4.6**).

Os resultados para o teor de humidade estão de acordo com a litologia das amostras, variando entre 16,2 e 51,7%. Os valores obtidos para o teor de matéria orgânica variam entre 6,5 e 30,6%,

tendo uma média de 15,72% (Tabela 4.6), o que revela que tem um conteúdo elevado a muito elevado devido à presença de fragmentos de madeira e de carvão (Fig. 4.42).

Os valores de CaCO₃ são baixos, pois variam entre 1,6 e 7,9%, com um valor médio de 2,8%. Correspondem a conchas e fragmento de conchas de bivalves (entre os quais *Scrobicularia*) e gastrópodes.

- Entre os 44-50 cm de profundidade ocorre um fragmento de cerâmica.

Na figura 4.50, está o resultado da análise granulométrica ao sedimento que se encontrava no interior da concha *Panopea glycimeris*, pois era necessário compreender qual era as características deste sedimento e se assemelhava às amostras que tinham sido recolhidas. Assim, verifica-se que se trata de uma areia média e moderadamente calibrada, sendo este resultado semelhante ao registado para a amostra ALC LT9 Perfil C Am3!

		μm		φ		GRAIN SIZE DISTRIBUTION					
MODE 1:		425.0		1.257		GRAVEL: 1.4%		COARSE SAND: 21.8%			
MODE 2:		151.0		2.749		SAND: 97.6%		MEDIUM SAND: 42.9%			
MODE 3:						MUD: 1.0%		FINE SAND: 21.2%			
D ₁₀ :		121.8		0.560				V FINE SAND: 9.5%			
MEDIAN or D ₅₀ :		383.2		1.384		V COARSE GRAVEL: 0.0%		V COARSE SILT: 0.2%			
D ₉₀ :		678.2		3.038		COARSE GRAVEL: 0.0%		COARSE SILT: 0.2%			
(D ₉₀ / D ₁₀):		5.568		5.421		MEDIUM GRAVEL: 0.0%		MEDIUM SILT: 0.2%			
(D ₉₀ - D ₁₀):		556.4		2.477		FINE GRAVEL: 0.4%		FINE SILT: 0.2%			
(D ₇₅ / D ₂₅):		2.695		2.449		V FINE GRAVEL: 1.0%		V FINE SILT: 0.2%			
(D ₇₅ - D ₂₅):		317.3		1.430		V COARSE SAND: 2.2%		CLAY: 0.2%			
		METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD						
		Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description				
		μm	μm	φ	μm	φ					
MEAN (\bar{x}):		437.4	322.4	1.633	321.9	1.635	Medium Sand				
SORTING (σ):		449.2	2.204	1.140	2.009	1.007	Poorly Sorted				
SKEWNESS (S_k):		5.760	-0.867	0.867	-0.309	0.309	Very Fine Skewed				
KURTOSIS (k):		48.70	7.107	7.107	0.930	0.930	Mesokurtic				

Figura 4.50 - Resultado da análise granulométrica à areia do interior da concha *Panopea glycimeris*.

O teor de matéria orgânica registado para o sedimento analisado do interior da concha *Panopea glycimeris* é de 5%. Um valor que difere com as amostras da US1, uma vez que têm um teor de matéria orgânica nulo.

5. Discussão

5.1 Espessura do enchimento do Vale de Alcântara com base nas informações recolhidas em Sondagens Geotécnicas

A informação obtida através dos logs das sondagens geotécnicas realizadas na área de estudo (obra da Rua Rodrigues Faria - RRF (Geocontrole, 2018) e Alcântara Loteamento 9 – ALC LT9 ((Geocontrole, 2019); **Fig. 4.4 e 4.5; Fig. 4.9 a 4.11**), permitem-nos saber que o enchimento (aluvião + aterro) na margem direita do vale de Alcântara é da ordem dos 13,5 a 20 m de profundidade e que está definido em substrato basáltico do Complexo Vulcânico Lisboa-Mafra (CVLM).

Outro dado que se observa trata-se da diferença de dimensão entre os depósitos aluvionares das sondagens da RRF20 e da ALC LT9, que varia entre 6 e 16 m de profundidade. Nas sondagens da RRF20, observa-se que os depósitos têm cerca de 16 m de comprimento, isto contrasta com as sondagens do ALC LT9, onde tem um comprimento de 6 a 6,5m e constituídas por areia, com a exceção da S1. Na figura 5.1, está representado um esboço com a sondagem S1 da RRF e a sondagem S2 da ALC LT9, onde observa-se que o dado referido anteriormente, uma vez que o depósito aluvionar é muito superior na sondagem S1 da RRF.

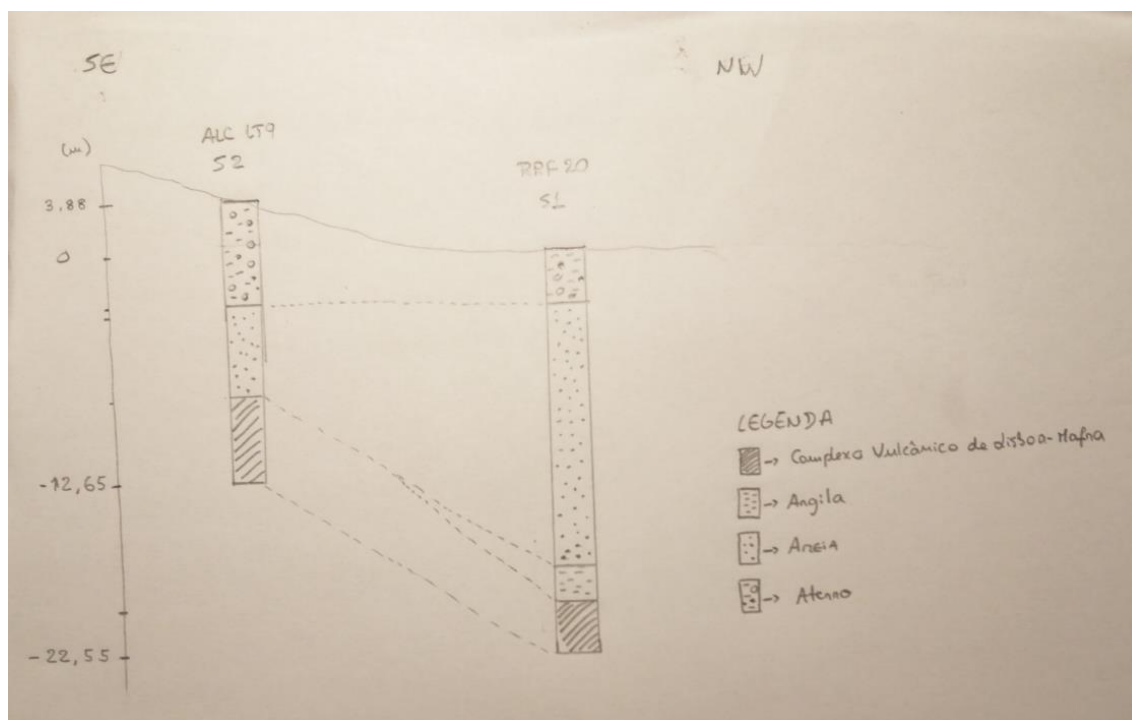


Figura 5.1 - Esboço em profundidade da sondagem S1 de RRF20 e do log da sondagem S2 de ALC LT9.

Na margem esquerda, o vale atinge cotas mais profundas de ca. - 25 m abaixo do NMM, com enchimento (aluvião + aterro) máximo de 30 m, estando de igual forma definido em basaltos e tufos vulcânicos do CVLM (Mota-Engil, Engenharia e Construções, S.A., 2015). De acordo com o modelo produzido por Matildes *et al.* (2011), a espessura máxima de enchimento sedimentar (aluvião + aterro) da foz da ribeira de Alcântara atinge os 42,6 m na área onde o encaixe é mais profundo, a Sul da área de estudo.

Os depósitos aluvionares na área de estudo (margem direita da ribeira de Alcântara) atingem espessuras máximas de 16,5 m (Rua Rodrigues Faria, **Fig. 4.4**) e são constituídos por areia média

vasosa, areia e vasa (argilosa?), por vezes intercaladas. Com base no relatório geotécnico realizado na obra da CUF, localizada na margem esquerda da ribeira, a aluvião atinge espessuras superiores a 25 m, sendo constituído por uma sequência sedimentar de areia, areia vasosa, areia fina a média com seixos rolados, vasa argilosa e areia fina vasosa, sobre a qual foi depositado um aterro com 4 m de espessura (Fig. 5.2). Na figura 5.3, verifica-se a legenda do perfil geológico-geotécnico realizado na área da CUF Alcântara (Mota-Engil, Engenharia e Construção, S.A., 2015).

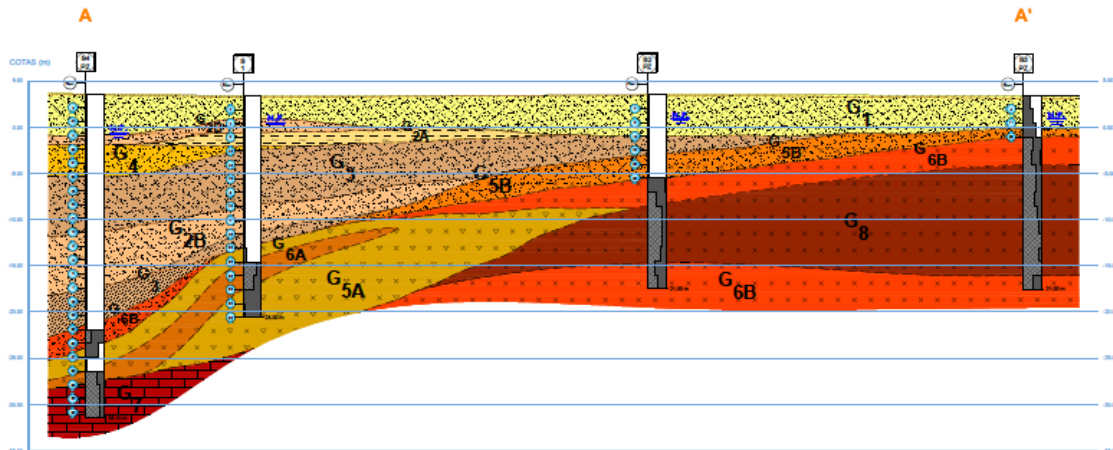


Figura 5.2 - Perfil geológico-geotécnico Este (A') – Oeste (A) na área da CUF Alcântara (Mota-Engil, Engenharia e Construção, S.A., 2015).

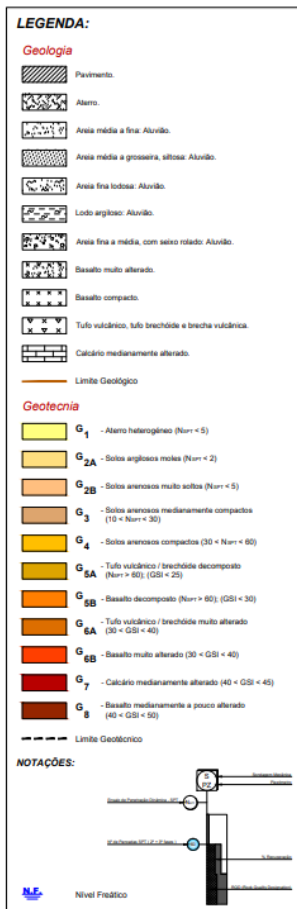


Figura 5.3 – Legenda do perfil geológico-geotécnico Este (A') – Oeste (A) na área da CUF Alcântara (Mota-Engil, Engenharia e Construção, S.A., 2015).

De acordo com a informação das sondagens geotécnicas recolhidas ao longo da margem norte do estuário do Tejo, na proximidade do vale da ribeira de Alcântara, o enchimento sedimentar (aluvião + aterro) varia entre as espessuras de 0,2 e 10,5 m (**Fig. 5.4; Anexos 1 a 45**), menos espesso do que o enchimento do vale da ribeira de Alcântara, refletindo o encaixe muito profundo desta linha de água em relação à margem do estuário. Os depósitos aluvionares na área externa à foz da ribeira de Alcântara atingem espessuras máximas de 10,5 m (**Anexos 4 a 8**) e são, essencialmente, constituídos por vasas e areias finas, com frequentes fragmentos de elementos líticos de basaltos e calcários, provenientes das formações rochosas aflorantes na área em questão. Por vezes, o substrato rochoso, delimitado tanto em rochas vulcânicas do CVLM, como em calcários ocorre a cotas elevadas e é intercetado imediatamente abaixo do aterro, sem a ocorrência de depósitos de aluvião (**Anexos 9-10;24;26-29**).



Figura 5.4 - Localização dos sítios das sondagens na área de estudo.

A profundidade do encaixe do vale da ribeira de Alcântara é comparável à o vale do Esteiro da Baixa, que atinge os 46,6 m de espessura máxima (aluvião + aterro; Matildes *et al.*, 2011; Costa *et al.*, 2022), correspondendo ambos os vales a duas depressões geomorfológicas bem definidas, que recortam a margem norte do estuário do Tejo.

5.2 Modificações na margem estuarina do Tejo, junto a Alcântara, com base na análise de Cartografia Antiga

A zona do vale de Alcântara sofreu grande evolução geomorfológica desde o final do séc. XVI (**Fig. 4.12 a Fig. 4.21**), que resultam, essencialmente, de influência antrópica.

Do ponto de vista geomorfológico, a desembocadura da ribeira de Alcântara corresponde a uma baía delimitada na margem esquerda por uma arriba calcária e na margem direita por uma coluna. Na baía terá ocorrido a deposição de areias durante o Holocénico, como demonstrado pelo sedimento arenoso descrito nas sondagens geotécnicas e eventualmente ter-se-á formado uma praia, junto à base da arriba e da colina, cuja morfologia é ainda difícil de caracterizar. Até meados

do séc. XVIII este ambiente foi, pelo menos, alterado pela construção do moinho de maré e respetiva caldeira, que terá decorrido no século XVIII. O baluarte do forte militar e a doca do Sacramento são construídos em 1652 na praia que se desenvolve na margem esquerda da foz do vale, certamente contribuindo para uma alteração da dinâmica sedimentar na área.

Alterações que vieram transformar a dinâmica sedimentar, mudar o tipo de sedimento que se depositava, como pode ser observado na sondagem RRF20, isto é, nas diferenças de litologia entre a unidade sedimentar 1 para as unidades intermédias (2 e 3). Esta mudança ocorreu devido à transformação das condições de sedimentação, como tais: a exposição à ondulação do estuário ou a alteração da morfologia do litoral, bem como, o canal da ribeira de Alcântara rodear a caldeira.

No decorrer do século XVIII há uma nova transformação do vale de Alcântara, onde é construído o Palácio das Necessidades na margem direita da foz do vale e existem projetos de expansão urbana. Na segunda metade do século XVIII, a destruição provocada pelo sismo e tsunami de 1755, obrigaram à realização de novas intervenções na margem. O moinho de maré foi desativado nessa altura, não se sabendo ao certo, se terá sido destruído por estes eventos.

Na cartografia correspondente à primeira metade do séc. XIX, a ribeira de Alcântara surge canalizada no seu troço terminal, desembocando num troço de linha de costa ainda com a configuração de uma pequena baía. Junto ao canal surgem diversas construções. O local de ALC LT9 estava numa posição próxima da linha de costa, provavelmente intertidal, enquanto RRF20 se posicionava numa área supratidal (**Fig. 4.16**). Na qual se nota uma mudança por influência antrópica, contrastando com o séc. XVIII (onde existia uma caldeira), com a canalização do troço final da ribeira, as condições de sedimentação são afetadas, devido, possivelmente, a uma perda de capacidade de transporte de sedimento por parte da ribeira de Alcântara.

No início da segunda metade do séc. XIX, a construção de aterros fez avançar a linha de costa em direção ao rio. É construída uma doca junto ao local onde foi recolhida a sondagem ALC LT9 (**Fig. 4.19**), bem como o desenvolvimento urbano, com a construção de edifícios e campos agrícolas, alteram a morfologia do litoral da área de estudo.

No entanto, a área ainda mantém a morfologia de uma pequena baía, a qual só desaparece com a construção posterior de mais aterros para a construção da linha de comboio. Essas alterações finais vieram a definir o litoral da área de estudo, uma vez que totalmente alteraram as suas condições, que fizeram avançar a linha de costa em 391m para Sul, desde a posição da RRF20 até à linha de costa (**Fig. 4.22**).

5.3 Caso de Estudo – Unidades Sedimentares

5.3.1 Sondagem RRF20

Na tabela em baixo (**Tabela 5.1**), observa-se a progressão da descrição desde a realizada pela Geocontrole até à feita em laboratório, na qual verifica-se uma maior noção das características do sedimento, desde a litologia, presença de bioclastos, episódio de bioturbação, pedaços de carvão e cerâmica, etc.

Tabela 5.1 - Descrição da Análise da RRF.

Sondagem 2 (Geocontrolo)	Log de Campo	Descrição do Laboratório
Argila lodosa, saturada e mole, de cor cinzenta escura a preta	Uma alternância entre vasa e areia, com a presença abundante de conchas e seixos (basalto e calcário)	Uma alternância entre uma areia ligeiramente vasosa e uma areia vasosa, com a presença abundante de fragmentos de conchas, de conchas inteiras (gastrópodes e bivalves), algumas em posição de vida, episódio de bioturbação, seixos (basaltos e calcários), carvão e cerâmica

- **Unidades Sedimentares**

Com base nos resultados que foram obtidos para as unidades sedimentares desta sondagem, é possível retirar alguns dados e informações, que nos indicam detalhes sobre a RRF20.

O ambiente da unidade sedimentar US1 da RRF20 corresponde, assumindo que as condições fluviais similares às atuais, a uma zona sublitoral na margem de Alcântara do estuário do Tejo, uma vez que a amplitude da maré viva é de 3m (Taborda *et al.*, 2009), sendo que a profundidade das amostras varia entre 154 e 180cm. A deposição do material sedimentar terá sido numa época antes da ocupação romana e/ou ainda no período Romano, pelo facto de que esta unidade sedimentar estar subjacente à US2 da RRF20, onde foi identificado uma amostra do período Romano. A deposição foi de materiais arenosa comprovada pelos valores superiores a 63µm, mas, também, com os dados obtidos da granulometria, as condições do ambiente permitiram a deposição de areias e a suspensão de material mais fino. Nota-se a presença de fragmentos de conchas nesta unidade. Também, o ambiente desta unidade sedimentar é de um estuário, porque, nos dados da química orgânica, se observa carbono orgânico marinho (DOC marinho) e fluvial (algas de água doce e POC doce).

O ambiente da unidade sedimentar US2 da RRF20 caracteriza-se por ser, tendo por base que a condição fluvial se mantém semelhantes às de hoje, uma zona intertidal na margem de Alcântara do estuário do Tejo, porque a amplitude de maré viva é de 3m (Taborda *et al.*, 2009), e a profundidade desta unidade varia entre 125 e 156 cm. A deposição do material sedimentar ocorreu no período Romano, uma vez que é possível determinar isto, devido ao resultado da amostra datada ter um intervalo de 205 a 403 d. C., com uma mediana de 324 d.C. Os resultados das análises (peso superior a 63µm, teor de matéria orgânica e de CaCO₃) efetuadas demonstram que ocorreu uma variação do tipo de sedimentos que se depositava. Por fim, com base nos resultados da química orgânica, o ambiente é de um estuário devido ao carbono orgânico marinho (DOC marinho), fluvial (POC doce) e terrestre (plantas tipo C3), com um “outlayer” onde predomina as bactérias.

O ambiente da unidade sedimentar US3 da RRF20 é uma zona intertidal da margem de Alcântara do estuário do Tejo, porque a amplitude de maré viva é de 3m (Taborda *et al.*, 2009) e a profundidade é entre 30 e 125 cm. O material sedimentar que se depositou foi composto por vasa e areia em diferentes quantidades, devido às diferenças nos resultados obtidos para o peso superior a 63µm e na granulometria, teor de matéria orgânica e de CaCO₃. A partir dos dados obtidos da química orgânica, nesta unidade, o carbono orgânico tem uma maior influência fluvial do que terrestre.

O ambiente da unidade sedimentar US4 da RRF20 é uma zona intertidal da margem de Alcântara do estuário do Tejo, devido à profundidade das amostras e da amplitude da maré viva ser 3m (Taborda *et al.*, 2009). Nesta unidade, com base na construção de aterros em meados do século XIX, atribui-se o século XIX ao topo da unidade sedimentar 4. O material que se depositou foi vasoso, mais siltoso do que argiloso, com base nos valores obtidos na textura. Nesta unidade, observa-se um elevado conteúdo de matéria orgânica e um baixo valor de CaCO₃, comprovado pela pouca presença/ausência de fragmentos de conchas e conchas nas amostras. A partir dos dados obtidos da química orgânica, verifica-se que as amostras desta unidade, o carbono orgânico tem uma maior influência fluvial (DOC doce) e terrestre (plantas tipo C3).

Ao analisar e comparar as unidades sedimentares verifica-se duas situações:

- Um contraste entre o topo e a base da sondagem, em que onde a US1 é uma unidade arenosa, com baixo conteúdo de matéria orgânica e valores elevados para a calcimetria. Em contrapartida, a US4 é uma unidade vasosa, com alto conteúdo de matéria orgânica e baixo valor para a calcimetria. Onde a sondagem tem duas unidades intermédias (US2 e US3), que a litologia varia entre areia e vasa.
- Outro dado se prende com as unidades sedimentares 2 e 3, ao serem muito similares na sua variação de litologia, e resultados semelhantes obtidos nas análises efetuadas. Em mais concreto, os valores da US3 para a calcimetria serem maiores, todavia, os valores da US2 no teor de matéria orgânica são maiores. Isto de acordo com as características (presença de fragmentos de conchas/conchas e % de matéria orgânica), que se alteram nas amostras de cada unidade.

A evolução dos sedimentos ao longo da sondagem pode estar afetada pelas alterações morfológicas do litoral ao longo do tempo. A posição da RRF20 foi diferente ao longo do tempo no litoral de Alcântara, assim como o meio. Desde um litoral com praias naturais, à presença da caldeira de Alcântara, como à mudança de localização no litoral da RRF20 (**Fig. 4.16** e **Fig. 4.19**). Deste modo, alterando as condições nas quais se depositava o sedimento.

5.3.2 Alcântara Lote 9

De acordo com a identificação das unidades sedimentares, a unidade sedimentar 3 (US3) corresponde a uma praia, sobre a qual se construiu a doca de Alcântara, que se observa na cartografia de Folque, em 1856-58 (**Fig. 4.19**). A praia é constituída por sedimentos com as seguintes características: vasa pouco arenosa, vasa arenosa, até uma areia pouco vasosa, com uma fração grosseira desde 16 a 84%. Também, a matéria orgânica varia desde 1 a 11% e um teor em carbonato de cálcio desde 4 a 10%. Então, ocorrem duas populações distintas, ao nível da granulometria, em que, nas areias analisadas, são areias médias (93 a 96%), muito próximas do limite “fina”, sendo entre moderadamente calibradas a moderadamente bem calibradas.

Um dado de realçar, é que estes resultados obtidos são semelhantes às amostras analisadas da NARC de uma praia do período Romano (Costa *et al.*, 2018), em que são areias médias a finas, moderadamente calibradas a moderadamente bem calibradas. Também, ao realizar uma comparação com as amostras analisadas na zona do “gargalo” do rio Tejo (Freire *et al.*, 2007), as amostras analisadas da US3 tem, essencialmente, a mesma dimensão, só que, na calibração, as amostras analisadas no litoral da margem sul tem uma melhor calibração.

- **Unidades Sedimentares**

O ambiente da unidade sedimentar US1 da ALC LT9 corresponde, se as condições fluviais forem semelhantes às atuais, a uma zona sublitoral na margem de Alcântara do estuário do Tejo, porque a amplitude de maré viva é de 3m (Taborda *et al.*, 2009). A deposição de sedimento foi areias médias a grosseiras, dado os resultados do peso superior a 63µm, sendo superior a 99%, e a granulometria. Dado à profundidade, não houve nenhuma deposição de material fino, o que está evidenciado pelos valores próximos de zero do teor em matéria orgânica. Na descrição macroscópica, verifica-se a presença de fragmentos de conchas. Na identificação de conchas de *Panopea glycimeris* em posição de vida, permite ter mais características sobre esta unidade, uma vez que vivem em substrato arenoso.

O ambiente da unidade sedimentar US2 da ALC LT9 corresponde, assumindo que as condições fluviais similares às atuais, a uma zona intertidal a sublitoral, porque a amplitude de maré no estuário do Tejo ser de 3m (Taborda *et al.*, 2009) e a profundidade das amostras (entre -152,5 e -362cm NMM). A deposição de material foi de areias, de acordo com os resultados obtidos para a textura. A presença de fragmentos de conchas nas amostras, evidencia-se pelos valores registados para a CaCO₃ (entre 9,9 e 13,5%). O conteúdo de matéria orgânica é baixo, entre 0,4 e 2%.

O ambiente da unidade sedimentar US3 da ALC LT9 corresponde, tendo as mesmas condições fluviais às atuais, a uma zona intertidal, dada a amplitude de maré viva no estuário do Tejo ser de 3m (Taborda *et al.*, 2009). A deposição de sedimento foi de areias, essencialmente, com amostras de areias vasosas e vasa arenosa, isto demonstra as condições de sedimentação (profundidade, energia, alcance das ondas). Os valores registados para a CaCO₃ são elevados pela presença de fragmentos de conchas. O conteúdo em matéria orgânica advém da parte vasosa de cada amostra, variando entre 0,5 e 5%, sendo esses valores baixos a moderados.

O ambiente da unidade sedimentar US4 da ALC LT9 corresponde, assumindo as mesmas condições fluviais às atuais, a uma zona intertidal, por causa da amplitude de maré viva no estuário do Tejo ser de 3m (Taborda *et al.*, 2009). A deposição foi de material vasoso orgânico, com fragmentos de conchas/conchas e fragmentos de madeira e carvão. O que está evidenciado pelos valores elevado e muito elevados no teor em matéria orgânica, entre 6,5 e 30,6%, também, entre 1,6 e 7,9% para a CaCO₃.

A partir da análise efetuada às unidades sedimentares, verifica-se duas situações presentes:

- A presença de fragmentos de conchas e conchas são evidentes em todas as unidades sedimentares.
- O conteúdo em matéria orgânica é distinto nas unidades, em que para a US1 é nulo, na US2 é baixo, na US3 é baixo a moderado e, por fim, é elevado a muito elevado

na US4. Isto, pois, o material da US4 ser muito orgânico e para as restantes unidades ser um material arenoso.

A evolução dos sedimentos ao longo da sondagem pode estar afetada pelas alterações morfológicas do litoral ao longo do tempo. A posição da ALC LT9 foi sofrendo alteações ao longo do tempo (Fig. 4.16 e Fig. 4.19). Também, é relevante mencionar que a presença da caldeira de Alcântara e a construção da doca, vieram alterar as condições para o sedimento que se depositava.

5.4 Comparação com estudos de outros autores

- **Vs. Análise de praias estuarinas do estudo de Freire *et al.* (2007)**

Para breve contexto, as amostras analisadas do “Estuary” (estuário do Tejo) são de: Paços de Arcos, Algés, Cova do Vapor, Trafaria, Povo Brandão, Arrábida e Almada. As amostras analisadas do “Inner” (zona interna do estuário do Tejo) são de: Alfeite, Seixal, Santo André, Barreiro, Rosário, de Alcochete e da Base Aérea. Na figura 5.5, observa-se a localização das praias estuarina

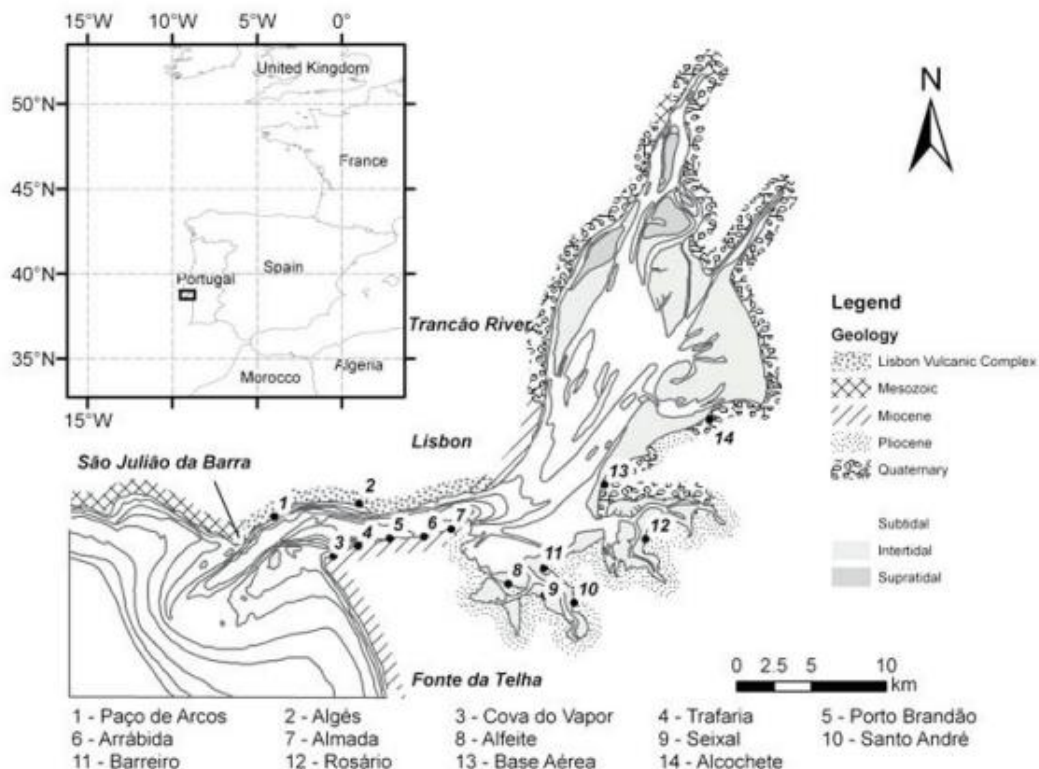


Figura 5.5 - Localização das praias estuarinas, com enquadramento geológico e geomorfológico (retirado do estudo de Freire *et al.* (2007)).

Na figura 5.6, observa-se a comparação entre os valores registados das amostras grosseiras da sondagem RRF20, com os resultados obtidos no trabalho de Freire *et al.* (2007).

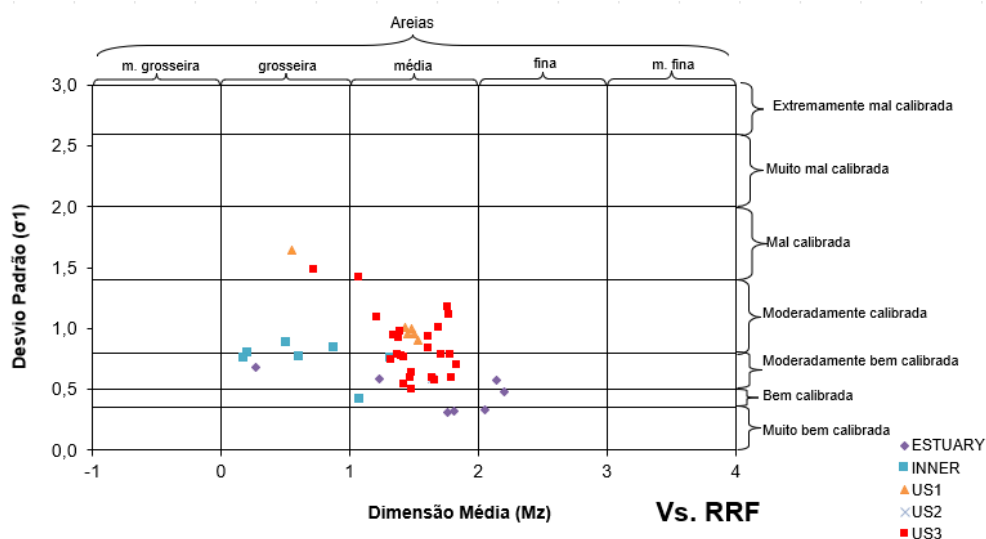


Figura 5.6 - Gráfico de comparação entre a RRF20 e praias recentes de Freire *et al.* (2007).

Ao analisar o gráfico, observa-se que a calibração das amostras da US3 da sondagem RRF20 têm valores semelhantes às amostras do “Inner”. Contudo, quando comparados para as do “Estuary”, verifica-se que as amostras têm uma melhor calibração.

Na dimensão média do sedimento, as amostras da sondagem RRF20, são, essencialmente, classificadas como areia média, o que contrasta com o observado para as amostras do “Inner” (mais grosseiras) e do “Estuary” (mais finas).

As semelhanças e diferenças observadas tanto para a calibração, como a dimensão do sedimento, nas amostras da sondagem RRF20 e do trabalho de Freire *et al.* (2007), podem ser explicadas pela localização no estuário do Tejo. Isto, pois, as condições podem diferir tanto na exposição à ondulação presente no estuário e/ou à seleção do sedimento. Assim como, as diferentes localizações, implicam formações geológicas distintas, o que, depois, terá um peso na dimensão do sedimento, bem como na sua calibração.

No gráfico (**Fig. 5.7**), observa-se a comparação entre os valores registados das amostras grosseiras da ALC LT9, com os resultados obtidos no trabalho de Freire *et al.* (2007).

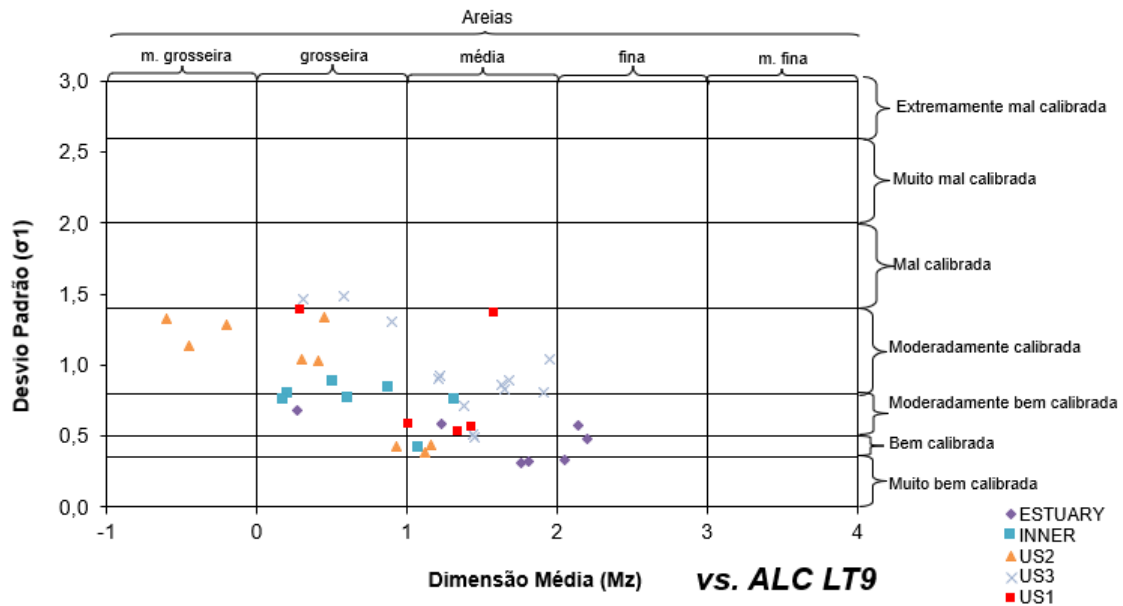


Figura 5.7 - Gráfico de comparação entre a ALC LT9 e “praias recentes” de Freire *et al.* (2007).

Ao analisar o gráfico (**Fig. 5.7**), se observa que as amostras das US2 e US3, em comparação com as do “Inner”, têm uma dimensão diferente. Na US2, são mais grosseiras e para a US3 são mais finas. Na calibração, as amostras do “Inner” têm uma melhor calibração, quando em comparação às das US2 e das US3. Para a US1, para a maioria das suas amostras, tem uma dimensão e calibração semelhante às do “Estuary”, com a exceção de duas amostras, que tem uma pior calibração.

As diferenças verificadas para a dimensão média e para a calibração entre as amostras advém do facto que tem condições de sedimentação distintas, e, pelo facto de terem localizações distintas, terem unidades geológicas diferentes.

- **Vs. Análise de praias estuarinas do estudo de Costa *et al.* (2018)**

A localização das amostras analisadas (“NARC”, “Criptopórtico” e “BPLX”) por Costa *et al.* (2018) está representada na figura 5.8.



Figura 5.8 - Localização do caso de estudo de Costa *et al.* (2018).

Uma outra comparação entre as amostras da sondagem RRF20 com as do trabalho de Costa *et al.* (2018), que são praias fluvio-estuarinas do período Romano na maioria, e do período da idade do Ferro (Fig. 5.9).

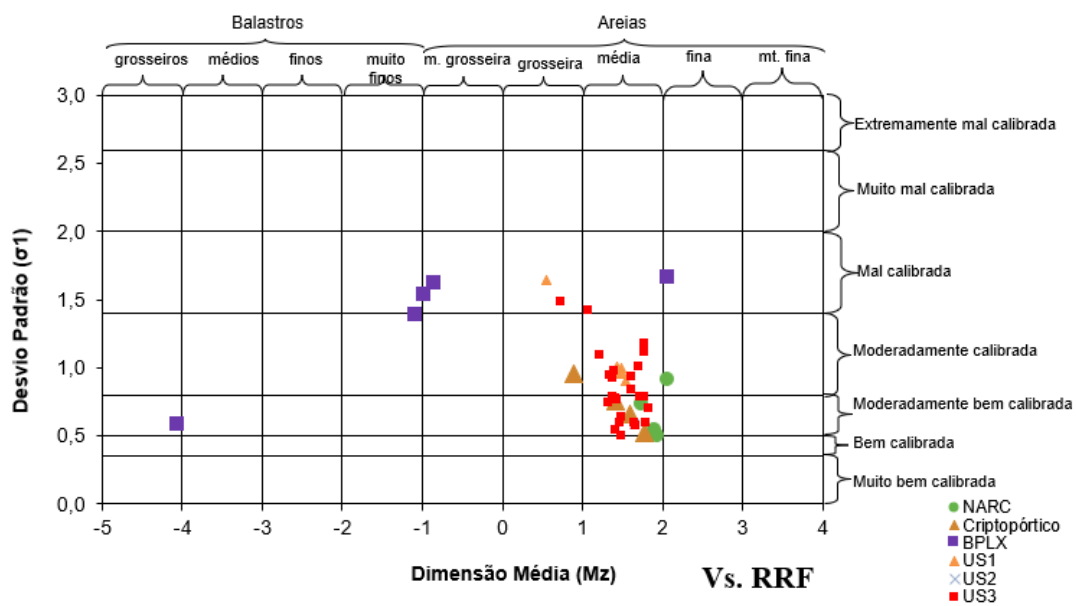


Figura 5.9 - Gráfico de comparação entre a RRF20 e “praias antigas” de Costa *et al.* (2018).

O resultado que se verifica nesta comparação, as amostras da sondagem RRF20, tanto para a dimensão média, como para a calibração, são semelhantes às do NARC e do Criptopórtico, como se pode observar na figura 5.10. Porém, as amostras da “BPLX” são muito distintas, tanto na dimensão do sedimento, como na calibração, uma vez que são mais grosseiras e tem uma classificação pior na calibração. Na qual se verifica que a diferença de valores entre as amostras da RRF20 e da BPLX, revelam que terão formações geológicas distintas. Mas, também, sujeitas a condições diferentes, uma vez que no trabalho de Costa *et al.* (2018), observa-se que tem um enquadramento arqueológico do período Romano, ao invés da sondagem RRF20 (desde o período Romano até ao século XIX).

No gráfico (Fig. 5.10), se compara as amostras de estudo da ALC LT9, com as “praias antigas” do trabalho de Costa *et al.* (2018).

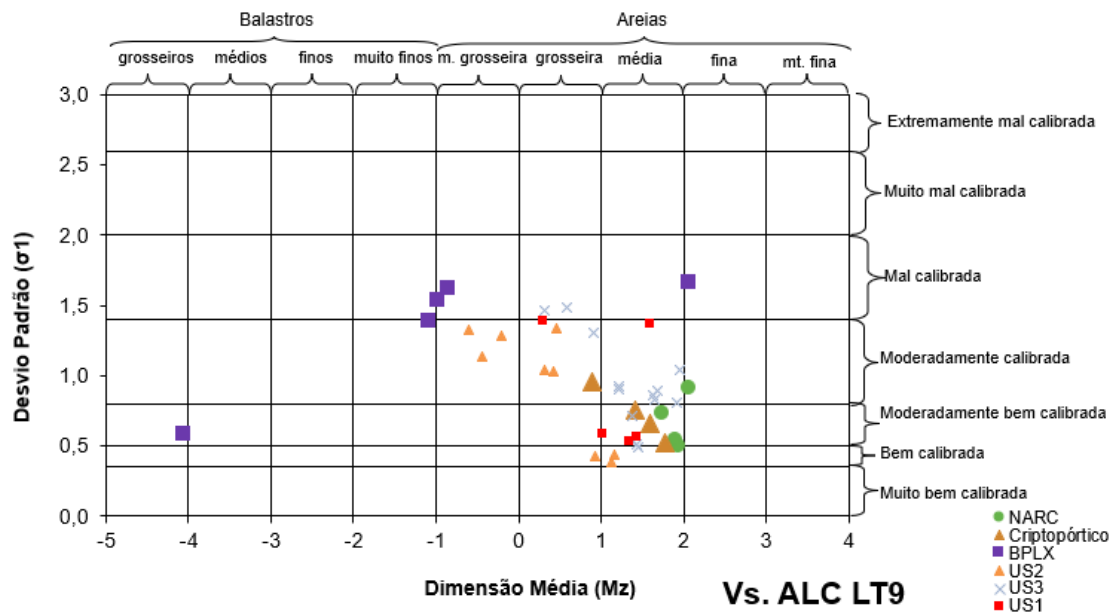


Figura 5.10 - Gráfico de comparação entre a ALC LT9 e “praias antigas” de Costa *et al.* (2018).

Ao comparar com as “praias antigas” do trabalho de Costa *et al.* (2018), observa-se que existem amostras das US1, US2 e US3 que tem características semelhantes às do “NARC” e do “Criptopórtico”. Contudo, também, tem amostras mais grosseiras e mais mal calibradas.

- **Vs. Análise morfométrica dos balastros da praia da Cruz Quebrada**

Na figura 5.11, está representado o gráfico do índice de rolamento vs. índice de achatamento de Cailleux, da comparação das amostras de balastros da praia de Cruz Quebrada contra as amostras de balastros da ALC LT9 PB3. Na figura 5.12, o gráfico demonstra o índice oblato-prolato vs. índice de esfericidade de Sneed & Folk, da comparação das amostras dos balastros da praia da Cruz Quebrada vs. a amostra de balastros da ALC LT9 PB3.

Na figura 5.13, está representado o gráfico do índice de rolamento vs. índice de achatamento de Cailleux, da comparação das amostras de balastros da praia de Cruz Quebrada contra as amostras de balastros da ALC LT9 PB4. Na figura 5.14, o gráfico demonstra o índice oblato-prolato vs. índice de esfericidade de Sneed & Folk, da comparação das amostras dos balastros da praia da Cruz Quebrada vs. a amostra de balastros da ALC LT9 PB4.

Gráfico de Intercorrelação - Rolamento vs. Achatamento

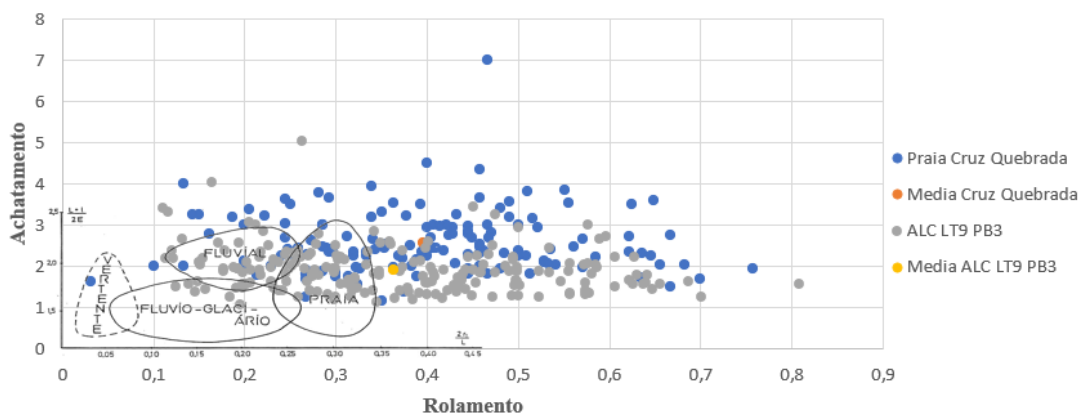


Figura 5.12 - Índice de rolamento vs. índice de achatamento de Cailleux da amostra de balastros da praia da Cruz Quebrada vs. ALC LT9 PB3 (adaptado de Carvalho, 1968). O ponto laranja representa o valor médio das amostras da praia Cruz Quebrada e o ponto amarelo representa o valor médio da ALC LT9 PB3.

Gráfico de Intercorrelação - OP vs. Esfericidade

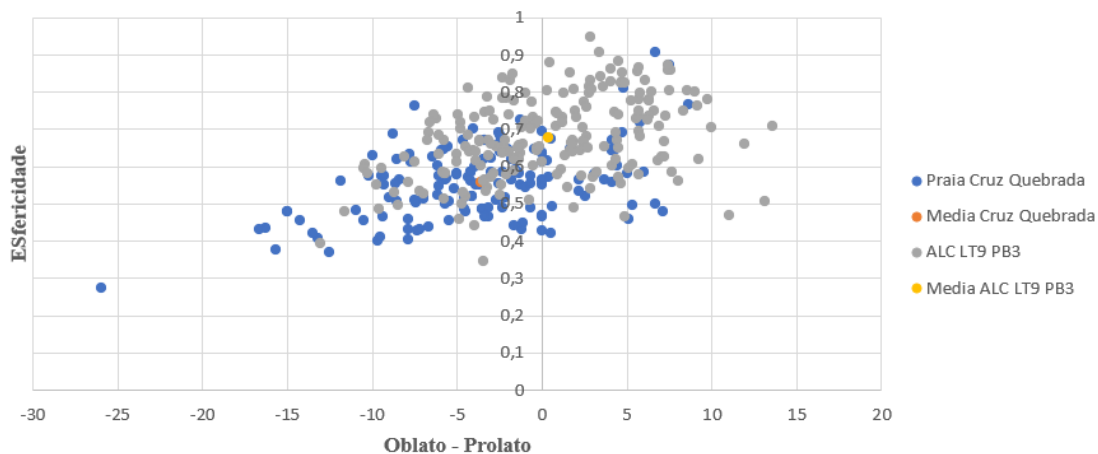


Figura 5.11 - Índice oblato-prolato vs. índice de esfericidade de Sneed & Folk das amostras da praia da Cruz Quebrada vs. ALC LT9 PB3. O ponto laranja representa o valor médio da praia Cruz Quebrada e o ponto amarelo representa o valor médio da ALC LT9 PB3.

Gráfico de Intercorrelação - Rolamento vs. Achatamento

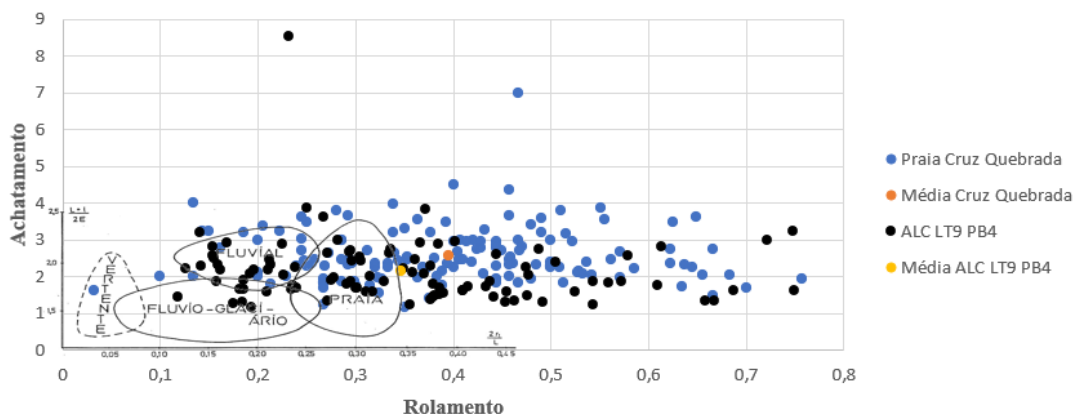


Figura 5.13 - Índice de rolamento vs. índice de achatamento de Cailleux da amostra de balastros da praia da Cruz Quebrada vs. ALC LT9 PB4 (adaptado de Carvalho, 1968). O ponto laranja representa o valor médio das amostras da praia Cruz Quebrada e o ponto amarelo representa o valor médio da ALC LT9 PB4.

Gráfico de Intercorrelação - OP vs. Esfericidade

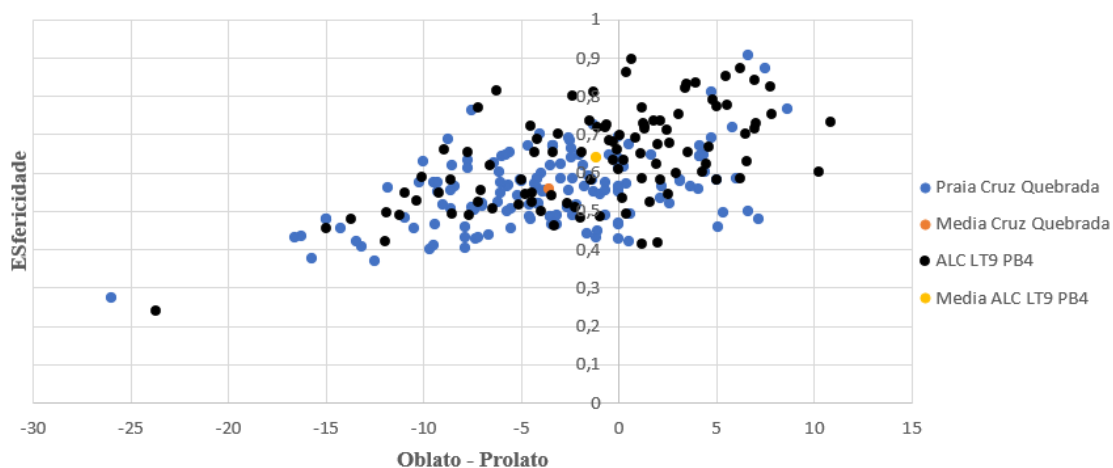


Figura 5.14 - Índice oblato-prolato vs. índice de esfericidade de Sneed & Folk das amostras da praia da Cruz Quebrada vs. ALC LT9 PB4. O ponto laranja representa o valor médio da praia Cruz Quebrada e o ponto amarelo representa o valor médio da ALC LT9 PB4.

Na Tabela 5.2, está representado em percentagem as litologias das amostras de balastros analisadas da praia da Cruz Quebrada, onde se nota que existem duas litologias que compõem essencialmente a litologia dos balastros, nomeadamente, basalto (52,03%) e calcário (45,27%). Na Tabela 5.3, está representado em percentagem, a distribuição da análise balastros pela forma.

Tabela 5.2 - Litologias dos balastros da praia da Cruz Quebrada.

Litologia	%
Arenito	0,68
Basaltos	52,03
Calcários	45,27
Conglomerado	0,68
Granito	0,68
Xisto	0,68

Tabela 5.3 - Valores do Índice de forma de Zingg da amostra da praia da Cruz Quebrada.

Discoidais	Esféricos	Laminares	Blastonados	Razão de geometricidade
76,35%	2,03%	18,24%	3,38%	0,057

Os resultados obtidos para as amostras de balastros analisadas quando comparados com os que são da praia da Cruz Quebrada, se evidencia o seguinte:

Para a amostra ALC LT9 Perfil B 3, no índice de rolamento vs. índice achatamento de Cailleux, verifica-se que, apesar de ambos terem balastros de ambiente de praia maioritariamente e fluviais, os balastros da praia da Cruz Quebrada tem uma maior expressão dos de ambiente de praia. Isto é visível nos valores do índice de rolamento (ALC LT9 PB3 -> 0,36; Cruz Quebrada -> 0,4) e do índice de achatamento (ALC LT9 PB3 -> 1,93; Cruz Quebrada -> 2,58).

No que diz respeito ao índice oblato-prolato vs. índice de esfericidade de Sneed & Folk, a distribuição é semelhante nos balastros da ALC LT9 PB3, todavia tem uma maior expressão os balastros de ambiente de praia na amostra de balastros da praia da Cruz Quebrada. Os valores registados para o índice oblato-prolato são distintos (ALC LT9 PB3 -> 0,36; Cruz Quebrada -> -3,6) e no índice da esfericidade, o mesmo se regista (ALC LT9 PB3 -> 0,67; Cruz Quebrada -> 0,56). Na litologia dos balastros, a amostra da ALC LT9 PB3 é constituída por, essencialmente, balastros de basalto (86,21%), o que difere da praia da Cruz Quebrada com duas populações, basalto (52,03%) e calcário (45,27%). Na forma dos balastros, verifica-se um valor muito elevado (76,35%) de balastros discoidais na praia da Cruz Quebrada do que a ALC LT9 PB3 (41%). Também os valores da razão da geometricidade são muito distintos.

Para a amostra ALC LT9 Perfil B 4, no índice rolamento vs. índice achatamento de Cailleux, observa-se que os resultados são semelhantes, com balastros de ambiente fluvial e de praia (maioritariamente), com a média a estar assinalada no campo dos balastros de ambiente de praia. Os valores registados comprovam a semelhança das amostras, no índice de rolamento (ALC LT9 PB4 -> 0,35; Cruz Quebrada -> 0,4) e no índice de achatamento (ALC LT9 PB4 -> 2,15; Cruz Quebrada -> 2,58). No índice oblato-prolato vs. índice de esfericidade de Sneed & Folk, as amostras têm características semelhantes, mas a da praia da Cruz Quebrada tem uma maior expressão de balastros de ambiente de praia. Os valores obtidos demonstram este facto, no índice oblato-prolato (ALC LT9 PB4 -> -1,11; Cruz Quebrada -> -3,6), e no índice de esfericidade (ALC LT9 -> 0,64; Cruz Quebrada -> 0,56).

A litologia dos balastros é distinta nas amostras, uma vez que a ALC LT9 tem uma maior preponderância de balastros de basalto (69%) do que de calcário (28%), mas a da praia da Cruz Quebrada tem duas populações similares (basalto (52,03%) e calcário (45,27%)). Na forma dos balastros, observa-se uma diferença nos valores de balastros discoidais: de 76,35% para a praia

da Cruz Quebrada, e de 46% para a ALC LT9 PB3. Também os valores da razão da geometricidade são muito distintos.

Ao analisar os resultados, verifica-se o seguinte: que os valores registados para a ALC LT9 PB4 são mais semelhantes aos da praia da Cruz Quebrada, do que a ALC LT9 PB3. As diferenças observadas nos valores, quer nos índices (rolamento, achatamento, oblato-prolato e esfericidade), quer na litologia são o resultado da localização ser distinta nas amostras. O que reflete nas % das litologias de balastros, mas, também, pelo facto de a praia da Cruz Quebrada estar numa zona do “gargalo do Tejo” mais externa, sujeita a uma maior ondulação, ao invés de Alcântara, numa zona mais interna do “gargalo do Tejo”, estando deste modo mais protegida.

6. Conclusões

O objetivo geral deste trabalho consistiu na compreensão da evolução ambiental da margem direita do Tejo, em Alcântara, no município de Lisboa. Assim, deste modo foram estabelecidos objetivos mais específicos, a fim de determinar os passos necessários efetuar, que são os seguintes:

- A caracterização paleoambiental e paleomorfológica da margem, em diversos períodos arqueológicos e históricos e a sua evolução durante o Holocénico;
- A identificação da influência antrópica na evolução natural da margem;
- A identificação da ou das fontes de alimentação sedimentar.

De acordo com os objetivos deste trabalho e a partir dos resultados obtidos, podem ser retiradas diversas conclusões.

Com base na bibliografia consultada, conclui-se que as margens do estuário do Tejo tiveram uma ocupação antrópica intensa, com a construção, implantação e desenvolvimento da cidade de Lisboa, desde a idade do Ferro até a atualidade (Costa *et al.*, 2020). Após o período Romano, verificou-se um avanço artificial da linha de costa em direção ao estuário, com a construção sucessiva de aterros.

Com base na cartografia antiga e na arqueologia, conclui-se que a zona de Alcântara teve um impacto antrópico ao longo do tempo importante na sua evolução, com a construção de edificado e de estruturas diversas, bem como a canalização da ribeira de Alcântara. Em termos cronológicos, verifica-se a presença de praias naturais, pomares e edificado (ponte de Alcântara, moinho de Alcântara, convento) no final do séc. XVI e início do séc. XVII. Em seguida, a construção de docas, edifícios, a canalização da ribeira de Alcântara e outras estruturas, vieram a alterar a morfologia natural da zona de Alcântara. Por fim, em 1910 até à atualidade, houve uma alteração significativa da zona, com a construção de aterros para a linha férrea e com o aumento da ocupação antrópica.

Através da localização dos sítios do caso de estudo e da área de drenagem da ribeira de Alcântara foram identificadas como fontes de alimentação sedimentar o Complexo Vulcânico de Lisboa-Mafra e os calcários do Cenomaniano. Uma análise às características dos sedimentos das sondagens RRF20 e ALC LT9, permite observar que o material que se depositava foi sofrendo alterações, uma vez que se alteravam as condições do meio (profundidade, energia, forma e posição da linha de costa).

Na sondagem RRF20 identificaram-se quatro unidades sedimentares. A US1 corresponde a um ambiente subtidal, anterior ao período Romano, onde se depositou areia pouco vasosa, com valores baixos de matéria orgânica, valores elevados de CaCO_3 , devido à presença de fragmentos de conchas e onde a matéria orgânica provém de material marinho (DOC marinho) e fluvial (algas de água doce e POC doce). A US2 corresponde a um ambiente intertidal, do período Romano (amostra datada ter um intervalo de 205 a 403 d. C., com uma mediana de 324 d.C.), onde se depositou areia alternando com vasa, com valores moderados a elevados de matéria orgânica e de CaCO_3 , e onde a matéria orgânica provém de material orgânico marinho (DOC marinho), fluvial (POC doce) e terrestre (plantas do tipo C3). A US3 corresponde a um ambiente também intertidal, alternando as areias e as vasas, com conteúdo em matéria orgânica baixo a moderado e valores moderados a elevados de CaCO_3 , e onde a matéria orgânica provém de duas origens, as plantas

terrestres do tipo C3 e material orgânico fluvial (DOC doce, algas de água doce e POC doce) e bactérias. A US4 corresponde a um ambiente intertidal, a que se atribuiu uma idade do século XIX ao topo devido à construção de aterros, onde se depositaram vasas pouco arenosas e vasas arenosas, com um conteúdo em matéria orgânica moderado a elevado e valores de CaCO₃ moderados e onde a matéria orgânica provém de material fluvial (DOC doce) e terrestre (plantas do tipo C3). Quando comparados os resultados granulométricos das areias com os da bibliografia (Freire *et al.*, 2007), verifica-se que na sondagem RRF20, as amostras quanto à dimensão média são distintas das “praias recentes” (mais grosseiras – “Inner”, mais finas – “Estuary”), e na calibração, as amostras da US3 são semelhantes às do “Inner”. Quando comparados com as “praias antigas”, as amostras são semelhantes às do NARC e do Criptopórtico, na dimensão e na calibração.

Em ALC LT9 identificaram-se quatro unidades sedimentares. A US1 corresponde a um ambiente subtidal, onde se depositaram areias, sem matéria orgânica, com valores moderados a elevados de CaCO₃ devido à presença de fragmentos de conchas e, onde se registou a presença de conchas de *Panopea glycymeris* em posição de vida. A US2 corresponde a uma zona intertidal a subtidal, onde se depositaram areias, com elevados valores de CaCO₃ devido à presença de fragmentos de conchas e um baixo conteúdo em matéria orgânica. A análise morfométrica dos balastros existentes nesta unidade, permitiu concluir que na amostra ALC LT9 PB3, os balastros possuem maioritariamente características de praia e fluviais. Os balastros são essencialmente basaltos com forma discoidal predominante. Na amostra ALC LT9 PB4, os balastros têm características de ambiente de praia mais do que de fluvial. Na litologia, verifica-se uma maior expressão dos balastros de basalto, e na forma, uma maior predominância dos balastros discoidais. Em comparação com balastros recolhidos na praia da Cruz Quebrada (localizada numa zona mais externa do “gargalo do estuário do Tejo”, sujeita a uma maior ondulação, o que seleciona os balastros), é a amostra ALC LT9 PB4 que é mais similar, embora ocorram diferenças nos parâmetros analisados (litologia, índices de esfericidade, achatamento e forma). Também a proporção de balastros de calcário é superior na praia da Cruz Quebrada. A US3 corresponde a uma zona intertidal, onde se depositaram areias alternando com vasas, com um conteúdo em matéria orgânica baixo a moderado e CaCO₃, com valores moderados a elevados. A US4 corresponde a uma zona intertidal, onde se depositaram vasas com algum material da dimensão da areia correspondente a restos de troncos de árvore e plantas. Os valores do teor em matéria orgânica, demonstram que as amostras desta unidade têm um conteúdo moderado a muito elevado e para o CaCO₃, os valores são baixos a elevados. A comparação dos resultados granulométricos obtidos neste trabalho com a publicação de Freire *et al.* (2007), as amostras da US2 e US3 são de dimensão diferente e com uma melhor calibração que as “praias recentes”. As da US1 têm uma dimensão e calibração semelhante às do “Estuary”. Quanto à comparação com as “praias antigas”, as amostras das unidades US1, US2 e US3 têm características semelhantes às do NARC e Criptopórtico.

7. Bibliografia

- Andrade, C., Freitas, M., Miranda, J. (2003). Recognizing possible tsunami sediments in the ultradissipative environment of the Tagus estuary (Portugal), in: Davis, R.A., Sallenger, A., Howd, P. (Eds.), Coastal Sediments' 03 - The 5th International Symposium on Coastal Engineering and Science of Coastal Sediments Processes. CD-ROM (ISBN: 978-981-238-422-5 CD), Clearwater Beach, Florida, pp. 1–14.
- Bettencourt, A., Gomes, V., Dias, A., Ferreira, G., Silva, M.C., Costa, L. (2003). Estuários Portugueses. Direção dos Serviços de Planeamento, Instituto da Água, Ministério das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente, Lisboa. 311 pp.
- Blott, S.J. & Pye, K. (2001). GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms* 26, pp 1237-1248.
- Born, I. Von. (1778). Index rerum naturalium Musei Cæsarei Vindobonensis. Pars I.ma. Testacea. Verzeichniß der natürlichen Seltenheiten des k. k. Naturalien Cabinets zu Wien. Erster Theil. Schalthiere. [1-40], 1-458, [1-82].
- Cachão, M., Freitas, M.C., Guerra, A. (2020). Lisboa Romana Felicitas Iulia Olisipo - O território e a memória. pp 1-156.
- Cachão, M., Freitas, M.C., Marques da Silva, C. (2020). Uma cidade com os pés bem assentes na terra. In: Lisboa Romana, Felicitas Iulia Olisipo, Território e Memória, Edit. Caleidoscópio: pp 13-20.
- Cailleux, A. (1947). Granulométric des formations à galets. La Géologie des Terrains Réents dans l' Quest de l' Europe. Session extradinaire de Société Géologie Belge, 1946.
- Christensen, B.T. (1992). Physical Fractionation of Soil and Organic Matter in Primary Particle Size and Density Separates. *Advances in Soil Science*. pp 1-90
- Costa, A.M., Freitas, M.C., Lopes, V., Bugalhão, J., Cascalho, J., Andrade, C., Rocha, A. (2018). As praias fluvio-estuarinas da Idade de Ferro e Período Romano da Baixa de Lisboa, Portugal. 18p.

Costa, A.M., Freitas, M.C., Bugalhão, J., Cachão, M., Currás, A. (2020). O mar de Olísipo. In: Lisboa Romana, Felicitas Iulia Olísipo, Território e Memória, Edit. Caleidoscópio: pp 21-40.

Costa, A.M., Freitas, M.C., Bugalhão, J., Fonseca, C., Lopes, V, Pinto, C. (2022). Paisagens submersas do porto de Olisipo. Revista do Museu de Lisboa – Teatro Romano. Scaena. pp 176.

Cristina Castel-Branco (2011). Necessidades: Jardins e Cerca: Livros Horizonte. 182pp.

Dobkins, J.E., Folk, R.L. (1970). Shape development of Tahiti-Nui. J. Sediment Petrol 40: 1167-1203.

Eosolve (2012). – Relatório geológico-geotécnico do Centro de Artes – Belém, Lisboa, 41p.

Filipe, I., Fabião, C. (2006). Uma unidade de produção de preparados de peixe de época romana na Casa do Governador da Torre de Belém (Lisboa).

Flemming, B. W. (2000). A revised textural classification of gravel-free muddy sediments on the basis ternary diagrams. In: Continental Shelf Research, n. 20, pp. 1125-1137.

Freire, P. (1999). Evolução morfo-sedimentar de margens estuarinas (estuário do Tejo, Portugal). Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

Freire, P., Taborda, R., Silva, A.M. (2007). Sedimentary Characterization of Tagus Estuarine Beaches (Portugal). A contribution to the sediment budget assessment. J Soils Sediments 7 (5), pp 296-302.

Geocontrole (2013) – Estudo geológico-geotécnico da Ponte Pedonal do Centro de Artes da EDP, Lisboa, 25 p. + Anexos.

Geocontrole (2017) – Estudo geológico-geotécnico da Residência de Estudantes na Travessa Artur Lamas, Lisboa, 19 p. + Anexos.

Geocontrole (2018) – Estudo geológico-geotécnico do Edifício na Rua Rodrigues-Faria, 53-57. Lisboa, 17 p. + Anexos.

Geocontrole (2018) – Estudo geológico-geotécnico da Ampliação do Edifício Champalimaud Center, Lisboa, 22 p. + Anexos.

- Geocontrole (2019) – Estudo geológico-geotécnico da Alcântara Lofts, Lisboa, 17 p. + Anexos.
- Geotest (2014) – Relatório do estudo geológico-geotécnico do Quarteirão na Zona Ocidental do Bom Sucesso, Pedrouços – Lisboa, 17 p. + Anexos.
- Geotest (2016) – Estudo geológico-geotécnico da Residências Assistidas, R. Praia do Bom Sucesso-Belém-Lisboa, 31 p. + Anexos.
- Geotest (2020) – Relatório do estudo geológico-geotécnico do Dispensário de Alcântara – Lisboa, 23 p. + Anexos.
- Geosolve (2012) – Relatório geológico-geotécnico do Centro de Artes – Belém, Lisboa, 41 p. + Anexos.
- Lamb, A. L., Graham, P. W., Melanie, J. L. (2006). A review of coastal paleoclimate and relative sea-level reconstructions using $\delta^{13}\text{C}$ and C/N ratios in organic material. *Earth-Science Reviews* 75, pp 29-57.
- Loureiro, J. M. (2009). Rio Tejo, As Grandes Cheias 1800-2007. ARH do Tejo, I.P. p.82.
- Matildes, R., Almeida, I., Taborda, R., Marques, F. (2011). The contribution of GeoSIS_Lx database and geoscientific information system to the reconstruction of Lisbon's coastline. *Journal of Coastal Research*. 5 pp.
- Mota-Engil (2015) – Relatório da Prospeção Geotécnica do Hospital da CUF de Alcântara, Lisboa, 42 p. + Anexos.
- Oliveira, R. (1967). Contribuição para o estudo do Estuário do Tejo. Memória nº296. Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Ministério das Obras Públicas. 61pp.
- Pais, J., Moniz, C., Cabral, J., Cardoso, J.L., Legoinha, P., Machado, S., Morais, M.A., Lourenço, C., Ribeiro, M.L., Falé, P. (2006). Notícia explicativa da folha 34-D Lisboa. Carta Geológica de Portugal na escala 1/50000. Departamento de Geologia. Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, Lisboa, 59 p.
- Ramsey, C. B., Turney, C., Hogg, A. (2009). Bayesian Evaluation of the Southern Hemisphere Radiocarbon Offset during the Holocene. *Radiocarbon*, Volume 51, Issue 4, pp. 1165-1176.

Reimer, P. J., Austin, W. E. N., Bard, E., Bayliss, A., Blackwell, P. G., Ramsey, C. B., Butzin, M., Cheng, H., Edwards, L. R., Friedrich, M., Grootes, P. M., Guilderson, T. P., Hajdas, I., Heaton, T. J., Hogg, A. G., Hughen, K. A., Kromer, B., Manning, S. W., Muscheler, R., Palmer, J. G., Pearson, C., van der Plicht, J., Reimer, R. W., Richards, D. A., Scott, E. M., Southon, J. R., Turney, C. S. M., Wacker, L., Adolphi, F., Büntgen, U., Capano, M., Fahrni, S. M., Fogtmann-Schulz, A., Friedrich, R., Köhler, P., Kudsk, S., Miyake, F., Olsen, J., Reinig, F., Sakamoto, M., Sookdeo, A., Talamo, S. (2020). The IntCal20 Northern Hemisphere Radiocarbon Age Calibration Curve (0-55 cal kBP). *Radiocarbon*, Volume 62, Issue 4: IntCal20: Calibration Issue, pp. 725-757.

Ribeiro, A., Antunes, M.T, Ferreira, M.P., Rocha, R.B., Soares, A.F.m Zbyszewsky, G., Moitinho de Almeida, F., Carvalho, D., Monteiro, J.H. (1979). *Introduction à la géologie générale du Portugal*. Serviços Geológicos de Portugal. 114p.

Scotti, G., Antioco, S., Chemello, R. (2011). Finding of a living population of *Panopea glycimeris* (Von Born, 1778) (Bivalvia; Hiatellidae) in Eastern Sicily (Mediterranean Sea). *Journal of Biological Research-Thessaloniki*. 15: pp 1-154.

Silveira, A. (2017). Alcântara: um moinho de maré medieval no termo de Lisboa (séculos XIII a XVIII). *Cadernos do Arquivo Municipal*. pp. 55-84.

Sneed, E.D., Folk, R.E. (1958) Pebbles in the lower Colorado River, Texas: a study of particle morphogenesis. *J Geol* 66: pp 114–150.

Taborda, R., Freie, P., Silva, A. (2009). Origin and evolution of Tagus estuarine beaches. *J. Coast. Res.* 56. pp 213-217.

Wentworth, C.K. (1919). A laboratory and field study of cobble abrasion. *The Journal of Geology*, 27: pp 507-521.

Zervas, D., Nichols, G.J., Hall, R., Smyth, H.R., Lüthje, C., Murtagh, F. (2009). SedLog: a shareware program for drawing graphic logs and log data manipulation. *Computers & Geosciences* 35: pp 2151-2159.

8. Webgrafia

<https://www.lisboa.pt/cidade/ambiente/estuario-do-tejo>

[Portal do Arqueólogo \(patrimoniocultural.pt\)](#)

<https://arqueologia.patrimoniocultural.pt>

<https://lisboainterativa.cm-lisboa.pt>

<http://arqueologia.patrimoniocultural.pt/index.php?sid=sitios&subsid=3452378>

<http://arqueologia.patrimoniocultural/index.php?sid=subsid=3384587>

<http://arqueologia.patrimoniocultural.pt/index.php?sid=sitios&subsid=174400>

<http://patrimoniocultural.cm-lisboa.pt/lxconventos/ficha.aspx?t=i&id=579&lang=pt>

<http://patrimoniocultural.cm-lisboa.pt/lxconventos/ficha.aspx?t=i&id=578&lang=pt>

<https://ams.uottawa.ca/analytical-methods-radiocarbon-laboratory/#1592922514456-5b7d255b-f175>

[Radiocarbon Laboratory – AEL AMS Laboratory Home Page \(uottawa.ca\)](#)

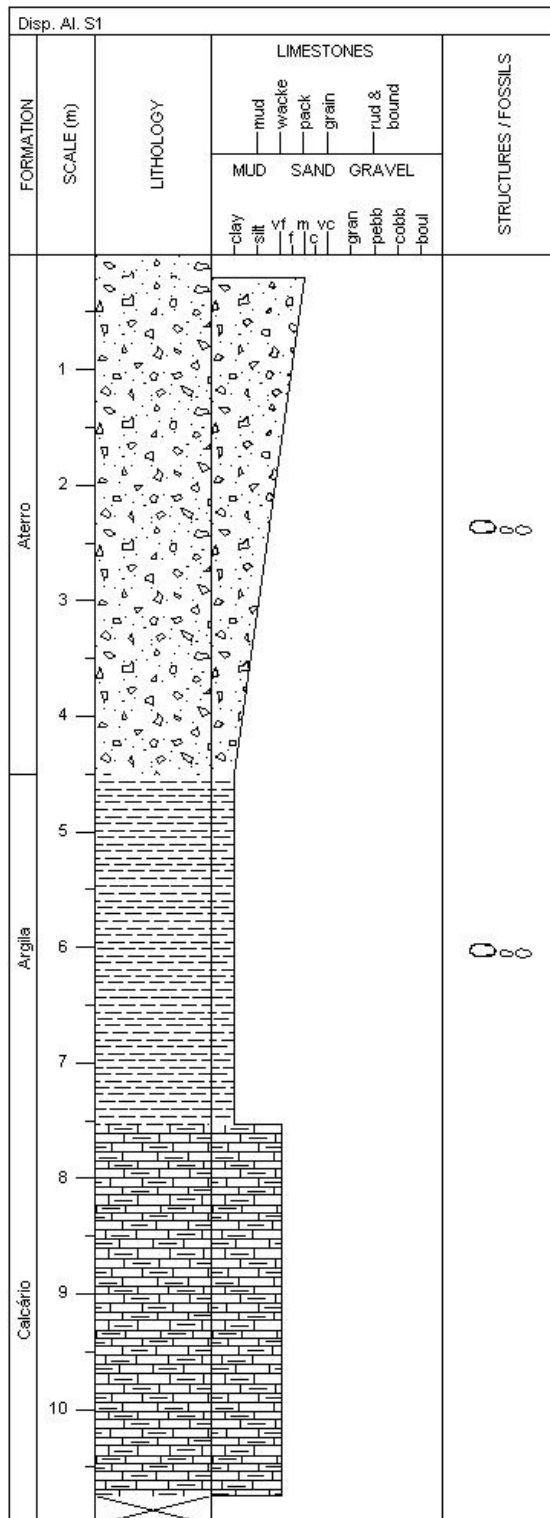
[Histórias com História: A PONTE DE ALCÂNTARA \(historiaschistoria.blogspot.com\)](#)

[Descoberta doca do século XVII nas obras do Hospital CUF, em Alcântara | Lisboa | PÚBLICO \(publico.pt\)](#)

[Lx Risk - Programa da Conferência \(cm-lisboa.pt\)](#)

9. Anexos

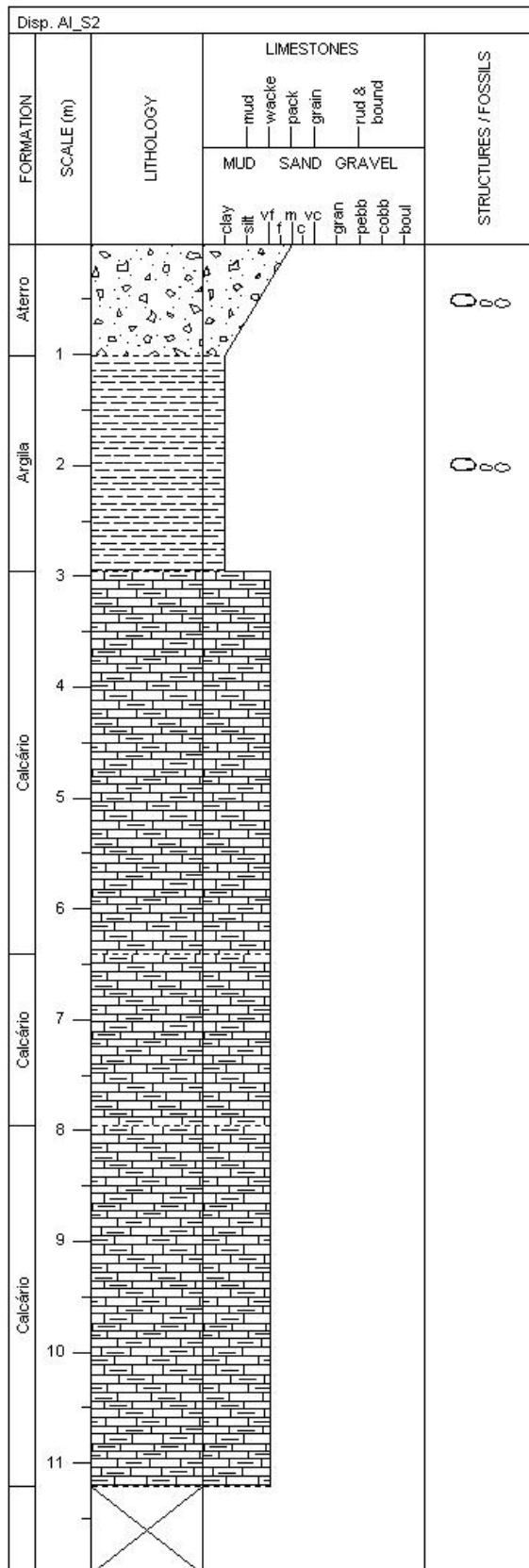
Anexo 1 - Log da sondagem 1 do Dispensário de Alcântara, efetuado em Sedlog a partir dos dados da Geotest (2020).



O log da S1 com um comprimento de 10,75m, de três unidades: 4,5m de Aterro, 3,03m de Aluvião e, por fim, 3,22m de Cretácico.

O Aterro é constituído por um aterro argiloso, com alguma componente argilosa, de tom acastanhado, com fragmentos de calcário e basalto de pequena dimensão. A Aluvião é composta por uma argila, de tom acastanhado, com várias tonalidades, com abundantes fragmentos e blocos de calcário. O Cretácico é constituído por um calcário fossilífero de tom esbranquiçado, com várias tonalidades, muito fraturado e muito a medianamente alterado, com passagens decompostas e fraturas preenchidas por argila.

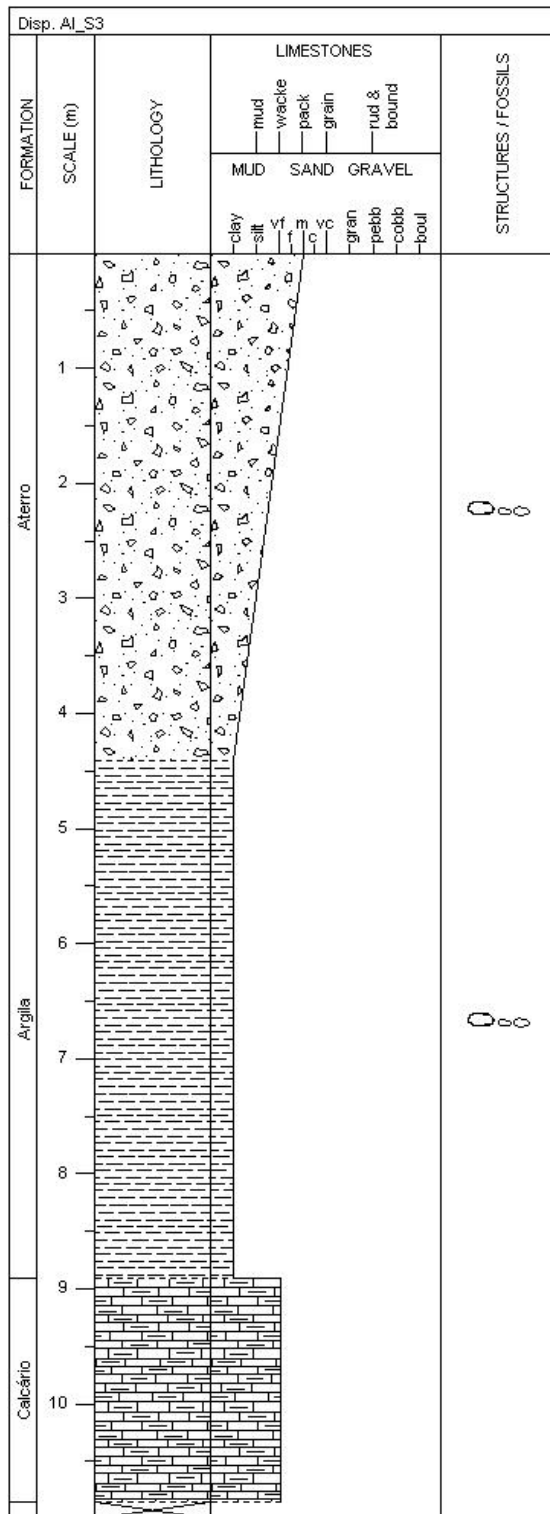
Anexo 2 – Log da sondagem 2 do Dispensário de Alcântara, efetuado em Sedlog a partir dos dados da Geotest (2020).



O log da S2 tem um comprimento de 11,2m, sendo constituído por três unidades: 1m de Aterro, 1,95 de Aluvião e 8,25m de Cretácico.

O Aterro é constituído por uma pedra de calçada de 5cm sobre um aterro argilo-arenoso, de tom acastanhado, com fragmentos de calcário e basalto. A Aluvião é composta por uma argila margosa, de tom amarelo-acastanhado, com abundantes fragmentos de calcário. O Cretácico é constituído por um calcário fossilífero, que em regra, se encontra muito a medianamente alterado e muito fraturado e por um calcário esbranquiçado, medianamente a muito alterado.

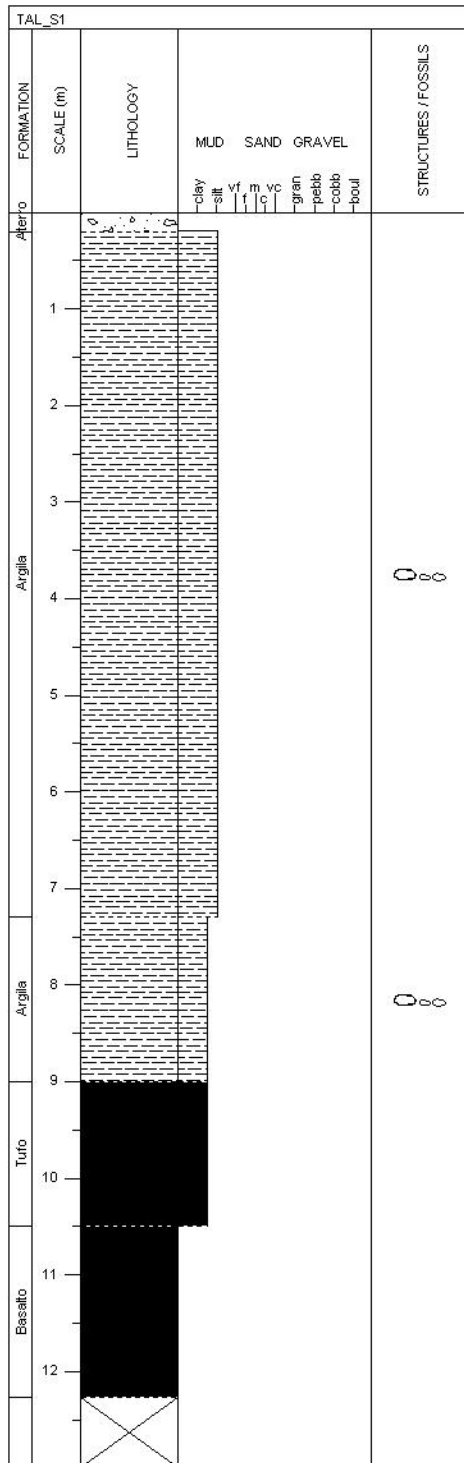
Anexo 3 – Log da sondagem 3 do Dispensário de Alcântara, efetuado em Sedlog a partir dos dados da Geotest (2020).



O log da S3 tem um comprimento de 10,85m, com três unidades: 4,40m de Aterro, 4,5m de Aluvião e 1,95m de Cretácico.

O Aterro é constituído por um pavimento em betão de 10cm e um aterro argilo-arenoso, de tom acastanhado a castanho-alaranjado, com fragmentos de calcário. A Aluvião é composta por uma argila margosa, de tom esbranquiçado a esbranquiçado-alaranjado, com abundantes blocos e fragmentos de calcário. O Cretácico é composto por um calcário fossilífero, de tom esverdeado, com algumas tonalidades, muito fraturado, muito a medianamente alterado, que por vezes está decomposto, com fraturas preenchidas por argilas amareladas.

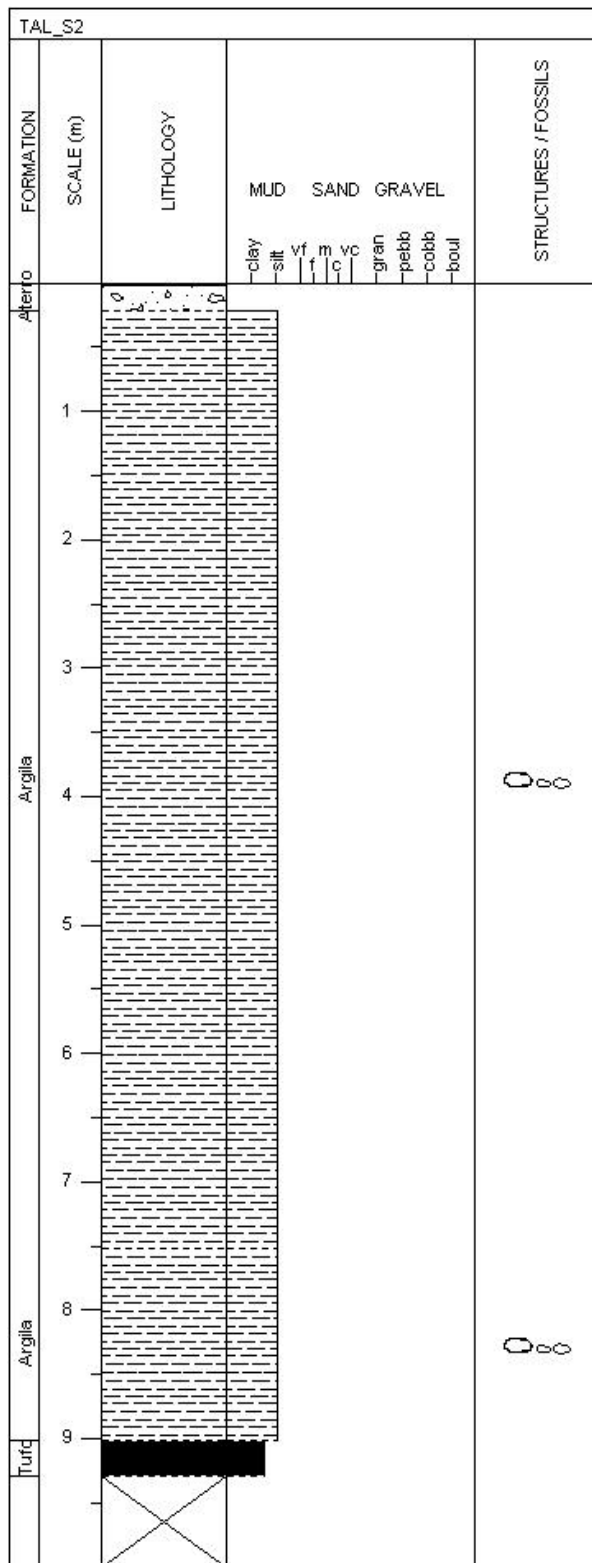
Anexo 4 - Log da sondagem 1 da Travessa Artur Lamas, efetuado em Sedlog a partir dos dados da Geocontrole (2017).



O log da S1 tem um comprimento de 12,27m, constituído por três unidades: 0,2m de Aterro, 8,8m de Aluvião e, por fim, 3,27m de Complexo Vulcânico de Lisboa-Mafra.

O Aterro é composto por um pavimento de betão de 20cm. A Aluvião é constituída por uma argila siltosa, com fragmentos de basalto, que pode ter fragmentos de calcário. Também, difere a sua tonalidade, bem como, pode ser muito descomprimida ou dura a muito dura. O CVLM é constituído por um tufo basáltico, silto-argiloso, rijo, de cor vermelha e por um basalto que é muito alterado e extremamente fraturado, com passagens muito fraturadas, sem constituição de testemunho de sondagem, de cor cinzenta-alaranjada.

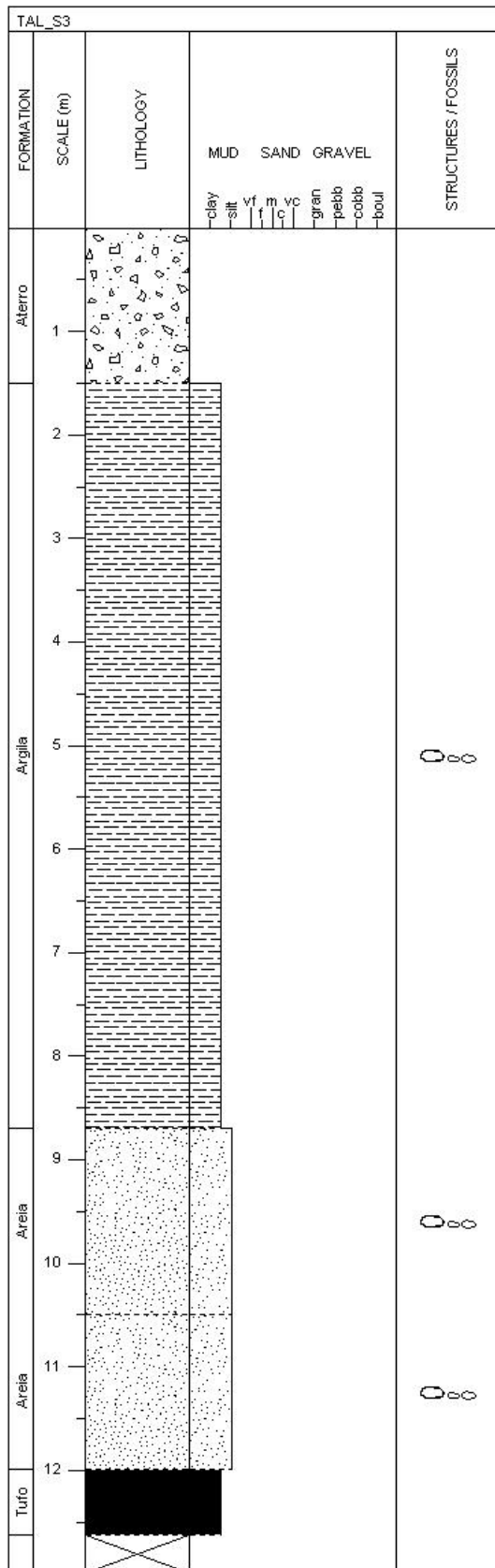
Anexo 5 – Log da sondagem 2 da Travessa Artur Lamas, efetuado em Sedlog a partir dos dados da Geocontrole (2017).



O log da S2 tem um comprimento de 13,77m, onde tem três unidades: 0,5m de Aterro, 9,8m de Aluvião e 3,47m de Complexo Vulcânico de Lisboa-Mafra.

O Aterro é composto por entulho de construção. A Aluvião é constituída por uma argila siltosa, com fragmentos de calcário e basalto, que à medida que a profundidade aumenta, passa de muito descomprimida a muito dura. O CVLM é composto por tufos basálticos, silto-argilosos, com fragmentos de basalto, rijos, de cor cinzenta acastanhada.

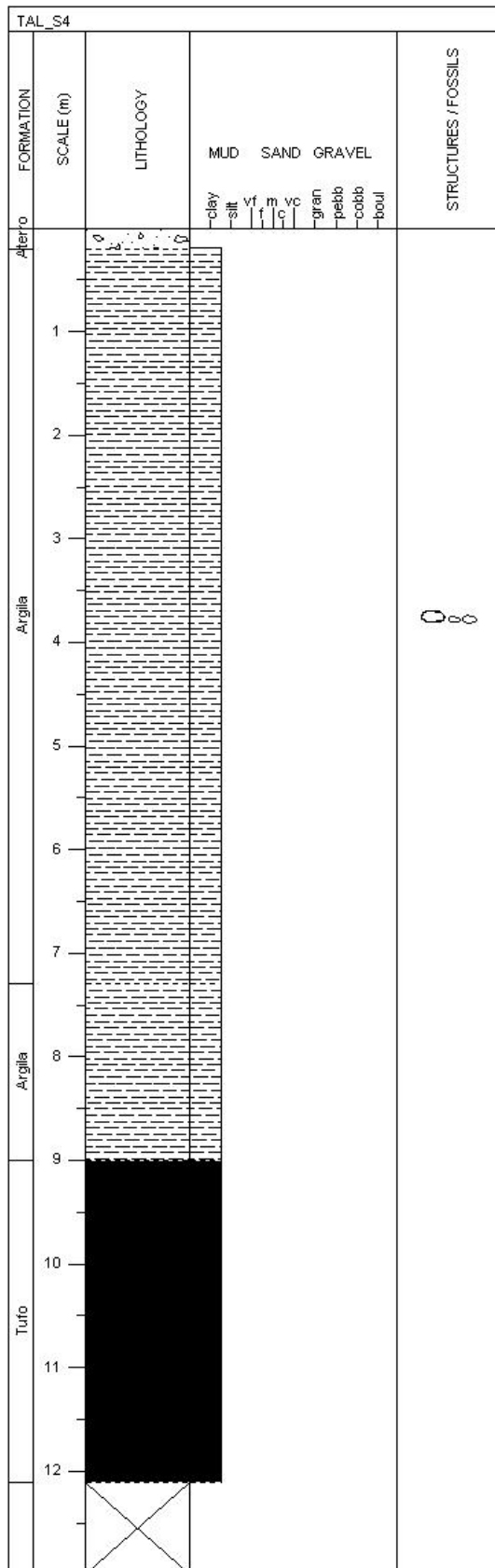
Anexo 6 - Log da sondagem 3 da Travessa Artur Lamas, efetuado em Sedlog a partir dos dados da Geocontrole (2017).



O log da S3 tem um comprimento de 13,63m, com três unidades: 1,5m de Aterro, 10,5m de Aluvião e 1,63m de Complexo Vulcânico de Lisboa-Mafra.

O Aterro é composto por entulho de construção. A Aluvião é constituída por argila siltosa com seixos dispersos, que passa de muito descomprimida a de consistência media em profundidade. Em profundidade, passa para uma areia siltosa, com seixos finos dispersos, de consistência média e cor anegrada. O CVLM é composto por tufos basálticos, silto-argilosos, com fragmentos de basalto, rijos, de cor vermelha.

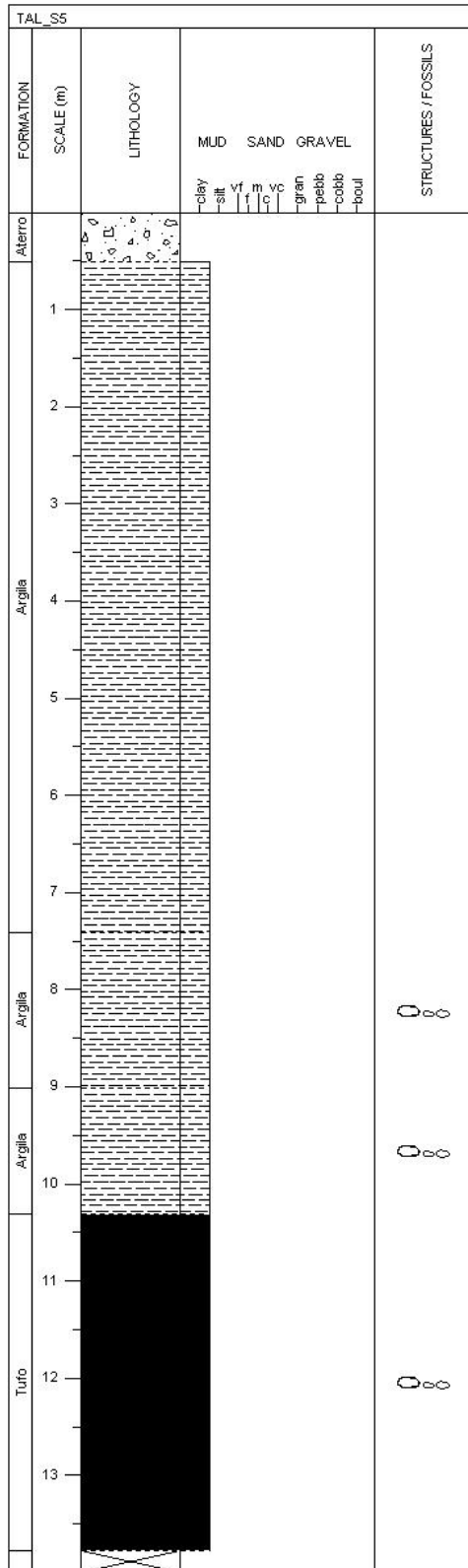
Anexo 7 – Log da sondagem 4 da Travessa Artur Lamas, efetuado em Sedlog a partir dos dados da Geocontrole (2017).



O log da S4 tem um comprimento de 12,11m, com três unidades: 0,2m de Aterro, 8,8m de Aluvião e 3,11m de Complexo Vulcânico de Lisboa-Mafra.

O Aterro é composto por pavimento de 20cm. A Aluvião é constituída por uma argila siltosa, com seixos e calhaus de calcário persistentes, muito descomprimida que passa a uma argila siltosa, com seixo disperso e fragmentos de basalto, dura e negra. O CVLM é composto por tufos basálticos, silto-argilosos e rijos.

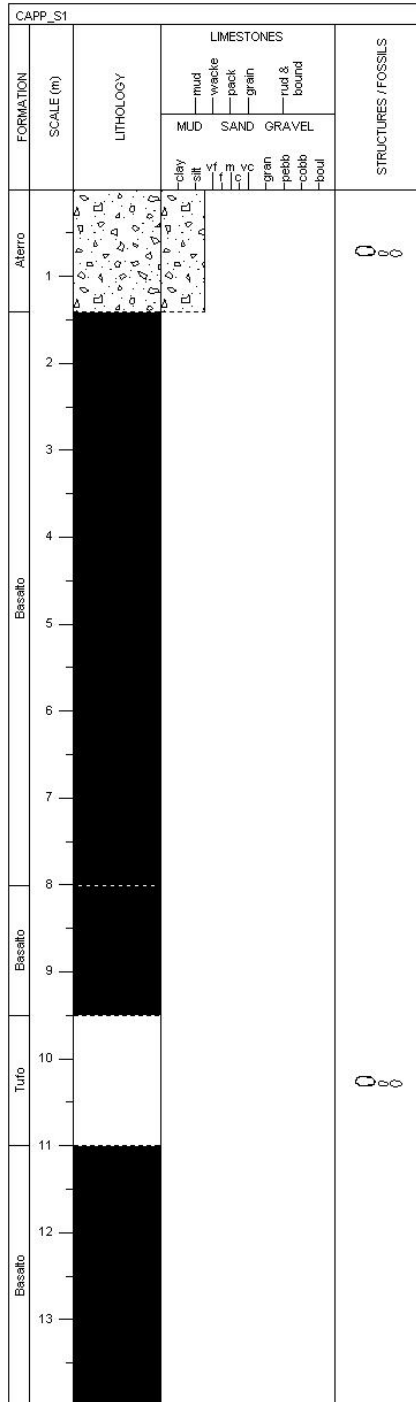
Anexo 8 – Log da sondagem 5 da Travessa Artur Lamas, efetuado em Sedlog a partir dos dados da Geocontrole (2017).



O log da S5 tem um comprimento de 13,77m, com três unidades: 0,5m de Aterro, 9,8m de Aluvião e, por fim, 3,47m de Complexo Vulcânico de Lisboa-Mafra.

O Aterro é composto de entulho de construção. A Aluvião é constituída por uma argila siltosa, com fragmentos de calcário e basalto, de cor castanha escura e descomprimida, em que, em profundidade passa a uma argila siltosa, com seixo de calibre variado, dura e anegrada. O CVLM é composto por tufos basálticos, silto-argilosos, rijos e de cor cinzenta acastanhada.

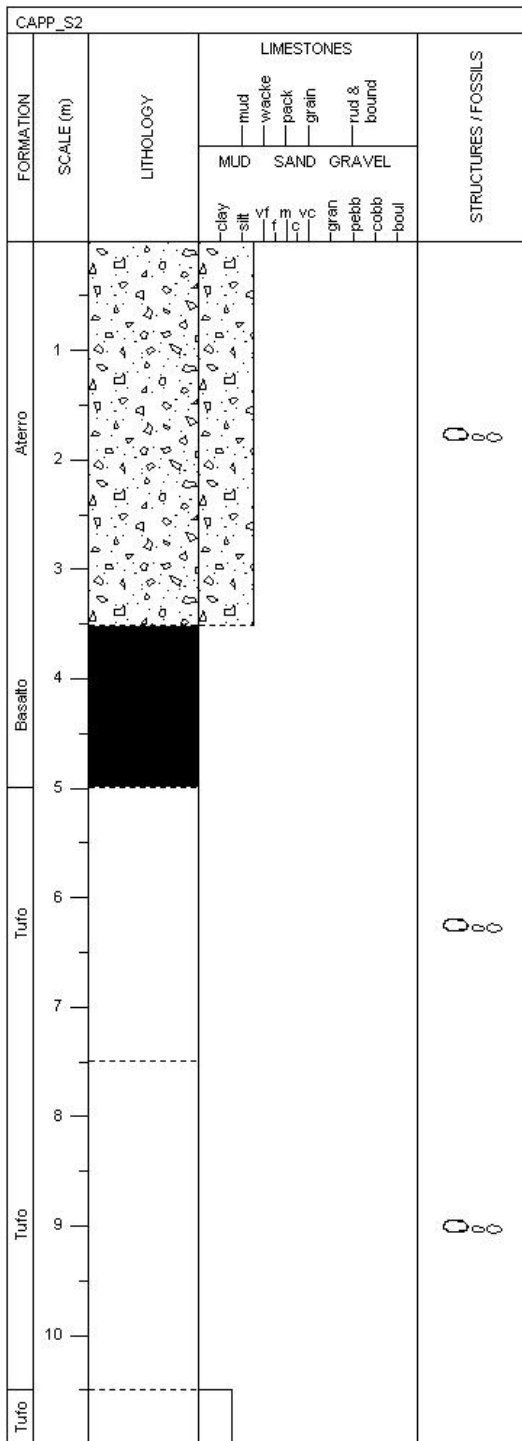
Anexo 9 – Log da sondagem 1 da ponte pedonal do Centro de Artes EDP, efetuado em SedLog a partir dos dados da Geocontrole (2013).



O log da S1 tem um comprimento de 14m, com duas unidades: 1,4m de Aterro e 12,60m de Complexo Vulcânico de Lisboa-Mafra.

O Aterro é heterogéneo, areno-siltoso, com fragmentos de cerâmica dispersos, castanhos escuros. O CVLM é composto por, do topo para a base, um basalto muito degradado e muito fraturado, com passagens a tufos basálticos a um basalto lávico medianamente alterado a muito fraturado, com passagens fragmentáveis. Em seguida, vem um tufo vulcânico brechóide, muito consolidado, com uma matriz piroclástica, de cor vermelha. Por fim, um basalto lávico, medianamente alterado e muito fraturado, de cor cinzenta, com enclaves de tufos brechóides.

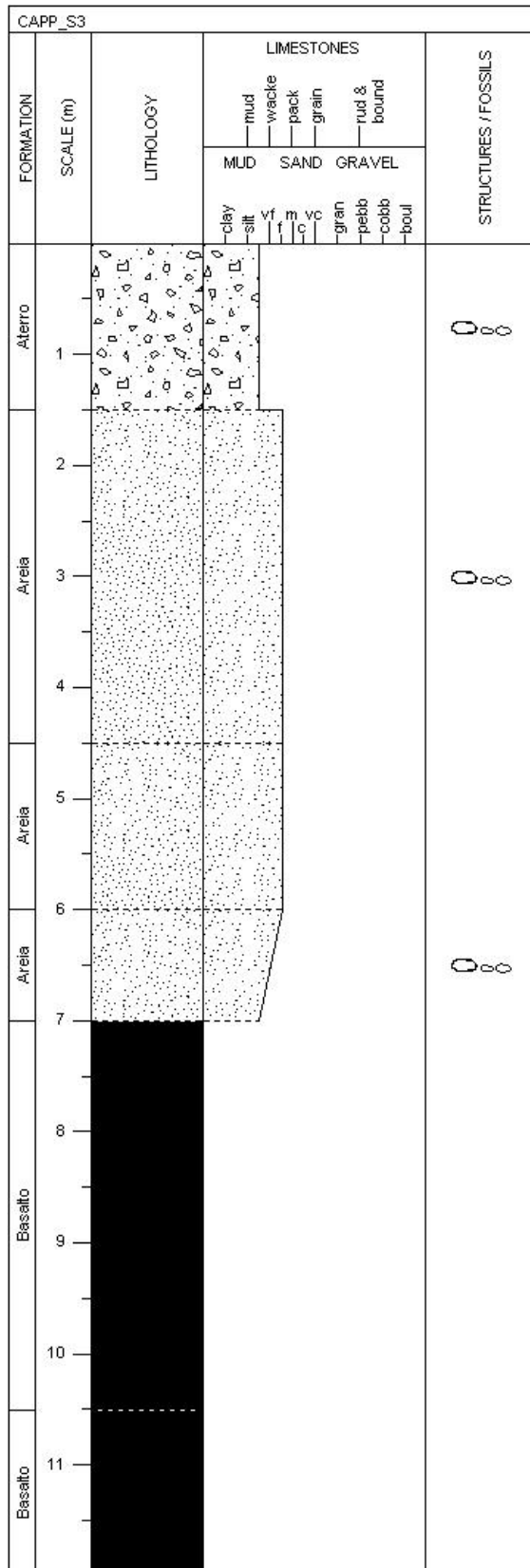
Anexo 10 – Log da sondagem 2 da ponte pedonal do Centro de Artes EDP, efetuado em SedLog a partir dos dados da Geocontrole (2013).



O log da S2 tem um comprimento de 11m, com duas unidades: 3,5m de Aterro e 7,5m de Complexo Vulcânico de Lisboa-Mafra.

O Aterro é heterogéneo, areno-siltoso e pedregoso, com fragmentos de cerâmica dispersos, castanhos e cinzentos. O CVLM é composto por, do topo para a base, um basalto lávico, pouco alterado e muito fraturado, de cor cinzenta escura, com passagens fragmentáveis no topo a um tufo vulcânico brechóide, fortemente consolidado, com uma matriz piroclástica de cor vermelha, com fragmentos basálticos. Em seguida, vem um tufo vulcânico consolidado, arroxeadado, com abundantes fragmentos basálticos cinzentos, amígdalas calcíticas esbranquiçadas e passagens brechóides. Por fim, um tufo vulcano-sedimentar “finos”, silto-argiloso, muito consolidado, de cor vermelha “borra-de-vinho”.

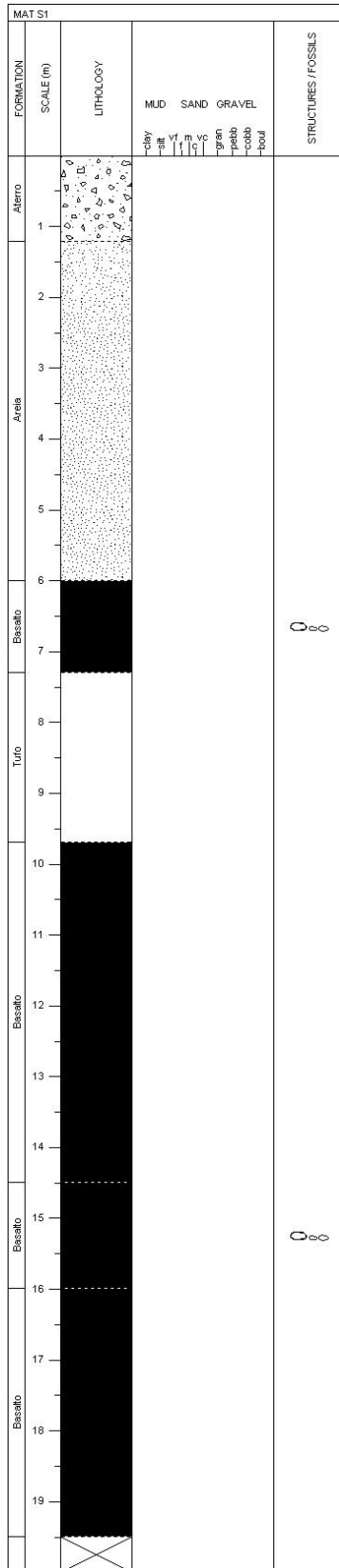
Anexo 11 – Log da sondagem 3 da ponte pedonal do Centro de Artes EDP, efetuado em SedLog a partir dos dados da Geocontrole (2013).



O log da S3 tem um comprimento de 12m, com três unidades: 1,5m de Aterro, 5,5m de Aluvião e 5m de Complexo Vulcânico de Lisboa-Mafra.

O Aterro é constituído por uma areia siltosa, com restos de cerâmica e restos vegetais dispersos, de cor castanha. A Aluvião é composta, do topo para a base, por uma areia fina, de cor amarela, com seixos miúdos rolados dispersos e restos conquíferos frequentes a uma areia fina, lodosa, de cor cinzenta amarelada, com leitões e níveis de lodo cinzentos e moles. Por fim, uma areia fina, levemente siltosa e algo lodosa, com seixo e calhau silicioso rolado e restos conquíferos frequentes cinzentos. O CVLM é composto por um basalto medianamente a muito alterado e intensamente fraturado, muito fragmentável, de cor cinzenta, que passa a um basalto pouco alterado e muito fraturado, compacto, de cor cinzenta acastanhada, com diaclases sub-horizontais de faces sub-rugosas.

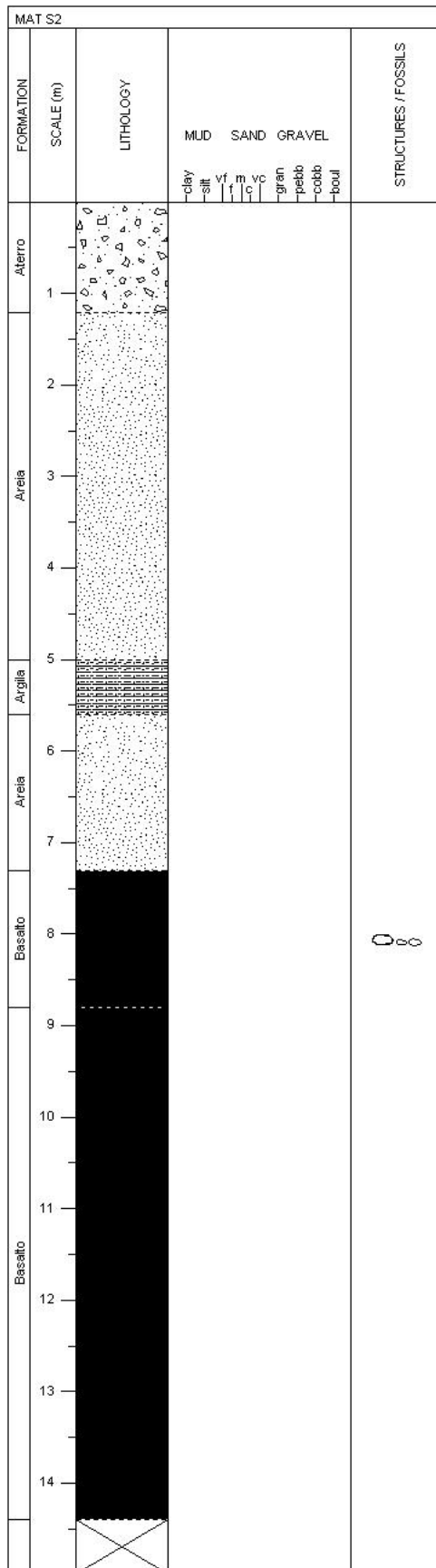
Anexo 12 – Log da sondagem 1 do Centro de Artes (MAAT), efetuado em Sedlog a partir dos dados da Eosolve (2012).



O log da S1 tem um comprimento de 19,50m, com três unidades: 1,2m de Aterro, 4,8m de Aluvião e 13,5m de Complexo Vulcânico de Lisboa-Mafra.

O Aterro é composto por: terra vegetal, escória e fragmentos líticos. A Aluvião é constituída por areia. O CVLM é composto por uma alternância de fragmentos basálticos, tufo vulcânico

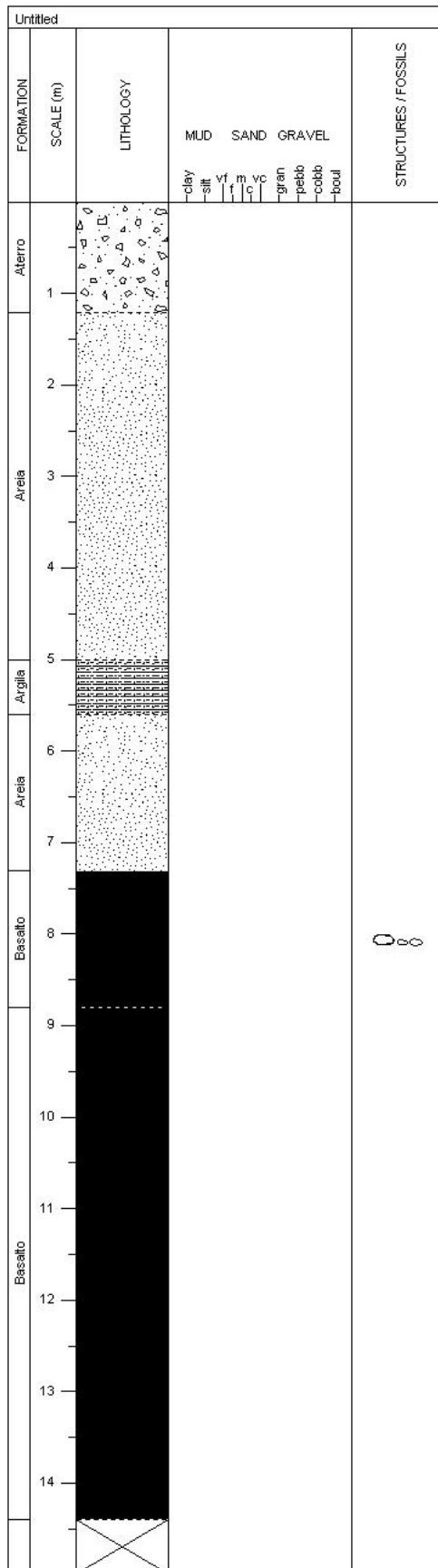
Anexo 13 – Log da sondagem 2 do Centro de Artes (MAAT), efetuado em Sedlog a partir dos dados da Eosolve (2012).



O log da S2 tem um comprimento de 14,4m, com três unidades: 1,2m de Aterro, 6,1m de Aluvião e 7,1m de Complexo Vulcânico de Lisboa-Mafra.

O Aterro é constituído por escória. A Aluvião é composta, do topo para a base, por: areia, argila e areia. O CVLM é composto por: fragmentos basálticos e basalto.

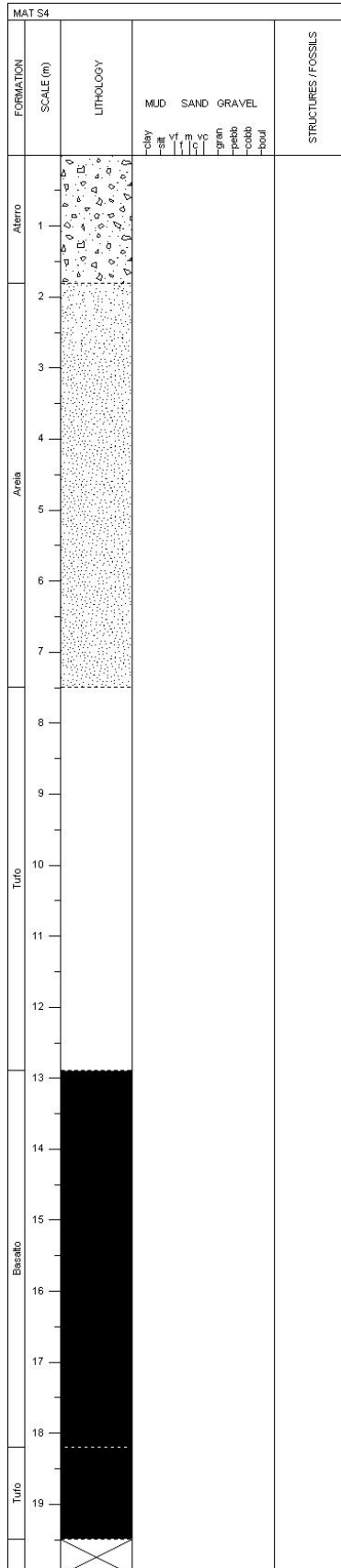
Anexo 14 – Log da sondagem 3 do Centro de Artes (MAAT), efetuado em Sedlog a partir dos dados da Eosolve (2012).



O log da S3 tem um comprimento de 14,4m, com três unidades: 1,2m de Aterro, 6,1m de Aluvião e 7,1m de Complexo Vulcânico de Lisboa-Mafra.

O Aterro é constituído por escória. A Aluvião é composta, do topo para a base, por: areia, argila e areia. O CVLM é composto por: fragmentos basálticos e basalto.

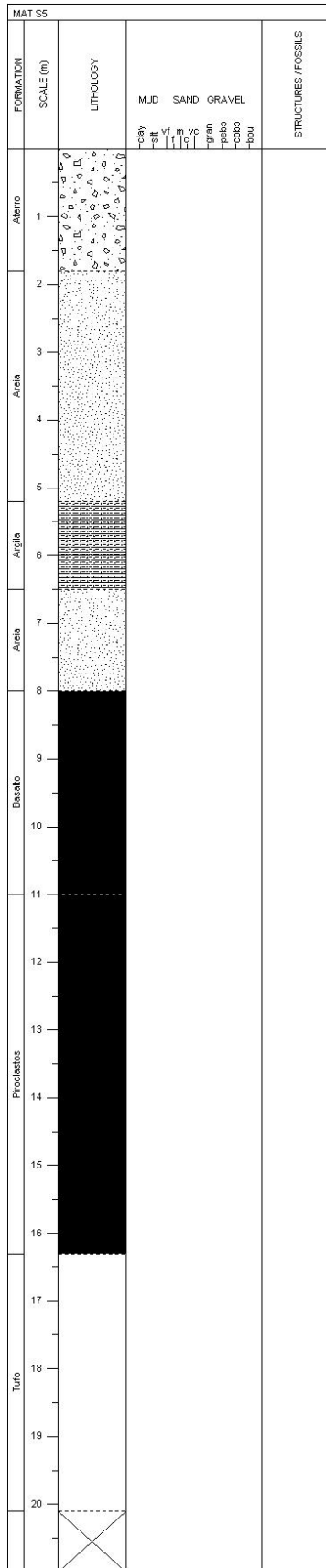
Anexo 15 – Log da sondagem 4 do Centro de Artes (MAAT), efetuado em Sedlog a partir dos dados da Eosolve (2012).



O log da S4 tem um comprimento de 19,5m, com três unidades: 1,8m de Aterro, 5,7m de Aluvião e 12m de Complexo de Vulcânico de Lisboa-Mafra.

O Aterro é composto por: terra vegetal e escória. A Aluvião é constituída por areia. O CVLM é constituído por uma alternância entre tufo vulcânico e basalto.

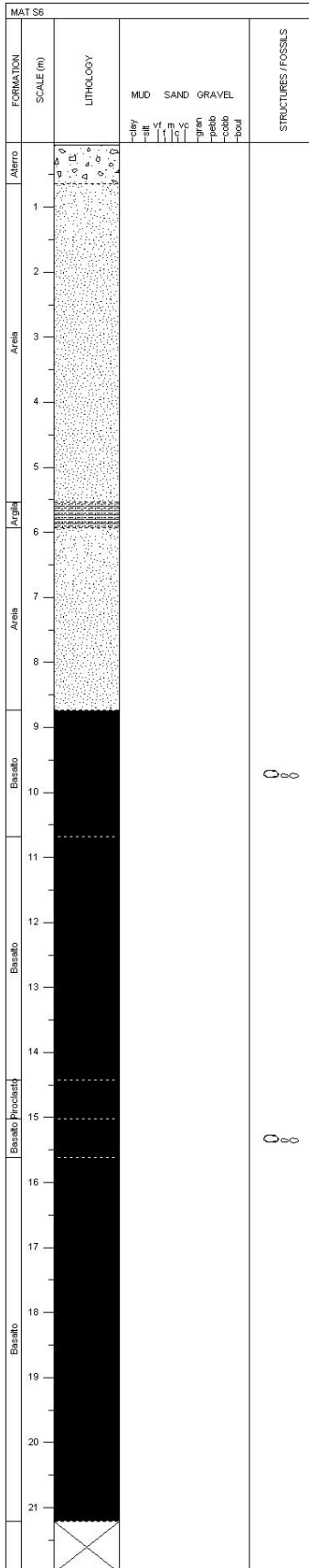
Anexo 16 - Log da sondagem 5 do Centro de Artes (MAAT), efetuado em Sedlog a partir dos dados da Eosolve (2012).



O log da S5 tem um comprimento de 20,1m, com três unidades: 1,8m de Aterro, 6,2m de Aluvião e 12,1m de Complexo Vulcânico de Lisboa-Mafra.

O Aterro é constituído por: terra vegetal e escória. A Aluvião é composta por uma alternância entre areia e argila. O CVLM é composto, do topo para a base, por: basalto, piroclastos e tufo vulcânico.

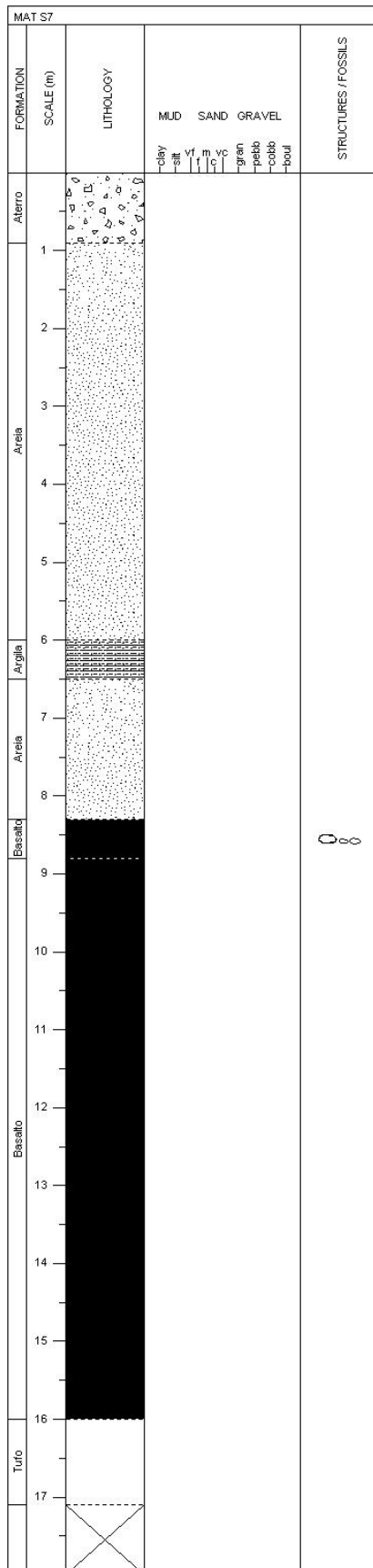
Anexo 17 – Log da sondagem 6 do Centro de Artes (MAAT), efetuado em Sedlog a partir dos dados da Eosolve (2012).



O log da S6 tem um comprimento de 21,2m, com três unidades: 0,6m de Aterro, 8,1m de Aluvião e 12,5m de Complexo Vulcânico de Lisboa-Mafra.

O Aterro é constituído por: terra vegetal e entulho. A Aluvião é composta por uma alternância entre areia e argila. O CVLM é composto, do topo para a base, por: fragmentos basálticos, basalto, piroclastos, fragmentos basálticos e basalto

Anexo 18 – Log da sondagem 7 do Centro de Artes (MAAT), efetuado em Sedlog a partir dos dados da Eosolve (2012).



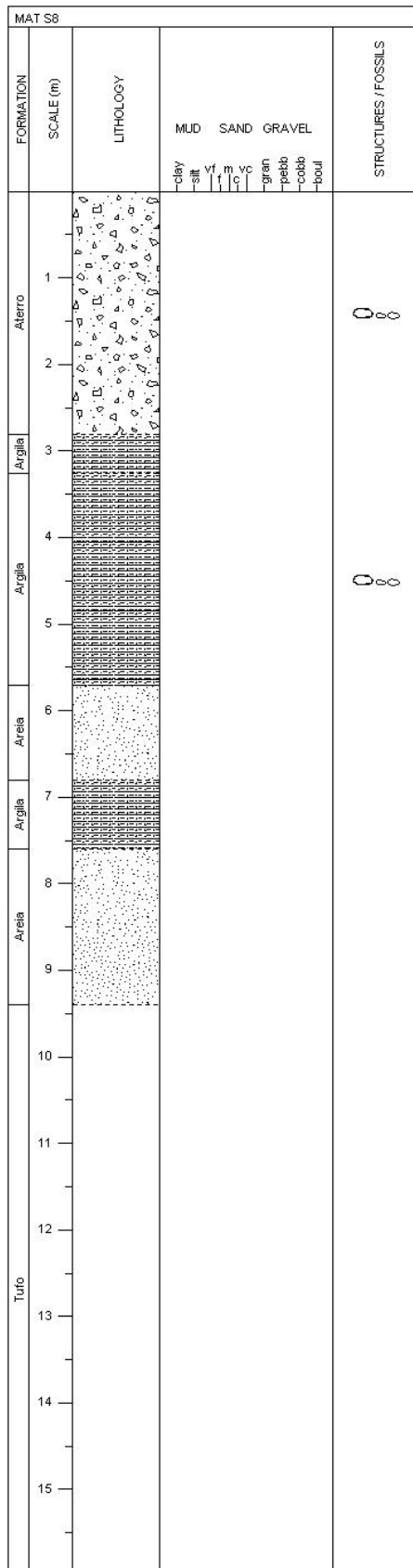
O log da S7 tem um comprimento de 17,1m, com três unidades: 0,9m de Aterro, 7,4m de Aluvião e 8,8m de Complexo Vulcânico de Lisboa-Mafra.

O Aterro é composto por terra vegetal e escória.

A Aluvião é constituída por uma alternância entre areia e argila.

O CVLM é constituído, do topo para a base, por: fragmentos basálticos, basalto

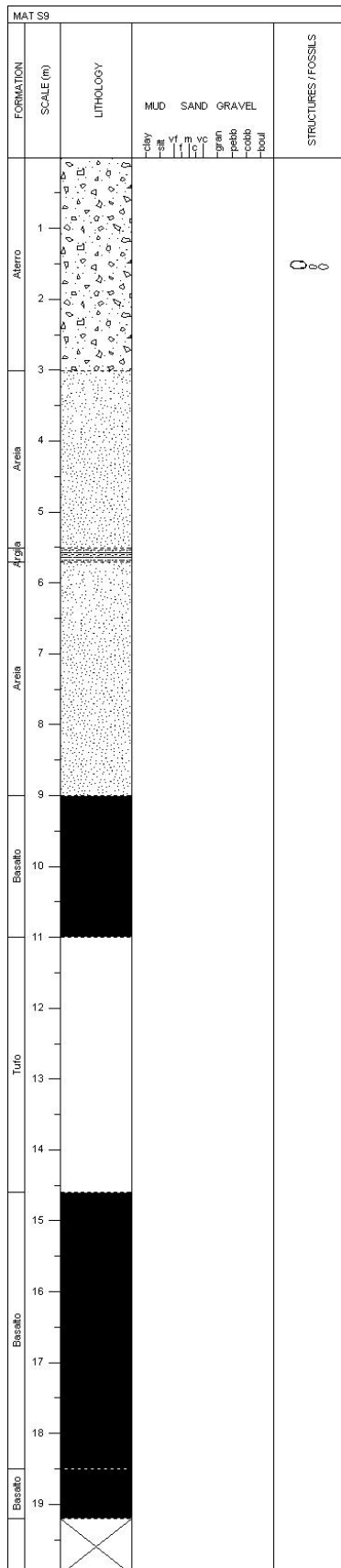
Anexo 19 – Log da sondagem 8 do Centro de Artes (MAAT), efetuado em Sedlog a partir dos dados da Eosolve (2012).



O log da S8 tem um comprimento de 16m, com três unidades: 2,8m de Aterro, 6,6m de Aluvião e 6,6m de Complexo Vulcânico de Lisboa-Mafra.

O Aterro é composto por blocos de calcário e de basalto. A Aluvião é constituída, do topo para a base, por: argila, fragmentos líticos, areia, argila e areia. O CVLM é constituído por um tufo vulcânico.

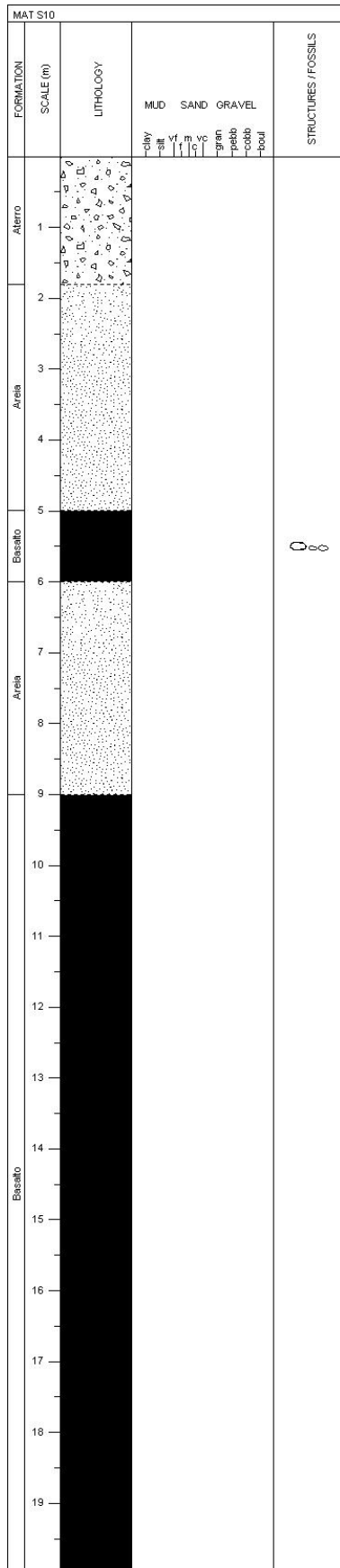
Anexo 20 – Log da sondagem 9 do Centro de Artes (MAAT), efetuado em Sedlog a partir dos dados da Eosolve (2012).



O log da S9 tem um comprimento de 19,2m, com três unidades: 3m de Aterro, 6m de Aluvião e 10,2m de Complexo Vulcânico de Lisboa-Mafra.

O Aterro é composto por calhaus e blocos de calcário. A Aluvião é constituída por: areia e argila. O CVLM é composto por: basalto e tufo vulcânico.

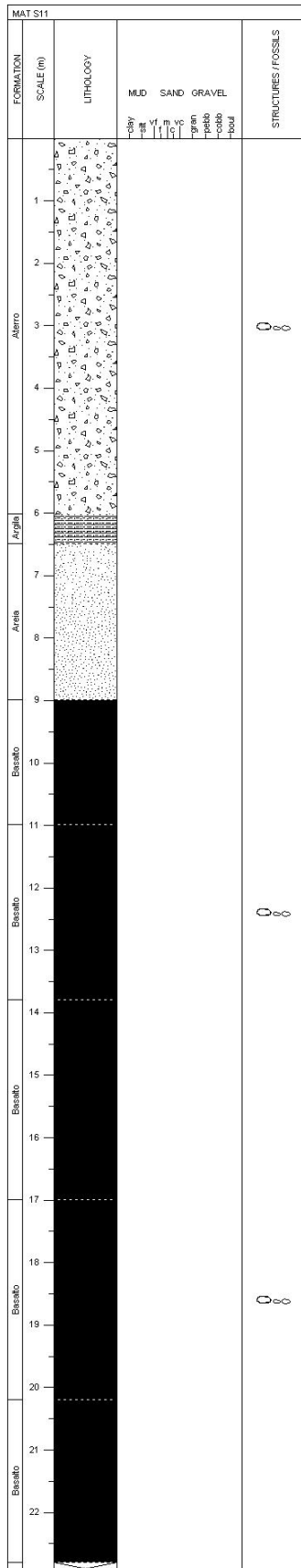
Anexo 21 – Log da sondagem 10 do Centro de Artes (MAAT), efetuado em Sedlog a partir dos dados da Eosolve (2012).



O log da S10 tem um comprimento de 20m, com três unidades: 1,8m de Aterro, 7,2m de Aluvião e 11m de Complexo Vulcânico de Lisboa-Mafra.

O Aterro é composto por blocos de calcário. A Aluvião é composta por uma alternância entre areia e fragmentos basálticos. O CVLM é constituído por basalto.

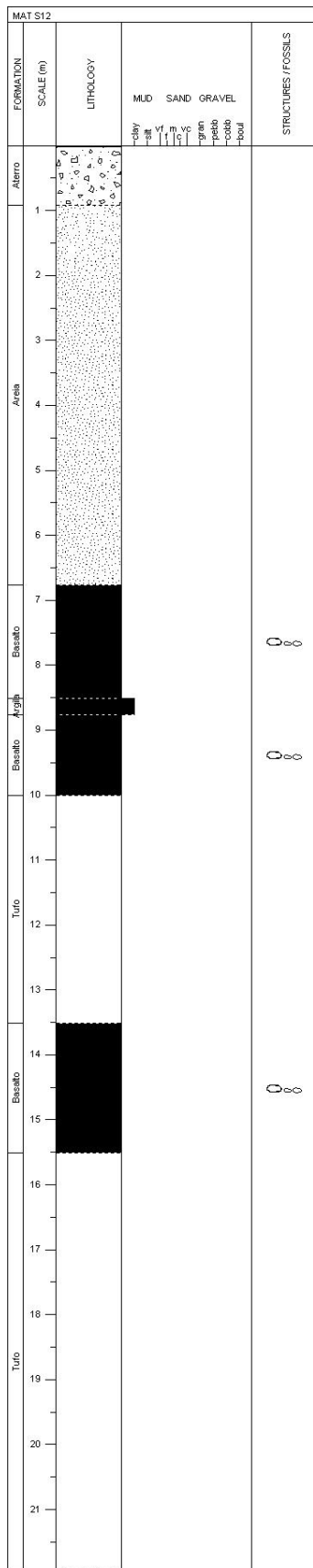
Anexo 22 – Log da sondagem 11 do Centro de Artes (MAAT), efetuado em Sedlog a partir dos dados da Eosolve (2012).



O log da S11 tem um comprimento de 22,8m, com três unidades: 6m de Aterro, 3m de Aluvião e 13,8m de Complexo Vulcânico de Lisboa-Mafra.

O Aterro é constituído por: blocos de calcário e fragmentos basálticos. A Aluvião é composta por: argila e areia. O CVLM é constituído por: uma alternância entre basalto e fragmentos basálticos.

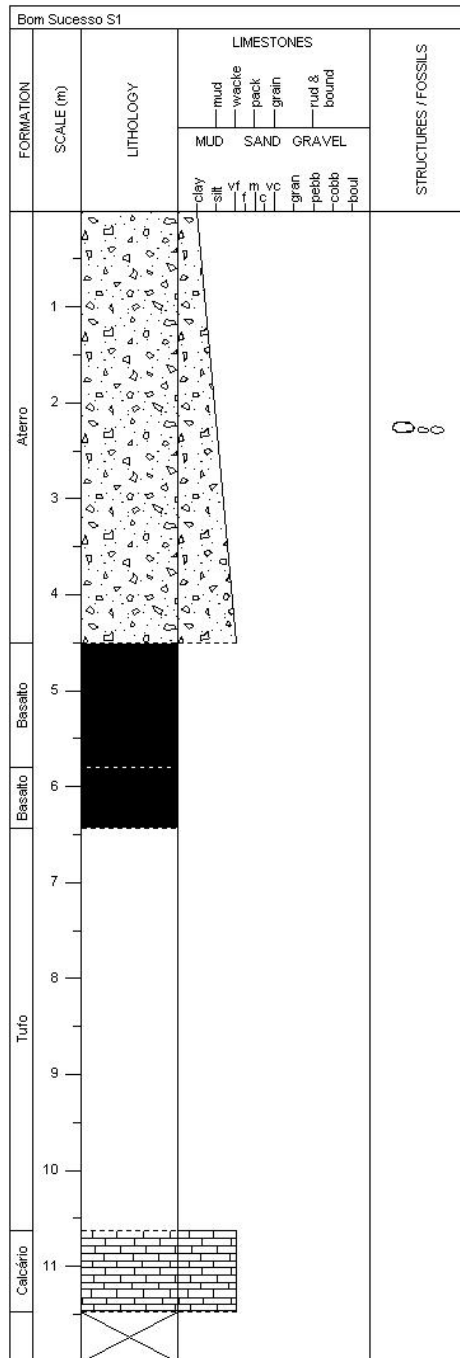
Anexo 23 – Log da sondagem 12 do Centro de Artes (MAAT), efetuado em Sedlog a partir dos dados da Eosolve (2012).



O log da S12 tem um comprimento de 21,93m, com três unidades: 0,9m de Aterro, 5,85m de Aluvião e 15,18m de Complexo Vulcânico de Lisboa-Mafra.

O Aterro é composto por uma terra vegetal e escória. A Aluvião é constituída por uma areia. O CVLM é composto, do topo para a base, por: fragmentos basálticos, argila negra e uma alternância entre fragmentos basálticos e tufo vulcânico.

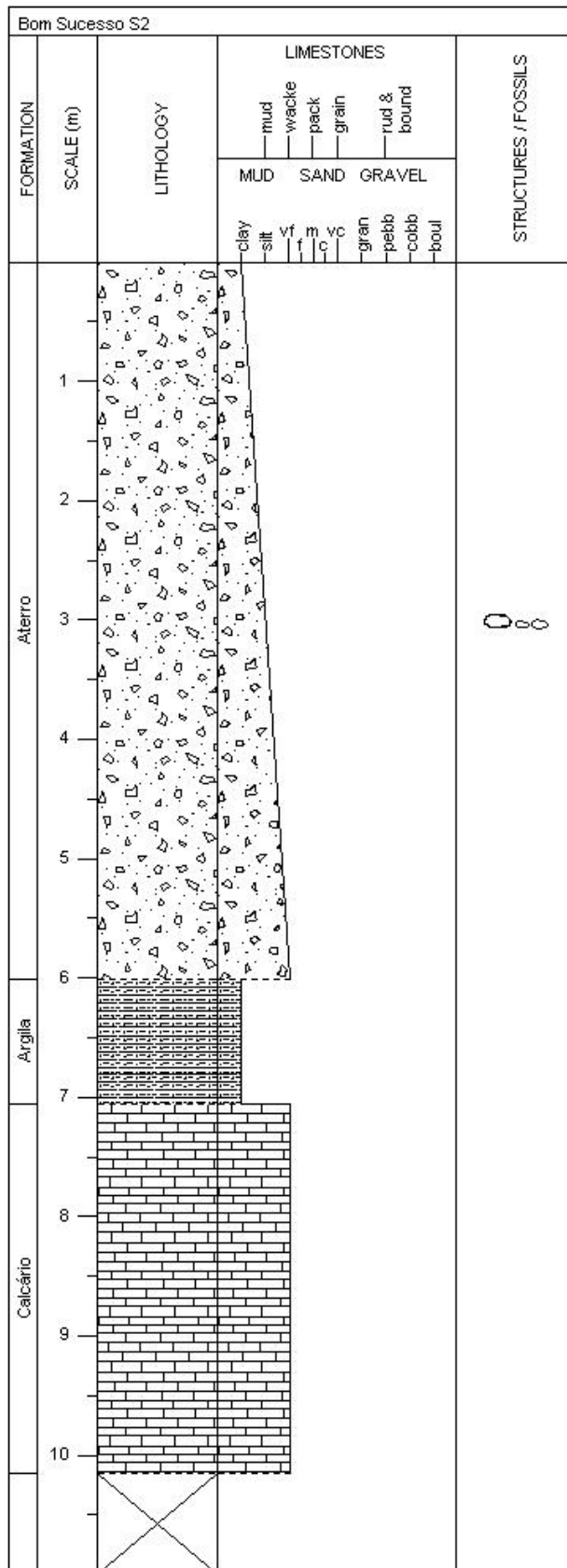
Anexo 24 – Log da sondagem 1 da Praia do Bom Sucesso, efetuado em Sedlog a partir dos dados da Geotest (2016).



O log da S1 tem um comprimento de 11,47m, com três unidades: 4,5m de Aterro, 6,12 de Complexo Vulcânico de Lisboa-Mafra e 0,85m de Miocénico.

O Aterro é composto por uma laje de pavimento que assenta sob uma argila arenosa a areia argilosa, de cor castanha a acinzentada, com fragmentos de granito, basalto, argamassa e restos de tijolo. O CVLM é constituído, do topo para a base, por: um basalto cinzento, com fraturas oblíquas, sub-verticais e, pontualmente, sub-horizontais. A seguir, um basalto cinzento-acastanhado, com fraturas horizontais a sub-horizontais e filonetes de quartzo. Por fim, um tufo vulcânico de cor vermelha-acastanhada, com presença de níveis margosos. O Miocénico é composto por um calcário branco a cinzento clara, que, por vezes, tem um preenchimento argiloso, de cor vermelha, nas fraturas e cavidades.

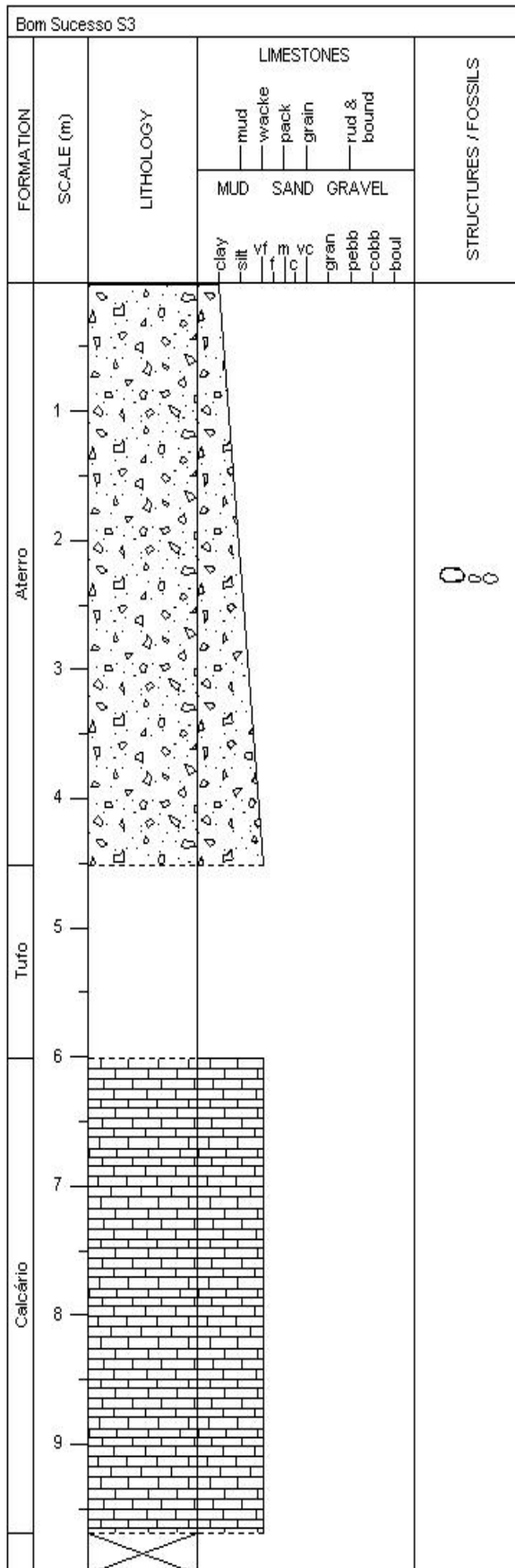
Anexo 25 – Log da sondagem 2 da Praia do Bom Sucesso, efetuado em Sedlog a partir dos dados da Geotest (2016).



O log da S2 tem um comprimento de 10,15m, com três unidades: 6m de Aterro, 1,05m de Aluvião e 3,1m de Miocénico.

O Aterro é composto por: uma laje de pavimento de 1,5m, que assenta num aterro argilo-arenoso, de cor castanha, com fragmentos de calcário e restos de tijolo. A Aluvião é constituída por uma argila, de cor vermelha. O Miocénico é composto por um calcário, de cor cinzenta, com fraturas sub-horizontais e oblíquas, em que as fraturas e cavidades tem um preenchimento argiloso arroxeadado a avermelhado.

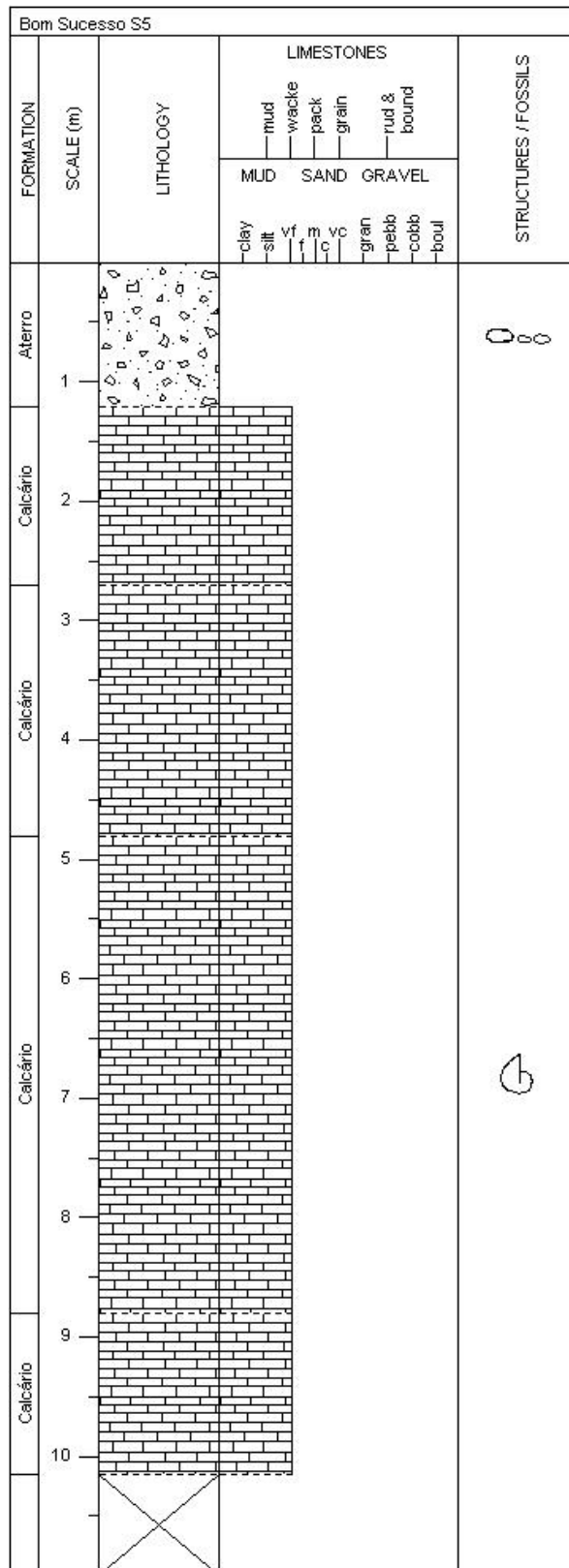
Anexo 26 – Log da sondagem 3 da Praia do Bom Sucesso, efetuado em Sedlog a partir dos dados da Geotest (2016).



O log da S3 tem um comprimento de 9,68m, com três unidades: 4,5m de Aterro, 1,5m de Complexo Vulcânico de Lisboa-Mafra e 3,68m de Miocénico.

O Aterro é composto por: um aterro areno-argiloso, de cor castanha, com presença de blocos e fragmentos de calcário e basalto, argamassa e restos de tijolo. O CVLM é composto por um tufo vulcânico, de cor vermelha, por vezes plástico e/ou impregnações de natureza carbonatada. O Miocénico é um calcário branco a cinzento, com fraturas sub-verticais e oblíquas. Por vezes, tem um preenchimento argiloso, de cor castanha a vermelha, nas fraturas e cavidades. Também, algumas zonas estão mais alteradas/carsificadas.

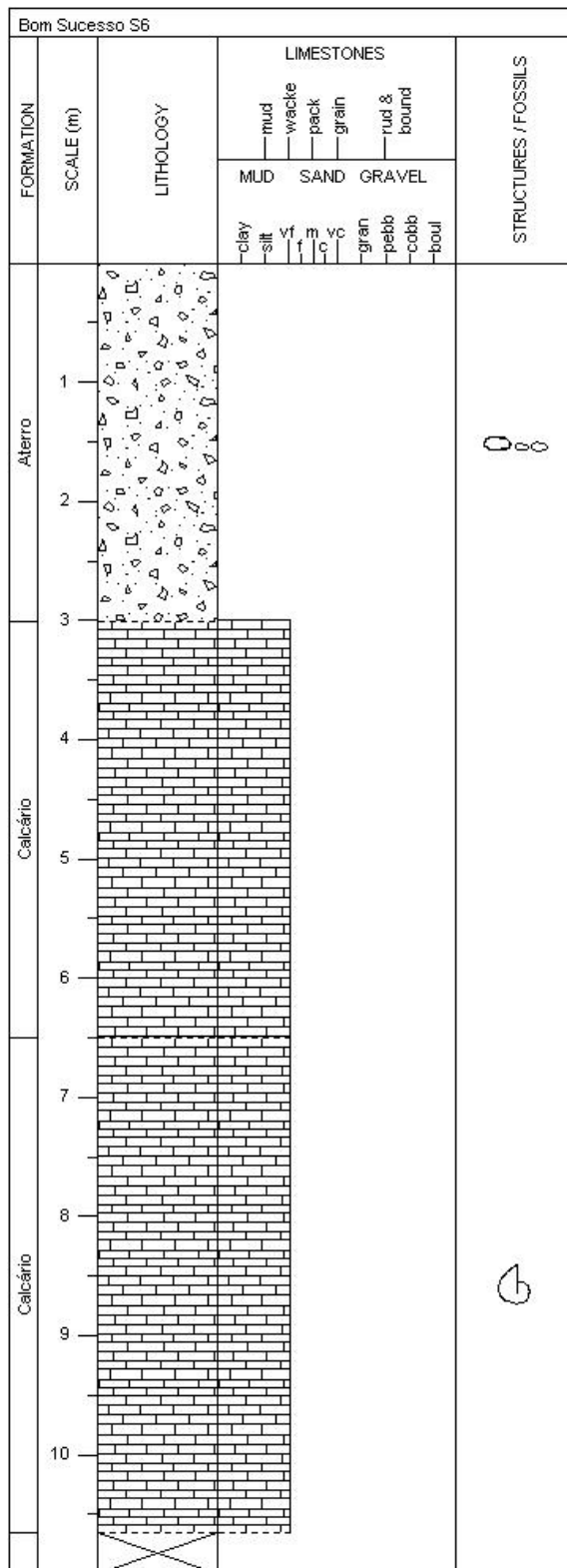
Anexo 27 – Log da sondagem 5 da Praia do Bom Sucesso, efetuado em Sedlog a partir dos dados da Geotest (2016).



O log da S5 tem um comprimento de 10,15m, com duas unidades: 1,2m de Aterro e 9,55m de Miocénico.

O Aterro é constituído por uma laje de betão sobre blocos/fragmentos de calcário e basalto e tijolos argamassados. O Miocénico é composto, do topo para a base, por: um calcário cinzento, que, as fraturas e cavidades, tem um preenchimento argiloso, de cor castanha. Depois, um calcário de cor esbranquiçada, com fraturas sub-verticais, oblíquas e, pontualmente, sub-verticais. As fraturas e cavidades tem um preenchimento argiloso castanho. A seguir, um calcário branco, levemente fossilífero, com fraturas sub-verticais, oblíquas e, pontualmente, sub-horizontais. Por fim, um calcário cristalino, de cor cinzenta, com presença de um calcário branco na base.

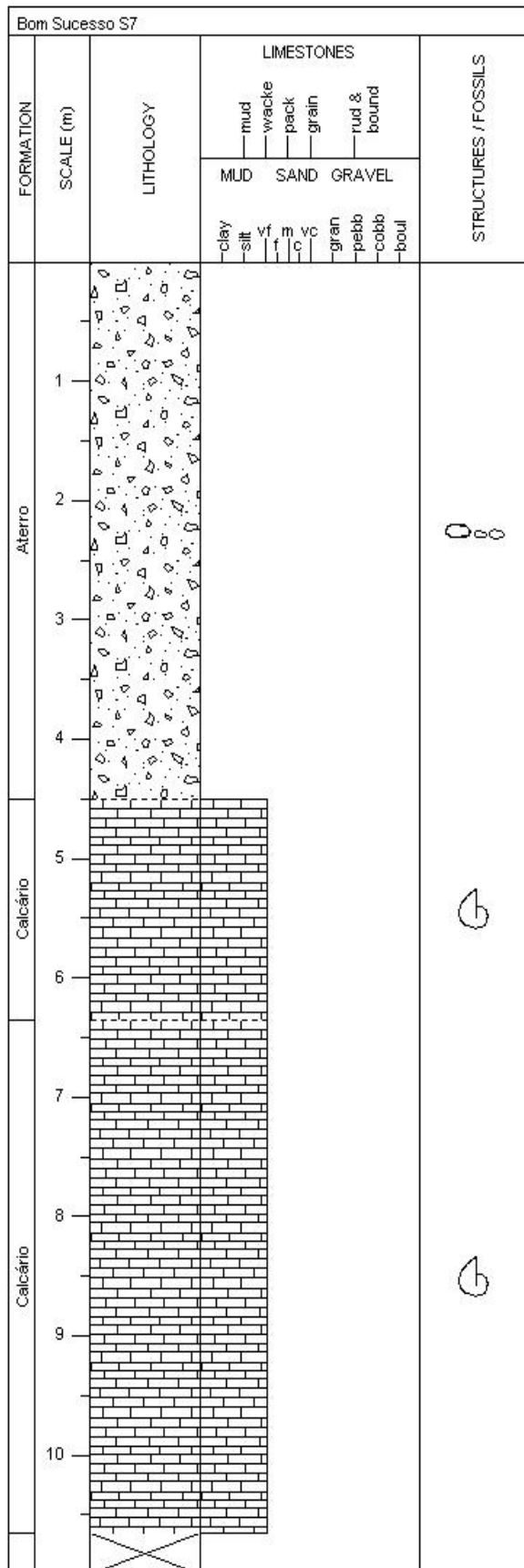
Anexo 28 – Log da sondagem 6 da Praia do Bom Sucesso, efetuado em Sedlog a partir dos dados da Geotest (2016).



O log da S6 tem um comprimento de 10,65m, com duas unidades: 3m de Aterro e 7,65m de Miocénico.

O Aterro é composto por um pavimento de betão que assenta sob um aterro pedregoso, constituído por fragmentos de calcário, argamassa, betão, ferro e tijolo. Sobrejacente a areia siltosa, de cor castanha-avermelhada, com fragmentos de calcário e tijolo. O Miocénico é constituído por um calcário cristalino, de cor esbranquiçada a amarelada, fossilífero, carsificado, com preenchimento argiloso, de cor castanha-avermelhada, nas fraturas e cavidades. As fraturas são, predominantemente, oblíquas e, pontualmente, sub-verticais. Depois, passa para um calcário branco, medianamente a pouco alterado, fossilífero. As fraturas são oblíquas e sub-verticais, com presença de níveis freáteis.

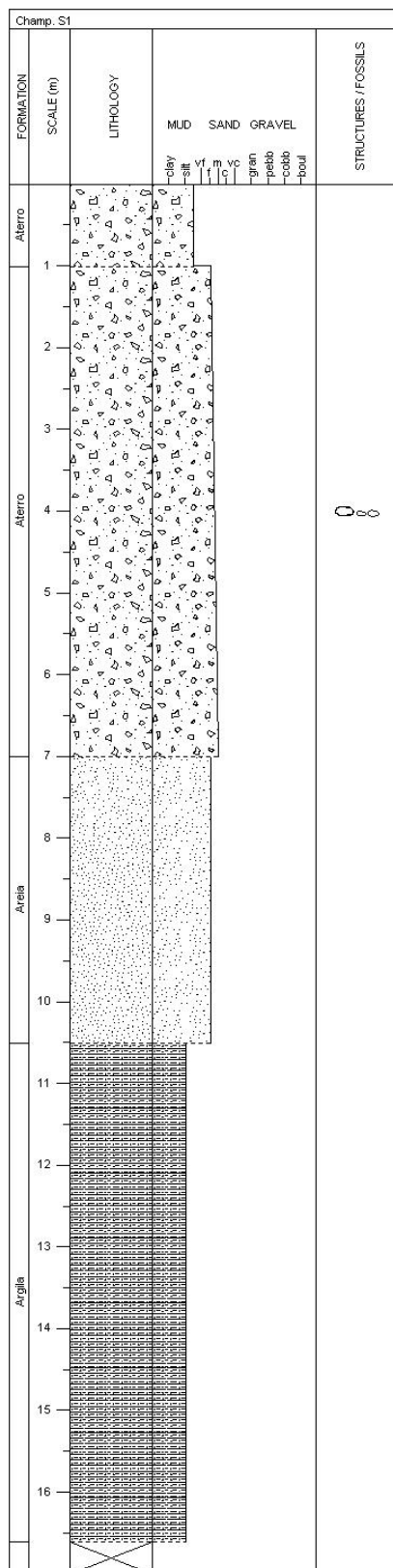
Anexo 29 – Log da sondagem 7 da Praia do Bom Sucesso, efetuado em Sedlog a partir dos dados da Geotest (2016).



O log da S7 tem um comprimento de 10,65m, com duas unidades: 4,5m de Aterro e 6,14m de Miocénico.

O Aterro é um aterro pedregoso, constituído por fragmentos de calcário, argamassa, betão, ferro e tijolo. Sobrejacente a areia siltosa, de cor castanha-avermelhada, com fragmentos de calcário e tijolo. O Miocénico é composto por um calcário cristalino, de cor esbranquiçada a amarelada, fossilífero, carsificado, com preenchimento argiloso arroxeadado nas fraturas e cavidades de dissolução. A seguir, passa para um calcário de cor esbranquiçada, fossilífero, medianamente a pouco alterado. Por vezes, com passagens muito fraturadas e com algum preenchimento argiloso. As fraturas são, pontualmente, sub-verticais e oblíquas. Este calcário é muito fraturado junto à base.

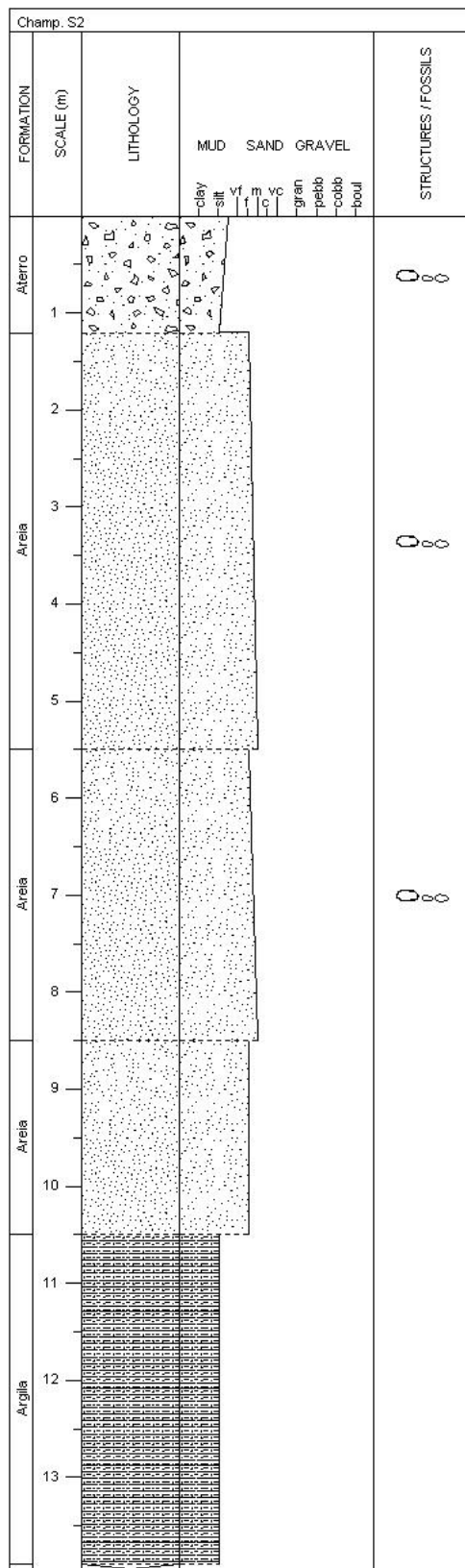
Anexo 30 – Log da sondagem 1 do edifício Champalimaud Center, efetuado em Sedlog a partir dos dados da Geocontrole (2018).



O log da S1 tem um comprimento de 16,6m, com três unidades: 1m de Aterro, 9,5m de Aluvião e 6,1m de Miocénico.

O Aterro é composto por um aterro heterogéneo, que tem um silte arenoso, com fragmentos heterométricos de variadas naturezas e fortemente orgânico, de cor castanha escura. Depois, passa para uma areia de grão médio a fino, sem coesão, com seixo miúdo disperso, de cor amarela. A Aluvião é composta por uma areia de granulometria fina, lodosa, abundantemente micáceas, muito soltas, de cor cinzenta escura a negra. O Miocénico é constituído por uma argila siltosa, com forte componente carbonatada, muito dura a muito rijá, de cor cinzenta esverdeada, com laivos ferruginosos no topo, de cor vermelha.

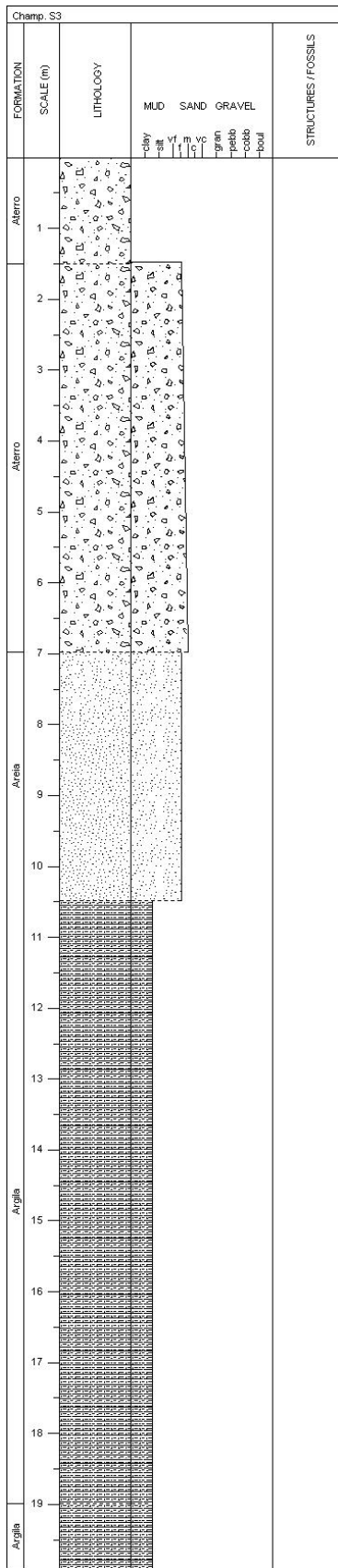
Anexo 31 – Log da sondagem 2 do edifício Champalimaud Center, efetuado em Sedlog a partir dos dados da Geocontrole (2018).



O log da S2 tem um comprimento de 13,9m, com duas unidades: 1,2m de Aterro e 12,7m de Miocénico.

O Aterro é heterogéneo, com um silte arenoso, com fragmentos heterométricos de variadas naturezas e com forte componente orgânica, de cor castanha escura. O Miocénico é constituído, do topo para a base, por: uma areia de grão medio a fino, sem coesão e com seixo miúdo disperso, de cor amarela. Depois, uma areia de grão médio a fino, levemente siltosa, com fragmentos heterométricos de variadas naturezas, de cor castanha escura a negra. A seguir, uma areia de granulometria muito fina, siltosa, micácea, medianamente compactada, de cor cinzenta escura. Por fim, uma areia siltosa, com forte componente carbonatada, muito rija, de cor cinzenta esverdeada, com laivos avermelhados na base.

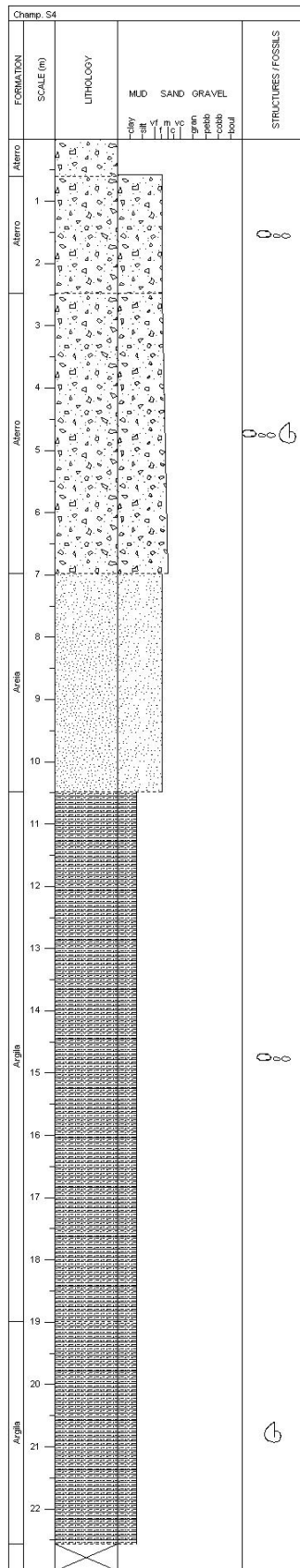
Anexo 32 – Log da sondagem 3 do edifício Champalimaud Center, efetuado em Sedlog a partir dos dados da Geocontrol (2018).



O log da S3 tem um comprimento de 19,92m, com três unidades: 7m de Aterro, 3,5m de Aluvião e 9,42m de Miocénico.

O Aterro é composto por um pavimento em placa de cimento, que assenta sob uma areia de grão médio a fino, sem coesão, com seixo miúdo disperso, de cor amarela. A Aluvião é constituída por uma areia de granulometria muito fina, lodosa, abundantemente micácea, muito solta, de cor cinzenta escura a negra. O Miocénico é composto por uma areia siltosa, com forte componente carbonatada, muito dura a muito rijá, de cor esverdeada, com laivos azulados. Depois, passa para uma argila siltosa, com forte componente carbonatada, muito rijá, de cor cinzenta escura.

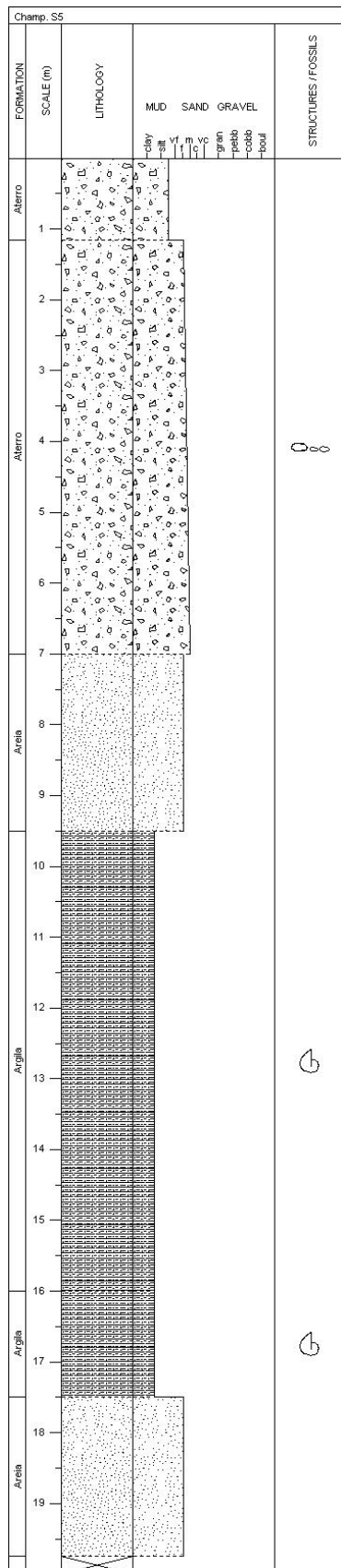
Anexo 33 – Log da sondagem 4 do edifício Champalimaud Center, efetuado em Sedlog a partir dos dados da Geocontrol (2018).



O log da S4 tem um comprimento de 22,57m, com três unidades: 7m de Aterro, 3,5m de Aluvião e 12,07m de Miocénico.

O Aterro é composto por um pavimento betuminoso, que assenta sob uma areia de granulometria fina, com fragmentos heterométricos, de cor esbranquiçada. Depois, passa para uma areia de grão médio a fino, de cor amarela, sem coesão, com seixo miúdo disperso e restos conquíferos pontuais. A Aluvião é constituída por uma areia de granulometria muito fina, lodosa, abundantemente micácea, muito solta, negra. O Miocénico é composto por uma argila siltosa, com forte componente carbonatada, por vezes micácea, com seixo miúdo rolado disperso, dura a muito rija, de cor cinzenta esverdeada. Depois, passa para uma argila siltosa, abundantemente micácea, com restos conquíferos, com forte componente orgânica, incarbonizada, muito rija, negra.

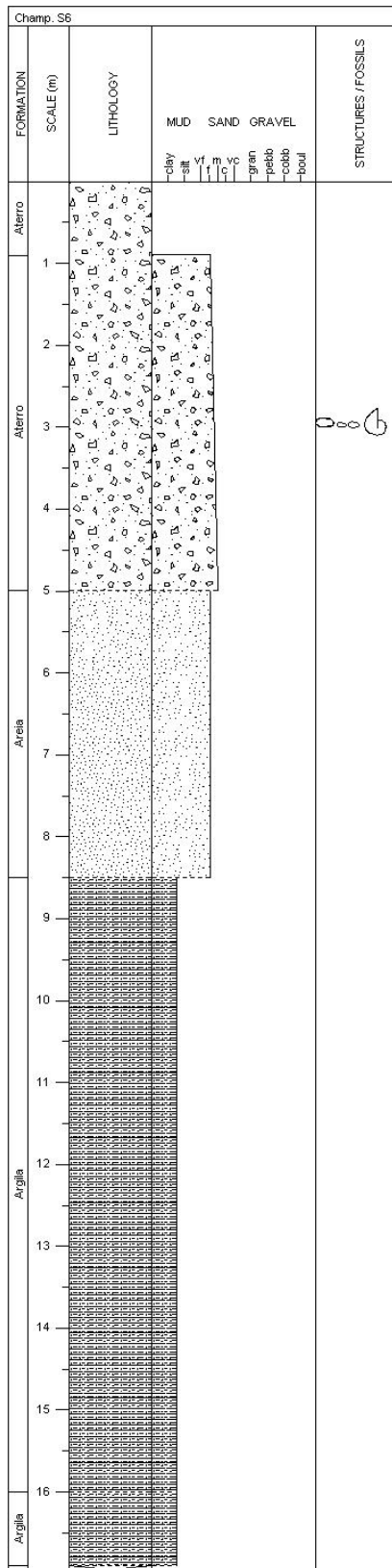
Anexo 34 – Log da sondagem 5 do edifício Champalimaud Center, efetuado em Sedlog a partir dos dados da Geocontrol (2018).



O log da S5 (**Fig.34**) tem um comprimento de 19,75m, com três unidades: 7m de Aterro, 2,5m de Aluvião e 10,25m de Miocénico.

O Aterro é heterogéneo, com um silte arenoso, com fragmentos heterométricos de variadas naturezas e com forte componente orgânica, de cor castanha escura. Depois, passa para uma areia de grão médio a fino, levemente siltosa a siltosa, com fragmentos heterométricos de variadas naturezas, de cor castanha escura a negra. A Aluvião é uma areia de granulometria muito fina, lodosa, abundantemente micácea muito solta e negra. O Miocénico é constituído, do topo para a base, por: uma argila siltosa, com forte componente carbonatada e restos conquíferos, rija e de cor cinzenta esverdeada. Depois, passa para uma argila siltosa, com forte componente carbonatada e restos conquíferos, muito rija e de cor cinzenta escura. Por fim, uma areia de granulometria fina, siltosa, com pontuações anegradas, muito compacta, de cor cinzenta escura anegrada.

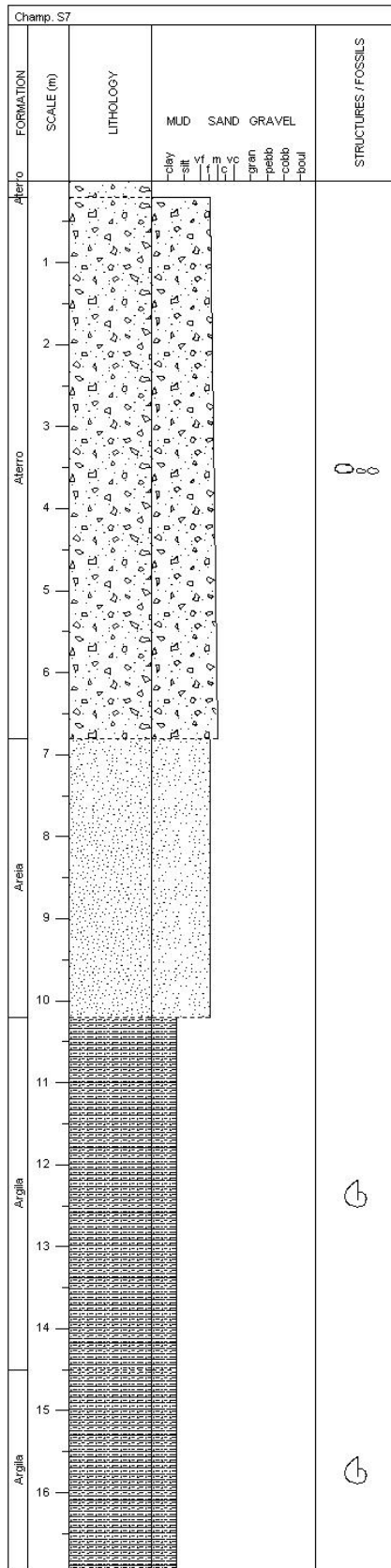
Anexo 35 – Log da sondagem 6 do edifício Champalimaud Center, efetuado em Sedlog a partir dos dados da Geocontrole (2018).



O log da S6 tem um comprimento de 16,9m, com três unidades: 5m de Atterro, 3,5m de Aluvião e 8,4m de Miocénico.

O Atterro é composto por um pavimento betuminoso, que assenta sob uma areia de grão médio a fino, sem coesão, com seixo miúdo e restos conquíferos dispersos, de cor amarela. A Aluvião é constituída por ima areia de granulometria fina, lodosa, abundantemente micácea, com restos conquíferos, muito solta, de cor cinzenta escura a negra. O Miocénico é composto por uma argila siltosa, muito dura a muito ria, de cor cinzenta esverdeada, com laivos ferruginosos no topo. Depois, passa para uma argila siltosa, muito rija, de cor cinzenta escura.

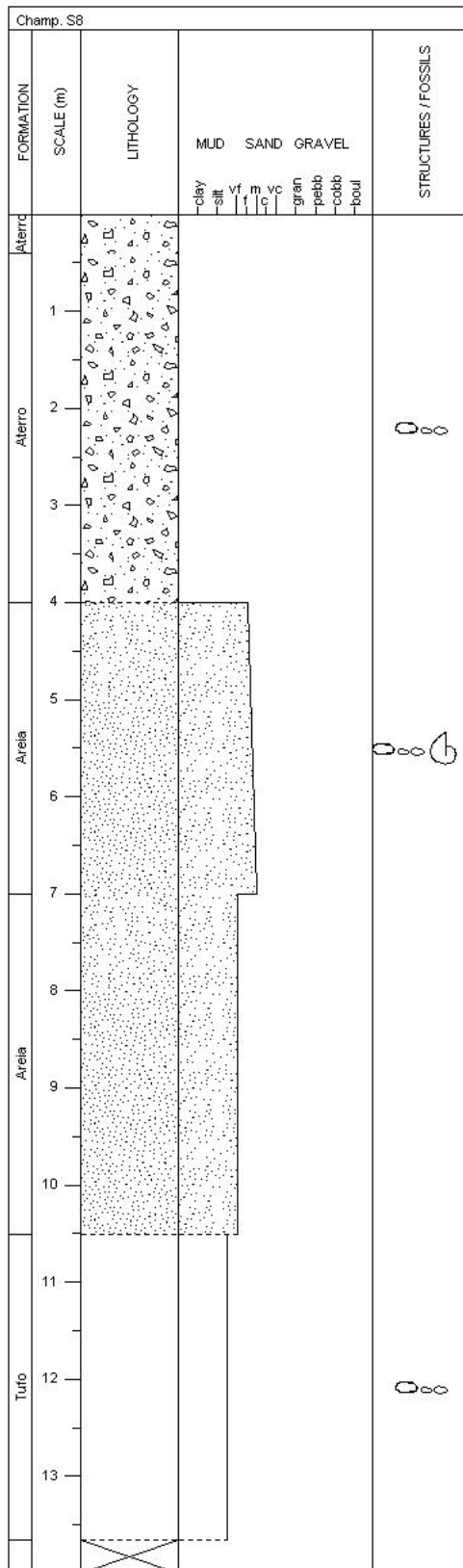
Anexo 36 – Log da sondagem 7 do edifício Champalimaud Center, efetuado em Sedlog a partir dos dados da Geocontrole (2018).



O log da S7 tem um comprimento de 16,95m, com três unidades: 6,8m de Aterro, 3,4m de Aluvião e 6,75m de Miocénico.

O Aterro é composto por um pavimento betuminoso, que assenta sob uma areia de grão médio a fino, levemente siltosa a sem coesão, com fragmentos de variadas naturezas e restos cerâmicos pontuais, de cor amarela. A Aluvião é constituída por uma areia de granulometria muito fina, lodosa, abundantemente micácea, muito solta, negra. O Miocénico é constituído por uma argila siltosa, com forte componente carbonatada e restos conquíferos, rija, de cor cinzenta esverdeada. Depois, passa para uma argila siltosa, com forte componente carbonatada e restos conquíferos, com pontuações anegradas, muito rija, de cor cinzenta escura.

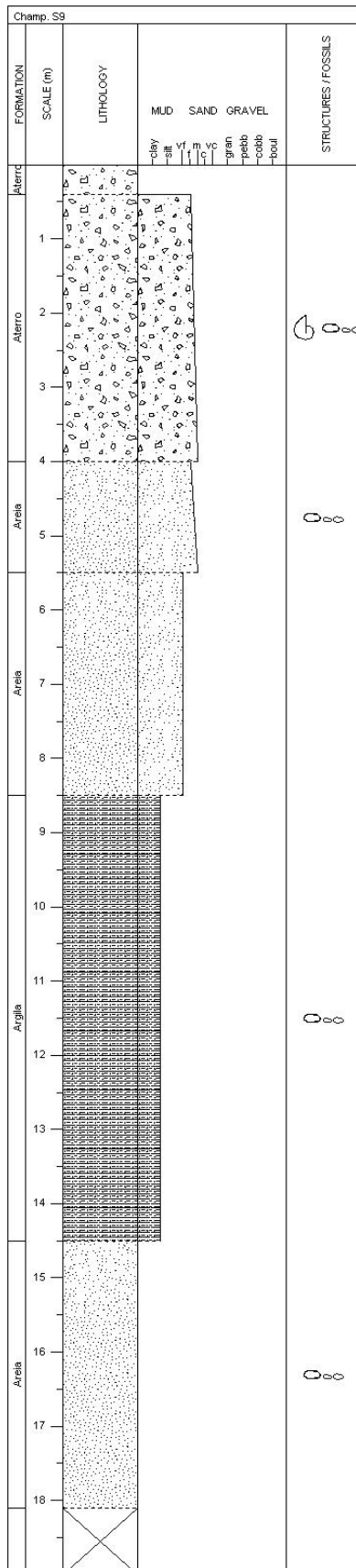
Anexo 37 – Log da sondagem 8 do edifício Champalimaud Center, efetuado em Sedlog a partir dos dados da Geocontrole (2018).



O log da S8 tem um comprimento de 13,65m, com três unidades: 4m de Aterro, 6,5m de Aluvião e 3,15m de Complexo Vulcânico de Lisboa-Mafra.

O Aterro é composto por um pavimento betuminoso, que assenta sob uma areia de variadas granulometrias, siltosa, com fragmentos heterométricos de natureza basáltica, negra. A Aluvião é constituída por uma areia de grão médio a fino, sem coesão, com seixo e calhaus rolados, com restos conquíferos pontuais, medianamente compactada, de cor castanha escura. Depois, passa para uma areia de granulometria muito fina, lodosa, abundantemente micácea, muito solta e negra. O CVLM é composto por um tufo vulcânico, com abundantes fragmentos de natureza basáltica envoltos em uma matriz silto-arenosa, muito rija, de cor vermelha a negra.

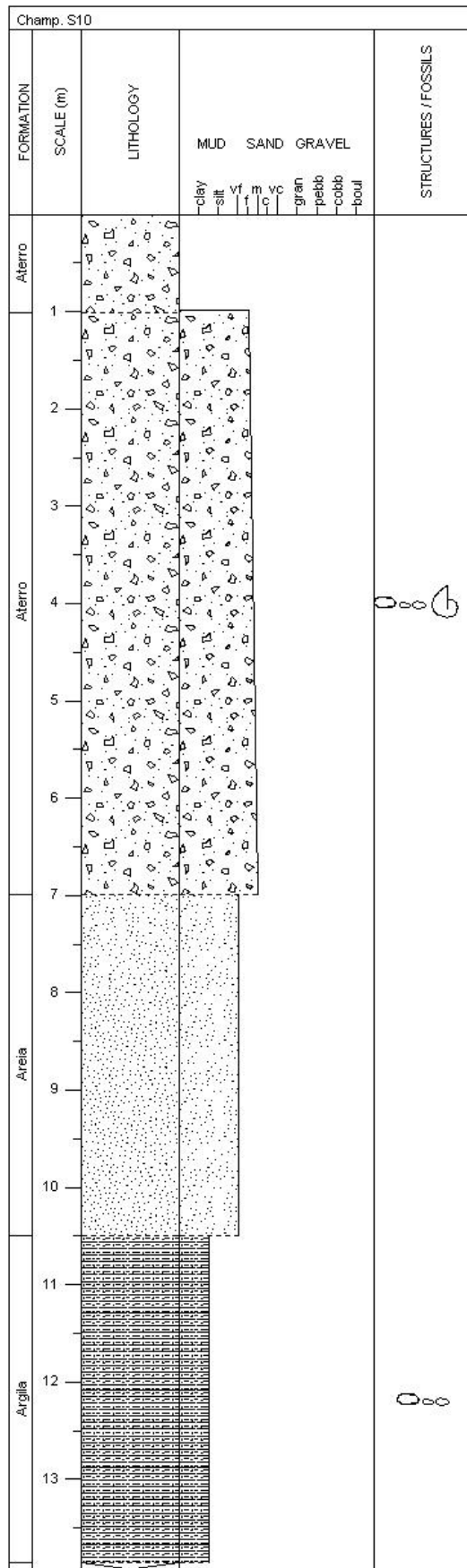
Anexo 38 – Log da sondagem 9 do edifício Champalimaud Center, efetuado em Sedlog a partir dos dados da Geocontrole (2018).



O log da S9 tem um comprimento de 18,1m, com três unidades: 4m de Aterro, 4,5m de Aluvião e 9,6m de Miocénico.

O Aterro é composto por um pavimento betuminoso, que assenta sob uma areia de grão médio a fino, sem coesão, com seixo miúdo disperso e restos conquíferos pontuais, de cor amarela. A Aluvião é constituída por uma areia de grão médio a fino, lodosa, com seixo e calhaus rolados dispersos, solta, de cor cinzenta escura acastanhada. Depois, passa para uma areia de granulometria muito fina, lodosa, abundantemente micácea, muito solta e negra. O Miocénico é composto por uma argila siltosa, micácea, com seixo rolado disperso, muito mole a rija, de cor castanha com laivos acinzentados. Depois, passa para uma areia de variadas granulometrias, silto-argilosa, com seixo, calhaus e blocos rolados, muito compactada, alaranjadas a acinzentadas.

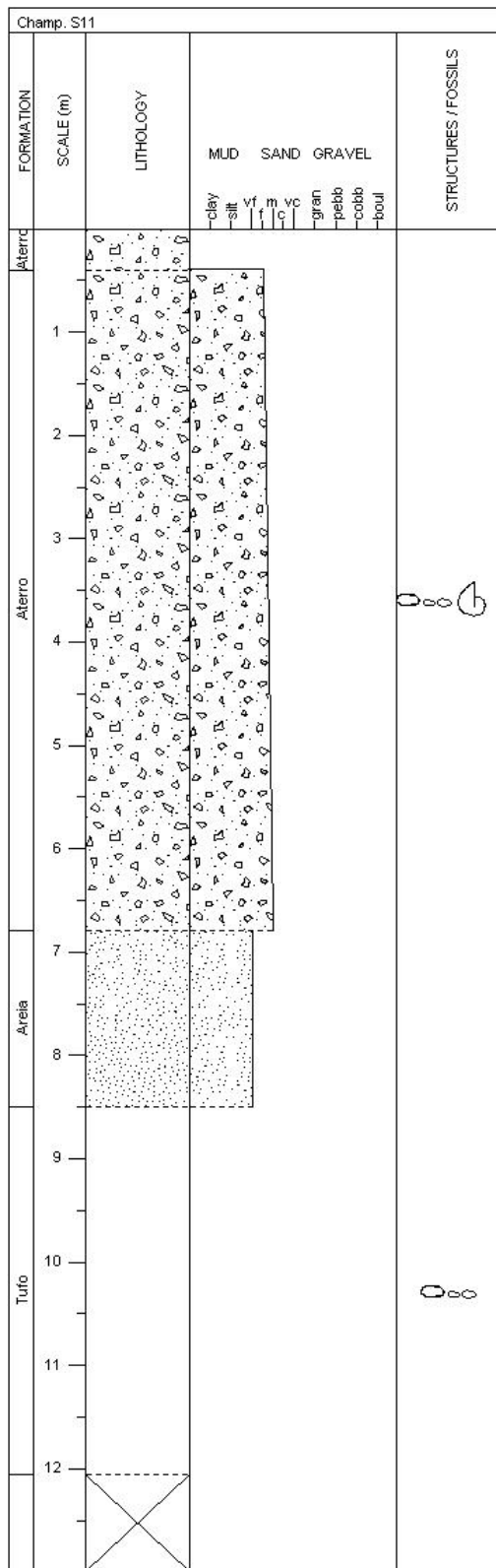
Anexo 39 – Log da sondagem 10 do edifício Champalimaud Center, efetuado em Sedlog a partir dos dados da Geocontrole (2018).



O log da S10 tem um comprimento de 13,86m, com três unidades: 7m de Aterro, 3,5m de Aluvião e 3,36m de Miocénico.

O Aterro é composto por um pavimento betuminoso, que está assente sob uma areia de grão médio a fino, sem coesão, com seixo miúdo disperso e restos conquíferos pontuais, de cor amarela. A Aluvião é constituída por uma areia de granulometria muito fina, lodosa, abundantemente, micácea, muito solta, negra. O Miocénico é composto por uma argila siltosa, com seixo, calhais e blocos rolados, muito rija, de cor castanha avermelhada a acinzentada.

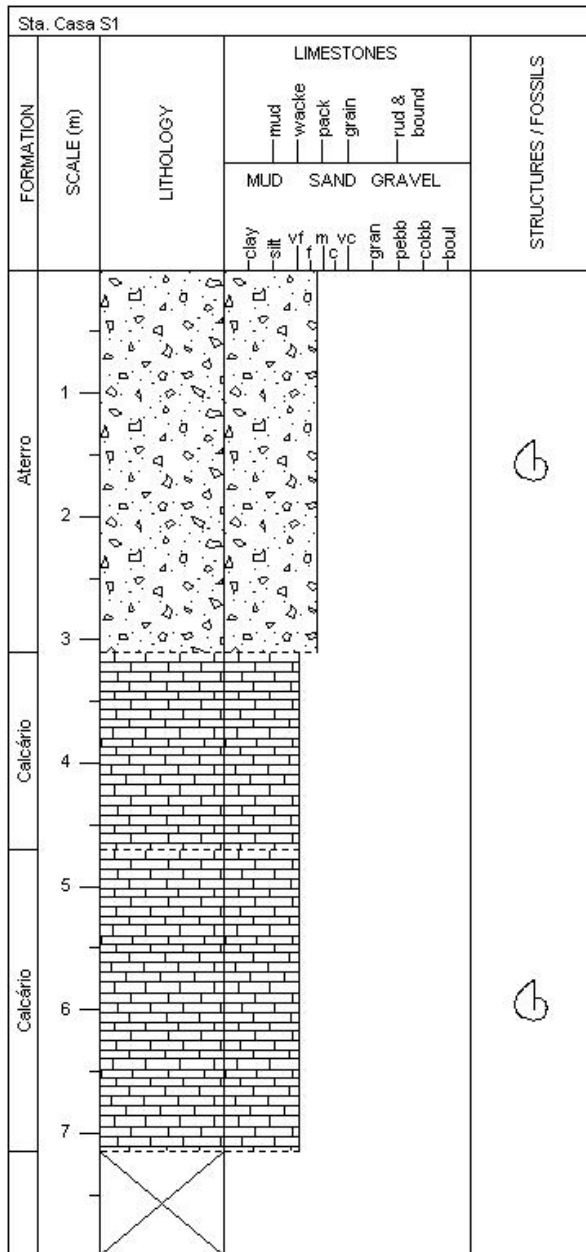
Anexo 40 – Log da sondagem 11 do edifício Champalimaud Center, efetuado em Sedlog a partir dos dados da Geocontrole (2018).



O log da S11 tem um comprimento de 12,06m, com três unidades: 6,8m de Aterro, 1,7m de Aluvião e 3,56m de Complexo Vulcânico de Lisboa-Mafra.

O Aterro é composto por um pavimento betuminoso, que assenta sob uma areia de grão médio a fino, sem coesão, com seixo miúdo disperso e restos conquíferos pontuais, de cor amarela. A Aluvião é constituída por uma areia de granulometria muito fina, lodosa, abundantemente micácea, de consistência média, negra. O CVLM é composto por um tufo vulcânico, com abundantes fragmentos de natureza basáltica envolvidos em uma matriz silto-arenosa, muito rijo, de cor vermelha com tonalidades negras.

Anexo 41 – Log da sondagem 1 da Sta. Casa da Misericórdia de Lisboa, efetuado em Sedlog a partir dos dados da Geotest (2014).

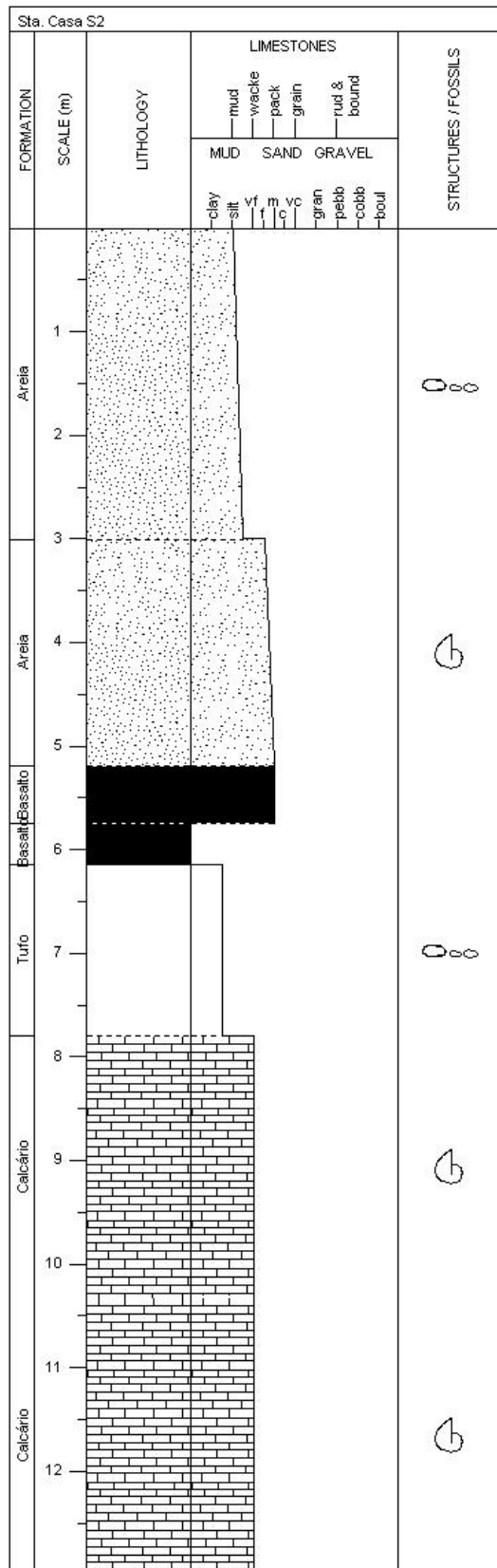


O log da S1 tem um comprimento de 7,15m, com duas unidades: 3,1m de Aterro e 4,05m de Miocénico.

O Aterro é composto por uma areia fina a média, de cor amarela, com silte e alguns restos de conchas. Depois, passa para um aterro pedregoso, com fragmentos de basalto e de calcário.

O Miocénico é constituído por um calcário cinzento-esbranquiçado, cristalino, muito carsificado e com preenchimentos argilosos vermelhos nas cavidades e fraturas. Depois, passa para um calcário branco, fossilífero, com evidências de carsificação, com preenchimento argiloso arroxeadado e avermelhado a acastanhado-avermelhado nas fraturas e cavidades

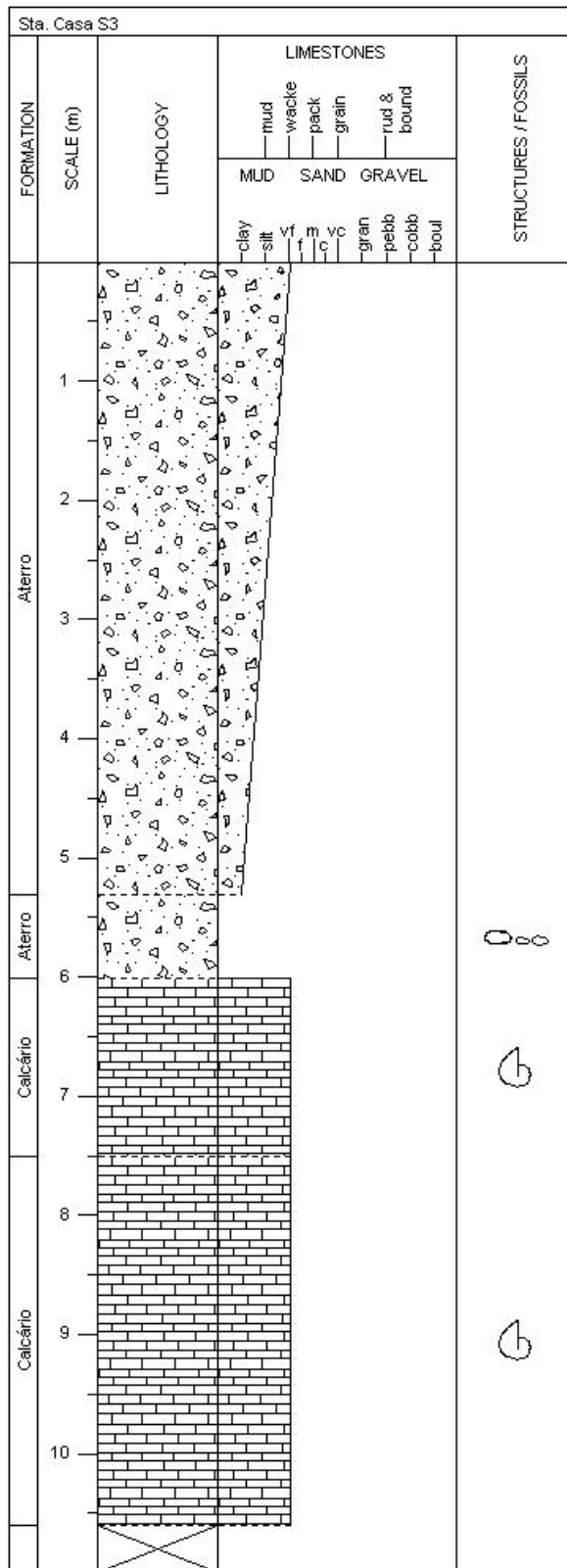
Anexo 42 – Log da sondagem 2 da Sta. Casa da Misericórdia de Lisboa, efetuado em Sedlog a partir dos dados da Geotest (2014).



O log da S2 tem um comprimento de 13m, com quatro unidades: 3m de Aterro, 2,2m de Aluvião, 5,3m de Complexo Vulcânico de Lisboa-Mafra e 5,2m de Miocénico.

O Aterro é constituído por uma areia siltosa, de cor castanha escura, com restos de tijolo, fragmentos carbonatados, material vegetal incarbonizado e seixos quartzosos. A Aluvião é constituída por uma areia média a fina, siltosa, de cor amarela, com alguns restos de conchas. O CVLM é composto, do topo para a base, por: blocos de basalto envoltos por uma matriz arenosa. Depois, blocos de basalto com tufos intercalados. Por fim, um tufo vulcânico, silto-argiloso, de cor vermelha, com passagens arenosas laranjas. Tornando-se, para a base, uma argila margosa, de cor amarela, com fragmentos e blocos de calcário. O Miocénico é composto por um calcário cristalino, de cor cinzenta-esbranquiçada, fossilífero, muito fraturado e com evidências de carsificação. Depois, passa para um calcário de cor branca, cristalino, fossilífero, muito fraturado, com preenchimento argiloso, de cor roxa a laranja, nas fraturas e cavidades de dissolução.

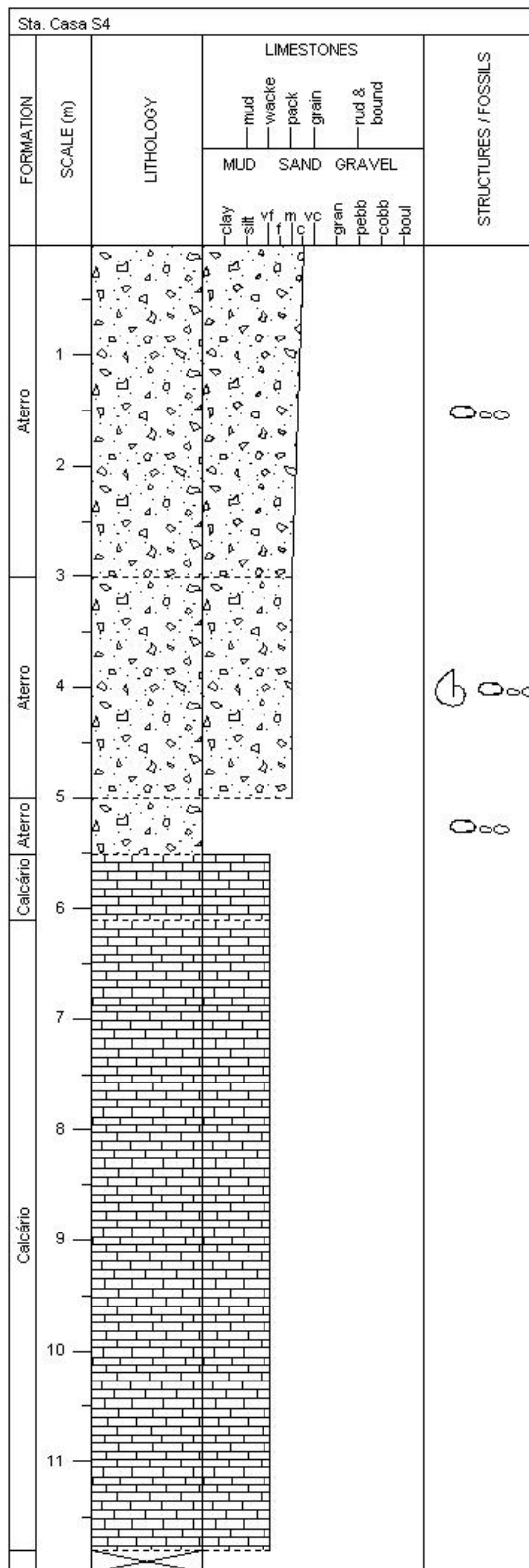
Anexo 43 – Log da sondagem 3 da Sta. Casa da Misericórdia de Lisboa, efetuado em Sedlog a partir dos dados da Geotest (2014).



O log da S3 tem um comprimento de 10,6m, com duas unidades: 6m de Aterro e 4,6m de Miocénico.

O Aterro é composto por um aterro arenoso e areno-argiloso, de cor castanha escura a castanha clara, com elementos basálticos, restos de tijolo, fragmentos carbonatados. Depois, passa para blocos de calcário e fragmentos de basalto misturado com alguma argamassa arenosa, de cor amarela. O Miocénico é constituído por um calcário compacto, cristalino, de cor cinzenta, fossilífero, com algumas evidências de carsificação e preenchimentos calcíticos nas cavidades de dissolução. Depois, passa para um calcário compacto, fossilífero, de cor cinzenta a branca, com algumas evidências de carsificação e com preenchimentos argilosos arroxeados e alaranjados nas fraturas e cavidades.

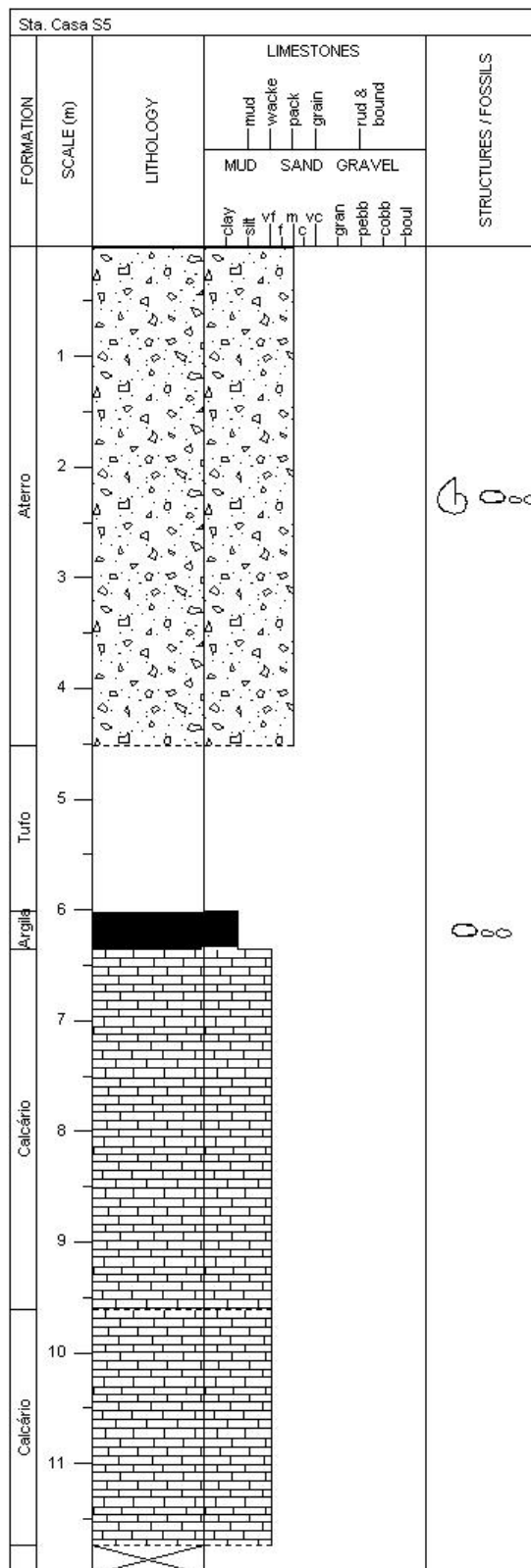
Anexo 44 – Log da sondagem 4 da Sta. Casa da Misericórdia de Lisboa, efetuado em Sedlog a partir dos dados da Geotest (2014).



O log da S4 tem um comprimento de 11,8m, com duas unidades: 5,5m de Aterro e 6,3m de Miocénico.

O Aterro é composto, do topo para a base, por: uma areia média a grossa, de cor castanha escura, com fragmentos basálticos, restos de tijolo, seixos quartzosos e fragmentos carbonatados. Depois, passa para uma areia média, siltosa, tornando-se média a grossa na base, de cor castanha-amarelada a amarelada, com restos de conchas e alguns blocos de basalto dispersos. Por fim, um aterro pedregoso constituído por fragmentos e blocos de calcário e basalto. O Miocénico é constituído por um calcário compacto, cristalino, de cor cinzenta-esbranquiçada, muito fraturado e carsificado. Depois, passa para um calcário branco, cristalino, muito fraturado e carsificado, com preenchimentos argilo-arenosos, de cor amarela a castanha, nas fraturas e cavidades.

Anexo 45 – Log da sondagem 5 da Sta. Casa da Misericórdia de Lisboa, efetuado em Sedlog a partir dos dados da Geotest (2014).



O log da S5 tem um comprimento de 11,73m, com três unidades: 4,5m de Aterro, 1,85m de Complexo Vulcânico de Lisboa e 5,38m de Miocénico.

O Aterro é constituído por uma areia média, de cor castanha a amarela, com restos de conchas, fragmentos basálticos e alguns fragmentos de calcário. O CVL é composto por um tufo vulcânico, arroxeadado, com impregnações carbonatadas esbranquiçadas. Depois, passa para uma argila margosa, de cor amarela com tonalidades de castanha escura, com elementos basálticos e fragmentos de natureza calcária. O Miocénico é constituído por um calcário compacto, cristalino, de cor cinzenta-esbranquiçada, muito fraturado, com evidências de carsificação, com preenchimentos argilo-arenosos, de cor amarela a castanha, nas fraturas e cavidades. Depois, passa para um calcário branco, cristalino, muito fraturado, com acentuadas evidências de carsificação, com preenchimentos argilo-arenosos, de cor amarela a castanha, nas fraturas e cavidades.

Anexo 46 – Gráfico do índice OP vs. Esfericidade.

