

1^o

UNIVERSIDADE DE ÉVORA
MESTRADO EM ENGENHARIA GEOLÓGICA



Relatório de Estágio

Empreitada de Construção da Rede de Rega do Bloco de Cuba Este
Aproveitamento Hidroagrícola de Alvito Pisão
Construção do Reservatório de Regularização 3 - (RR3)

Autor: João Paulo Alexandre Almeida

Orientadora: Paula Alexandra Gonçalves Faria

Julho de 2010

Agradecimentos

A realização deste trabalho, apenas foi possível graças ao apoio de várias pessoas que de uma forma ou outra contribuíram de forma impar neste projecto.

Muito embora seja grato a todos, algumas pessoas desempenharam um papel fundamental, pelo que, é com um carinho muito especial que agradeço á minha mãe, ao Jorge Moura, e ao Luís Ramos.

Particularizo o meu agradecimento à Eng.ª Paula Faria pelo apoio, dedicação, profissionalismo, e orientação constante ao longo do trabalho.

Gostaria ainda de expressar o meu agradecimento à Sulensaio por ter me permitido crescer profissionalmente.



191 2178

**EMPREITADA DE CONSTRUÇÃO DA REDE DE REGA DO BLOCO DE CUBA ESTE
APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DE ALVITO PISÃO
CONSTRUÇÃO DO RESERVATÓRIO DE REGULARIZAÇÃO 3 - (RR3)**

**CONSTRUCTION OF IRRIGATION NETWORK OF BLOCK OF CUBA ESTE
HYDROAGRICULTURAL EXPLOITATION OF ALVITO PISÃO
CONSTRUCTION OF REGULARISATION RESERVOIR 3 - (RR3)**

RESUMO: Este trabalho pretende contribuir para o conhecimento dos aspectos geotécnicos associados aos trabalhos de terraplenagem, na construção de uma barragem de terra. São apresentadas as campanhas de prospecção geológica, a delimitação das manchas de empréstimo, bem como, a metodologia de controlo de construção. É descrita a metodologia adoptada na execução dos aterros experimentais e apresentada a análise dos resultados obtidos. Por fim com base no conhecimento adquirido dos solos, são apresentadas as várias fases de construção da barragem e os resultados do controlo de qualidade da construção do reservatório, comparativamente aos critérios estabelecidos em caderno de encargos.

ABSTRACT: The present paper intends to make a contribution to the study of the geotechnical aspects associated with earthworks, construction of an earth dam. Are given the campaigns of geological prospecting, the delimitation of patches loan, as well as the methodology for monitoring construction. It described the methodology adopted in implementing the landfill and submitted to analyze experimental results obtained. Finally based on acquired knowledge of soils, are shown the various stages of construction of the dam and the results of quality assurance for the construction of the reservoir compared to the criteria established in the specifications.

Simbologia

A	- secção transversal
Cu	- coeficiente de uniformidade
G.C.	- grau de compactação
h	- diferença de carga hidráulica
ha	- hectare
IP	- Índice de plasticidade
Ky	- permeabilidade vertical
L	- comprimento
LL	- limite de liquidez
LP	- limite de plasticidade
M _s	- massa de solo seco
M _w	- massa de água
P# 200	- percentagem retida no peneiro n.º 200 (ASTM)
V	- volume
t	- tempo
W	- teor de humidade (teor em água)
(W - W _{opt})	- diferença entre o valor do teor de humidade (teor em água obtido pelo método da estufa e o valor do teor óptimo de humidade (teor em água óptimo)
W _{mo}	- teor de humidade (teor em água) obtido pelo método do Micro-ondas
W _{nat}	- teor de humidade natural (teor em água natural)
W _{opt.}	- teor óptimo de humidade (teor em água óptimo)
W _{opt+1%}	- teor óptimo de humidade + 1% de humidade (teor em água óptimo + 1% de água)
W _{opt+2%}	- teor óptimo de humidade + 1% de humidade (teor em água óptimo + 2% de água)
W _s	- teor de humidade (teor em água) obtido pelo método do Speedy
γ	- baridade seca (massa volúmica seca)
γ _s	- baridade máxima teórica (massa volúmica máxima teórica)
γ _{seca Max}	- baridade seca máxima (massa volúmica seca máxima)

Índice

Agradecimentos	II
Resumo/Abstract	III
Simbologia	IV
Índice	V
Índice de Quadros	VIII
Índice de Figuras	IX
1 - Introdução	1
2 - Enquadramento da obra	3
2.1 - Enquadramento Geográfico	3
2.2 - Enquadramento Geológico	6
2.3 - Enquadramento Sismológico	7
3 - Conceção Geral do Reservatório	11
3.1 - Características do Empreendimento	11
3.2 - Características dos Materiais a Utilizar na Construção da Barragem de Aterro	15
3.2.1 - Aterro de Montante (solos): Este material é designado por A1	15
3.2.2 - Aterro de jusante (solos): Este material é designado por A2	16
3.2.3 - Material (areia) do Filtro Sub-Vertical e Tapete Drenante: Este material é designado por F	16
3.2.4 - Material (Brita) do Tapete Drenante e da Protecção do Talude de Montante: Este material é designado por D	17
3.2.5 - Material de Enrocamento de Protecção do Talude de Montante e de Protecção da Saída do Tapete Drenante: Este material é designado por E	18
4 - Materiais e Métodos	21
4.1 - Controlo de Qualidade - Caracterização dos Materiais e sua Aplicação	21
4.1.1 - Metodologias de Ensaios	22
4.1.1.1 - Metodologias de Ensaios Laboratoriais	22

4.1.1.1.1 - Análise Granulométrica	22
4.1.1.1.2 - Limites de Consistência	23
4.1.1.1.2.1 - Limite de Liquidez	23
4.1.1.1.2.2 - Limite de Plasticidade	26
4.1.1.1.3 - Teor de Humidade	26
4.1.1.1.3.1 - Teor de Humidade: Método da estufa	26
4.1.1.1.3.2 - Teor de Humidade: Método do micro ondas	26
4.1.1.1.4 - Permeabilidade	27
4.1.1.1.5 - Compactação Tipo Proctor.	27
4.1.1.2 - Metodologias de ensaios de campo	28
4.1.1.2.1 - Teor de humidade - método do Speedy	28
4.1.1.2.2 - Garrafa de areia	29
4.1.1.2.3 - Gamadensímetro	31
4.2 - Campanhas de Prospecção (Mancha de Empréstimo)	32
4.2.1 - Campanha Inicial	32
4.2.2 - Campanha Complementar	35
4.3 - Realização de Ensaios Complementares de Caracterização	40
4.3.1 - Determinação de Teores de Humidade pela Aplicação de Várias Metodologias	40
4.3.2 - Ensaios de Compactação	41
5 - Aterro Experimental	43
5.1 - Metodologia dos Aterros Experimentais	43
5.1.1 - Preparação de Lotes - (W_{opt} ; $W_{opt+1\%}$ e $W_{opt+2\%}$)	44
5.1.2 - Execução do Aterro Experimental	45
5.1.2.1 - Metodologias Adoptadas	45
5.1.2.1.1 - Caracterização Laboratorial dos Solos que Constituem o Lote	45
5.1.2.1.2 - Preparação de Plataforma e Materiais	46
5.1.2.1.3 - Execução do Aterro Experimental	46
5.1.2.2 - Apresentação de Resultados	50
5.1.2.2.1 - Aterro E1 - Designado como A0	52
5.1.2.2.2 - Aterro E2 - Designado como B0	55

5.1.2.2.3 - Aterro E5: Designado como C1	59
5.1.2.2.4 - Aterro E10: Designado como TZ1	62
5.1.2.3 - Discussão dos resultados dos aterros experimentais	68
6 - Construção e Controlo de Construção do Reservatório de Regularização - R3	69
6.1- Trabalhos Prévios: Fundação do Reservatório	69
6.2 - Controlo de Qualidade na Construção dos Aterros	71
6.3 - Coroamento	76
6.4 - Pavimento	76
7 - Considerações Finais	77
Bibliografia	79
ANEXOS	81
ANEXO I - Localização do RR3	82
ANEXO II - Geologia do RR3	85
ANEXO III - Planta Geral do RR3 e Localização dos Trabalhos de Prospecção no RR3	87
ANEXO IV - Perfis Geológicos e Geotécnicos Interpretativos no RR3	89

Índice de Quadros

Quadro1: Esquema de Rega do Bloco Alvito-Pisão (área em ha)	4
Quadro2: Correções das Cartas de Sismicidade	9
Quadro 4.1 - Indicação das amostras colhidas durante a 1ª campanha de prospecção	33
Quadro 4.2 - Resumo dos resultados de caracterização das amostras recolhidas no prédio E-243 (iniciais)	35
Quadro 4.3 – Resumo dos resultados de caracterização das amostras recolhidas no prédio E-243 (complementares).	36
Quadro 4.4 – Aplicabilidade do material representado pelas diversas amostras	39
Quadro 4.5 – Quadro resumo de resultados	40
Quadro 4.6 – Resultados comparativos dos diversos métodos de determinação do teor de humidade	41
Quadro 4.7 – Resultados dos ensaios de compactação	41
Quadro 5.1 – Aterros experimentais realizados	50
Quadro 5.2 - Aterro E1: A0 - 0,40m, Wopt. - Resumo dos resultados dos ensaios de determinação do teor de humidade realizados	55
Quadro 5.3 - Aterro E1: A0 - 0,40m, Wopt. - Resumo dos resultados dos ensaios de controlo de compactação realizados com a garrafa de areia	55
Quadro 5.4 - Aterro E2: B0 - 0,40m, Wopt.+1 - Resumo dos resultados dos ensaios de determinação do teor de humidade realizados	57
Quadro 5.5 - Aterro E2: B0 - 0,40m, Wopt.+1 - Resumo dos resultados dos ensaios de controlo de compactação realizados com a garrafa de areia	58
Quadro 5.6 - Aterro E5: C1 - 0,30m, Wopt.+1. - Resumo dos resultados dos ensaios de determinação do teor de humidade realizados.	61
Quadro 5.7 - Aterro E5: C1 - 0,30m, Wopt.+1 - Resumo dos resultados dos ensaios de controlo de compactação realizados com a garrafa de areia	62
Quadro 5.8 - Resumo dos resultados dos limites de consistência dos solos do aterro E10	63
Quadro 5.9- Resumo dos resultados dos ensaios de compactação tipo Proctor dos solos do aterro E10	64
Quadro 5.10 - Aterro E10: TZ1 - 0,40m, Wopt. - Resumo dos resultados dos ensaios de determinação do teor de humidade realizados.	65
Quadro 5.11 - Aterro E10: TZ1 - 0,40m, Wopt. - Resumo dos resultados dos ensaios de controlo de compactação realizados com a garrafa de areia	66

Índice de Figuras

Figura 2.1 – Enquadramento da empreitada/Rede hidrográfica da Bacia da albufeira do RR3 (figura retirada do projecto)	5
Figura 2.2 – Localização do RR3	5
Figura 2.3 - Aspecto geral do material escavado pelos poços. (figura retirada do projecto)	7
Figura 2.4 - Mapa de intensidades sísmicas máximas observadas em Portugal Continental durante o período de 1902 a 1972 - Extraído de: Atlas do Ambiente - Sismologia (Direcção Geral do Ambiente)	8
Figura 2.5 – Divisão do país por graus de sismicidade - Extraído de: Atlas do Ambiente – Sismologia (Direcção Geral do Ambiente).	9
Figura 3.1 – Perfil do Reservatório R3 (figura retirada do Projecto de execução)	11
Figura 3.2 – Localização do descarregador de cheias	12
Figura 3.3 – Descarregador de cheias (tipo Poligonal) (vista de montante)	13
Figura 3.4 – Macro rugosidades associadas ao canal de descarga de cheias (Vista de Jusante)	13
Figura 3.5 – Tomada de Água (Vista de Montante)	14
Figura 3.6 – Grupos electrobomba	14
Figura 3.7 – Fuso Granulométrico do Material A1	15
Figura 3.8 – Fuso Granulométrico do Material A2	16
Figura 3.9 – Fuso Granulométrico do Material F	17
Figura 3.10 – Fuso Granulométrico do Material D	17
Figura 3.11 – Fuso Granulométrico do Material E	18
Figura 3.12 – Fuso Granulométrico dos Materiais a utilizar na construção da barragem	19
Figura 4.1 - Série de Peneiros ASTM	23
Figura 4.2 – Concha de Casagrande	24
Figura 4.3 – Concha de Casa Grande, abertura de sulco	24
Figura 4.4 - Concha de Casa Grande, esquema do fecho longitudinalmente do sulco	24
Figura 4.5 – Projecção gráfica dos resultados obtidos para a determinação do limite de liquidez	25
Figura 4.6 – aspecto dos rolinhos executados para a determinação do limite de plasticidade	25
Figura 4.7 – Modelo americano do equipamento "Speedy"	29
Figura 4.8 – Abertura do buraco na camada, para execução do ensaio da garrafa de areia	30
Figura 4.9 – Pesagem da garrafa de areia antes do enchimento do buraco aberto na camada	30
Figura 4.10– Enchimento do furo aberto na camada	31

Figura 4.11 – Modelo de Funcionamento de um Gamadensímetro – (A) Ensaio à superfície transmissão directa; (B) Ensaio à profundidade transmissão indirecta.	32
Figura 4.12 – Vista geral da mancha de empréstimo	34
Figura 4.13 - Curvas granulométricas das amostras recolhidas na campanha inicial	35
Figura 4.14 - Curvas granulométricas das amostras recolhidas na campanha complementar	37
Figura 4.15 - Curvas granulométricas das amostras recolhidas na campanha complementar, que se enquadram no fuso correspondente ao material A1	39
Figura 4.16 - Curvas granulométricas das amostras recolhidas na campanha complementar, que se enquadram no fuso correspondente ao material A2.	39
Figura 4.17 - Curvas de compactação Proctor das amostras recolhidas	42
Figura 5.1 – Localização em planta, dos ensaios para as camadas 0,3m e 0,4m de espessura	44
Figura 5.2 – Vista parcial da mancha de empréstimo (fase de exploração)	45
Figura 5.3 – Preparação da plataforma para a execução dos aterros experimentais	46
Figura 5.4 – Aspecto do aterro experimental	48
Figura 5.5 – Vista Geral da distribuição espacial dos ensaios de garrafa de areia	48
Figura 5.6 – Localização em perfil, dos ensaios para as camadas 0,30m e 0,40m evidenciando as situações de sobreposição e rebaixamentos da superfície correspondente ao início do ensaio	49
Figura 5.7 – Pormenor de um ensaio de garrafa de areia iniciado a 20 cm a 5 cm profundidade, respectivamente (da direita para a esquerda)	49
Figura 5.8 – Esquema representativo da localização dos ensaios in situ	50
Figura 5.9 – Distribuição granulométrica dos solos aplicados no aterro E1	53
Figura 5.10 – Curva Proctor relativa dos solos aplicados no aterro E1	53
Figura 5.11 – Esquema do aterro E1	54
Figura 5.12 – Distribuição granulométrica dos solos aplicados no aterro E2	56
Figura 5.13 – Curva Proctor relativa dos solos aplicados no aterro E2	56
Figura 5.14 – Esquema do aterro E2	57
Figura 5.15 – Distribuição granulométrica dos solos aplicados no aterro E5	59
Figura 5.16 – Curva Proctor relativa dos solos aplicados no aterro E5	60
Figura 5.17 – Esquema do aterro E5	60
Figura 5.18 – Distribuição granulométrica dos solos aplicados no aterro E10	63
Figura 5.19 – Curva Proctor relativa dos solos aplicados no aterro E10	64
Figura 5.20 – Esquema do aterro E10	64
Figura 6.1 – Aspecto geral do laboratório de campo (vista exterior e interior)	69

Figura 6.2 - Aspecto geral da zona da barragem, antes do início da decapagem	70
Figura 6.3 - Aspecto geral da fundação da barragem após saneamento	70
Figura 6.4 - Compactação da fundação e escarificação da camada para permitir ligação com as camadas de aterro	71
Figura 6.5 – Desvios de Grau de Compactação e teor de humidade, relativamente aos valores padrão (baridade máxima teórica e teor óptimo de humidade) de cada solo do tipo A1 utilizado	73
Figura 6.6 - Desvios de Grau de Compactação e teor de humidade, relativamente aos valores padrão (baridade máxima teórica e teor óptimo de humidade) de cada solo do tipo A2 utilizado	74
Figura 6.7 – Aspectos gerais da evolução dos trabalhos de construção do reservatório	75

1 - Introdução

A realização do estágio e elaboração do presente relatório enquadra-se no âmbito do Mestrado em Engenharia Geológica, edição 2007/2009.

A componente pratica deste trabalho foi desenvolvida na Sulensaio – Engenharia e Geotecnia, Lda., na qual o autor exerce funções de quadro superior e responsável pelo acompanhamento dos trabalhos desta obra.

A Sulensaio subcontratada pela empresa OPWAY – Engenharia, S.A, assegurou a realização dos trabalhos de geotecnia e controlo de qualidade associados à construção da obra - Reservatório R3 (Cuba Este) e implementação de canais de rega, sendo o dono de obra a EDIA - Empresa de Desenvolvimento e Infra-estruturas do Alqueva S.A.

Este documento está organizado por capítulos, de modo a sistematizar e enquadrar as diversas actividades de estudos associadas à execução da obra, com uma lógica de organização temporal.

Com ele pretende-se expor todo o processo de controlo de qualidade desde a fase de prospecção de manchas de empréstimo até à conclusão da construção dos aterros da barragem.

No capítulo 2 é feito um enquadramento da obra, sendo abordada a geografia e localização, a geologia da zona e ainda aspectos relacionados com a sismicidade local.

A concepção geral do reservatório e as características dos materiais a aplicar em obra, são apresentados no capítulo 3.

No capítulo 4 são apresentadas campanhas de prospecção geológica, a delimitação das manchas de empréstimo, bem como, a metodologia de controlo de construção.

A metodologia adoptada na execução dos aterros experimentais e análise dos resultados obtidos é apresentada no capítulo 5.

São apresentadas no capítulo 6 as várias fases de construção da barragem e os resultados do controlo de qualidade da construção do reservatório.

Por fim no capítulo 7 são apresentadas as conclusões obtidas no decorrer deste trabalho.

2 - Enquadramento da Obra

Neste capítulo faz-se o enquadramento da obra, atentando para os aspectos seguintes: intervenientes na edificação da obra, geografia e localização, geologia da zona e ainda aspectos relacionados com a sismicidade local.

Deste modo será mais fácil a percepção do local de edificação da obra.

Os Intervenientes na obra são:

- Dono de obra: *EDIA - Empresa de Desenvolvimento e Infra-estruturas do Alqueva S.A.*;

- Grupo Projectista:

- *HIDROPROJECTO – Engenharia e Gestão, S.A.*;

- *AQUALOGUS – Consultadoria de Hidráulica e Recursos Hídricos.*

- Construtor: *OPWAY – Engenharia, S.A.*;

- Entidade Fiscalizadora: *CINCLUS – Planeamento e Gestão de Projectos, S.A.*;

- Controlo de qualidade dos materiais aplicados e sua aplicação:

- *SULENSAIO – Engenharia e Geotecnia, Lda.*

O controlo de qualidade dos materiais, e sua aplicação em obra, foi acompanhado pelo autor, enquanto técnico superior da Sulensaio.

2.1 - Enquadramento Geográfico

O Projecto dos Blocos de Rega Alvito-Pisão enquadra-se no Subsistema de Rega de Alqueva, estando integrado no Empreendimento de Fins Múltiplos do Alqueva.

Localiza-se na margem direita do rio Guadiana, no Baixo Alentejo, distrito de Beja, entre as povoações de Alvito, Vidigueira e Beringel. A área de estudo distribui-se pelos concelhos de Cuba, Beja, Vidigueira e Alvito, sendo abrangidas pelo Projecto as freguesias de Cuba e Faro do Alentejo (Cuba), São Brissos e São Matias (Beja), Selmes e Vidigueira (Vidigueira) e Alvito (ver - Anexo 1).

O reservatório R3 (Cuba Este), tema de estudo deste documento, é abastecido a partir do adutor Cuba-Vidigueira e tem como função principal responder instantaneamente aos caudais pedidos. Este reservatório permite também a regularização diária dos caudais aduzidos (dados constantes do Projecto de execução).

As manchas de rega a beneficiar com o sistema Alvão-Pisão, ocupam uma grande extensão, com variações altimétricas consideráveis, situando-se algumas das áreas bastante afastadas do canal de adução. A área total que se prevê beneficiar com a implementação deste projecto é de 10 028 ha (dados constantes do Projecto de execução).

As manchas de rega serão abastecidas pelo canal de ligação Alvão-Pisão, que deriva água directamente para dois reservatórios (Cuba Oeste – R1 e Faro – R2), bem como para o adutor de Cuba-Vidigueira que deriva água para os restantes reservatórios (Cuba Este – R3 e Vidigueira – R4).

A jusante de cada um dos reservatórios R1, R3 e R4 encontra-se localizada uma estação elevatória, com dois patamares de elevação, que pressurizam duas redes independentes, de acordo com o quadro seguinte (dados constantes do Projecto de execução):

Quadro 1: Esquema de Rega do Bloco Alvão-Pisão (área em ha)

Bloco	Reservatório	Estação elevatória	Sub-Bloco beneficiado	Área
Cuba Oeste	R1	EE1	Cuba Oeste 1	1186,0
			Cuba Oeste 2	1300,0
Faro	R2	Gravítico	Faro	2713,0
Cuba Este	R3	EE3	Cuba Este 1	874,0
			Cuba Este 2	1211,0
Vidigueira	R4	EE3	Vidigueira 1	1082,0
			Vidigueira 2	1662,0
Total				10028,0

Na figura seguinte é apresentado o esquema geral do Bloco do Alvão-Pisão. A divisão em blocos de rega foi feita considerando diversos critérios.

Por um lado, o critério altimétrico, em que se procurou juntar áreas que, do ponto de vista altimétrico, não conduzissem a alturas de elevação na estação elevatória muito diferentes. Por outro lado, foram delimitados blocos tentando diferenciar as zonas de grande e pequena propriedade (dados constantes do Projecto de execução).

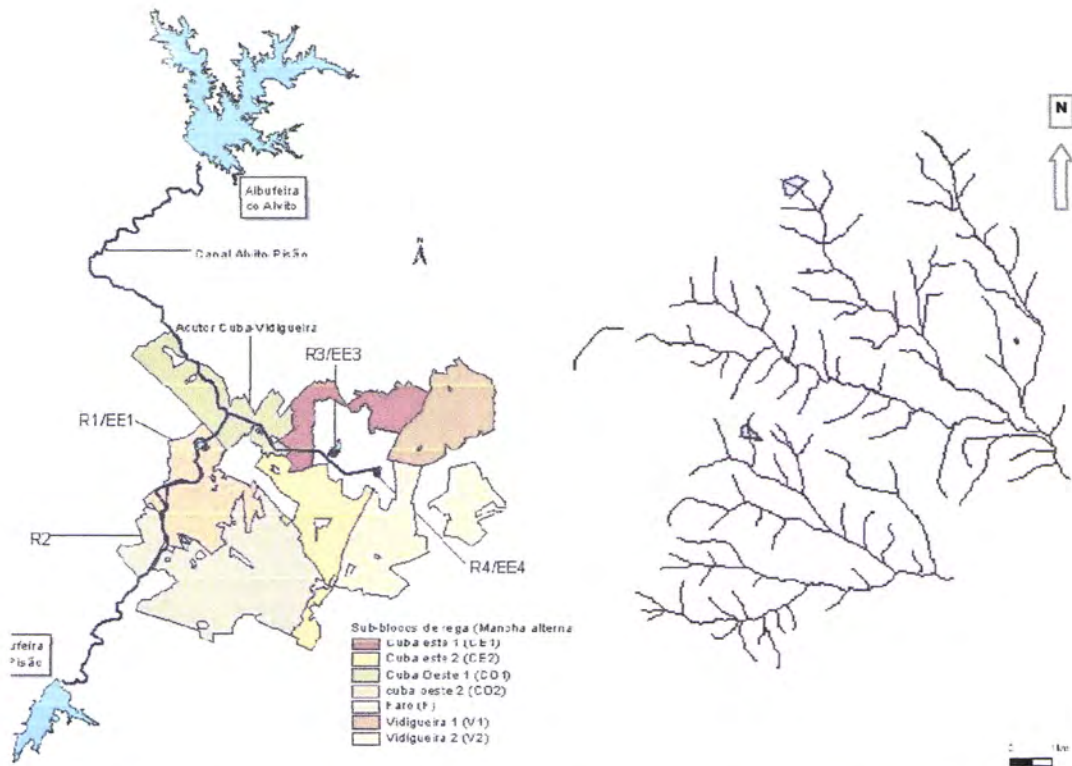


Figura 2.1 – Enquadramento da empreitada/Rede hidrográfica da Bacia da albufeira do RR3 (figura retirada do projecto)

Relativamente ao Reservatório R3, apresenta-se na figura 2.2, retirada do Google-Earth, a sua localização.

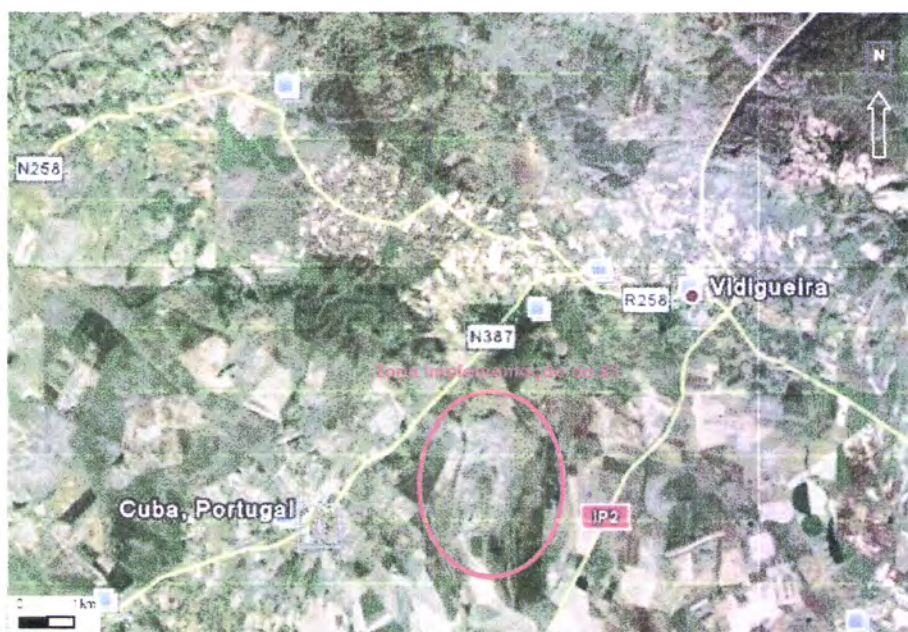


Figura 2.2 – Localização do RR3

2.2 - Enquadramento Geológico

A região em que se localiza este empreendimento, insere-se, em termos de macro escala, na zona do Maciço Antigo, soco rígido da Península Ibérica enrugado pela sucessão dos movimentos Hercínicos. Num contexto de subdivisão paleogeográfica e tectónica deste soco antigo, a área do Baixo Alentejo caracteriza-se por se incorporar na chamada Zona de Ossa-Morena (Andrade et al., 1992)

A evolução da cadeia Hercínica - também denominado como cadeia Varisca - caracterizou-se, por um lado, pelo desenvolvimento de relevos tectónicos e, por outro, por um prolongado processo erosivo que permitiu o destacamento de relevos residuais (como, por exemplo, a Serra de São Mamede e Alcaria Ruiva), bem como a formação de um nível de aplanamento planáltico, a denominada Peneplanície Alentejana. O acentuado arrasamento topográfico, sobretudo no que respeita à área a Oeste e Sudoeste de Beja e entre Brinches, Pias e Moura, insere-se nesta superfície de erosão principal caracterizando-se por um elevado nível de aplanamento (Lopes, 2003).

Do ponto de vista tectónico realça-se, somente, a presença de uma falha de orientação NW-SE a E-W e desligamentos NE-SW, que percorre a área de estudo.

Na zona abrangida pelo projecto, complexo gabro-diorítico de Cuba (ver Anexo 2), verifica-se uma associação heterogénea de gabros e dioritos que, na zona de Vila Nova de S. Bento assume alguma expressão cartográfica. Os dioritos e gabros anfibólicos, por vezes frequentes, são difíceis de distinguir macroscopicamente.

Segundo a notícia explicativa da folha 8 da Carta Geológica de Portugal à escala de 1/200000, as relações temporais e espaciais entre os diversos conjuntos plutónicos do Maciço de Beja está ainda mal conhecida, sendo certo que os gabros de Beja correspondem às intrusões mais antigas (do Carbónico inferior?), e os Porfírios de Baleizão (e possivelmente os Gabros – Dioritos de Cuba) às mais tardias (do Namuriano) (Andrade et al., 1992).

As rochas dioríticas e quartzo-dioríticas contactam, a ocidente e a sul, com os calcários e calcários dolomíticos metamorizados, sendo os limites entre estas duas unidades de unidades de natureza tectónica (Carvalhosa, 1969). Na região de Cuba-Alvito (Andrade, 1992; Fonseca, 1995) ocorrem maciços gabróicos a granodioríticos (Alvito) e gabrodioríticos (Cuba). Ambos, apresentam quimismo de natureza calco-alcalina (Santos, 1990).

O local de implantação do reservatório enquadra-se na extensa peneplanície do Alentejo, de relevo suave, onde domina uma rede hidrográfica pouco penetrativa. As cotas do terreno natural na zona de implantação da obra, estão compreendidas entre os 175 m e os 180 m.

O reservatório insere-se em terrenos Miocénicos, em que predominam os depósitos detríticos grosseiros, com abundantes seixos rolados, inseridos numa matriz predominantemente argilosa. Frequentemente, ocorrem concreções carbonatadas compactas.

Na figura 2.3, pode observar-se o aspecto destes materiais.



Figura 2.3 - Aspecto geral do material escavado pelos poços. (figura retirada do projecto)

2.3 - Enquadramento Sismológico

No contexto da tectónica de placas, Portugal encontra-se inserido na placa euro-asiática, relativamente próxima da fractura Açores-Gibraltar que constitui fronteira entre aquela placa e a placa africana. Neste contexto, Portugal pertence à sub-placa ibérica, separada da restante área continental europeia pela cadeia montanhosa dos Pirinéus.

Ao localizar-se numa posição de transição entre a fronteira de placas África-Ibérica e as regiões interiores continentais mais estáveis do noroeste da Europa, o nosso território é afectado por duas grandes zonas de actividade sísmica:

- Zona activa interplacas, ao longo da fronteira Açores-Gibraltar;
- Zona activa intraplacas, sede de uma actividade sísmica moderada a elevada na região sul do país, mais afastada da fronteira de placas.

De acordo com o Mapa de Intensidades Sísmicas Máximas (Direcção Geral do Ambiente 1975), correspondente ao período de 1902-1972, o local de implantação dos reservatórios caracteriza-se por uma sismicidade elevada, sendo VII o máximo valor de intensidade registada.

Na figura 2.4, apresenta-se o Mapa de intensidades sísmicas máximas observadas em Portugal Continental durante o período de 1902 a 1972

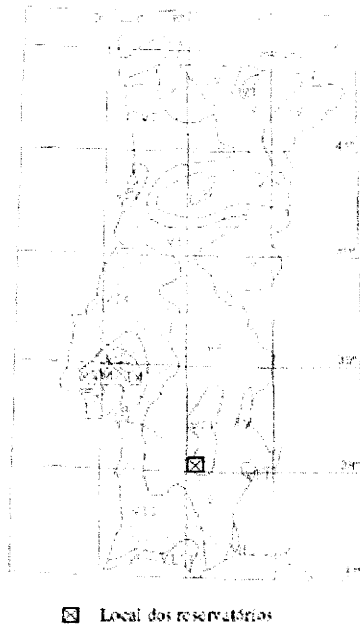


Figura 2.4 - Mapa de intensidades sísmicas máximas observadas em Portugal Continental durante o período de 1902 a 1972 - Extraído de: Atlas do Ambiente - Sismologia (Direcção Geral do Ambiente)

Com base na magnitude e na distância epicentral da globalidade dos sismos que constam do relatório "Compilação de Catálogos Sísmicos da Região Ibérica" (LNEC 1992), verifica-se que os sismos de maior magnitude, num raio de 200 km em torno do reservatório, correspondem aos seguintes eventos (dados constantes do Projecto de execução)

- Sismo de 1722/12/27, com epicentro próximo de Tavira, magnitude $M=7,8$ e distante do local do reservatório cerca de 115 km. Encontra-se provavelmente associado com a Falha do Guadalquivir;
- Sismo de 1909/04/23, com epicentro próximo de Benavente, magnitude $M=7,6$ e distante do local do referido reservatório cerca de 117 km. Encontra-se, muito provavelmente, associado à designada Falha do Vale Inferior do Tejo.

Com base num universo alargado de eventos sísmicos, posteriores a 1900, OLIVEIRA 1977 sugere cartas de risco sísmico para um período de retorno de 1000 anos cujas reproduções se encontram na Figura 2.5.

Essas cartas resultam de estudos experimentais, utilizando extrapolação parabólica, e permitem estimar, no local do reservatório e ao nível do bed-rock, valores de 0,13-0,15g, 12 cm/s e 6-7 cm para a aceleração, velocidade e deslocamento, respectivamente.

Estas grandezas podem ser determinados para diferentes períodos de retorno através de factores de correcção, conforme quadro seguinte:

Quadro2: Correcções das Cartas de Sismicidade

Período de retorno (anos)	1000	500	200	100	50	20	10
Factor de correcção	1	0,75±5%	0,54±8%	0,4±12%	0,27±16%	0,15±20%	0,1±25%

De acordo com o Artigo 26º das Normas de Projecto de Barragens, os espectros de potência e/ou de resposta indicados no RSA 1983 constituem uma adequada aproximação para o cálculo estrutural do reservatório. Este regulamento considera o país dividido em quatro zonas que, por ordem decrescente de grau de sismicidade, são designadas por A, B, C e D (Figura 2.5). A influência desse grau de sismicidade é traduzida pelo coeficiente de sismicidade, encontrando-se o local em estudo na zona A, à qual corresponde o valor de 1,0. Para a determinação dos efeitos da acção dos sismos nas estruturas, dever-se-ão, no geral, considerar os terrenos como sendo do tipo I (rochas e solos coerentes rijos).

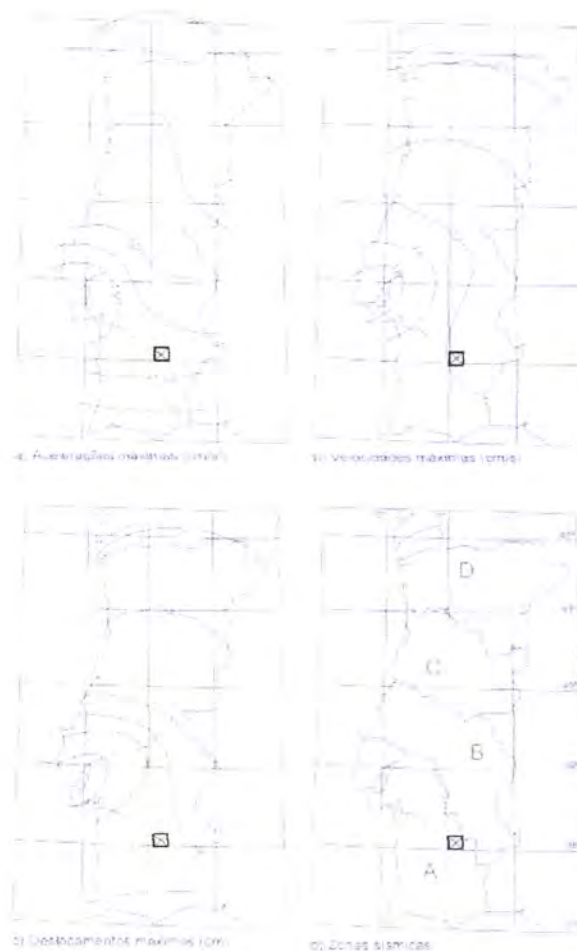


Figura 2.5 – Divisão do país por graus de sismicidade - Extraído de: Atlas do Ambiente – Sismologia (Direcção Geral do Ambiente).

3 - Concepção Geral do Reservatório

Este reservatório, constitui uma das "peças" do Bloco de rega Alvito – Pizão, fundamental ao cumprimento do Plano de Rega da Região.

No anexo 3, apresenta-se uma planta geral com a localização da barragem. Este desenho inclui a indicação campanha de prospecção realizada. Esta peça desenhada consta do projecto de execução

No anexo 4, apresenta-se um perfil longitudinal pelo eixo do reservatório. Esta peça desenhada consta do projecto de execução

3.1 - Características do Empreendimento

De forma sintética, as características principais deste empreendimento são as seguintes:

- O reservatório R3 tem o Nível Mínimo de Exploração (NME) à cota 176,00 m;
- O Nível de Pleno Armazenamento (NPA) à cota 179,30 m;
- O Nível de Máxima Cheia (NMC) à cota 180,08 m;
- O coroamento à cota 181,00 m;
- A albufeira terá um Nível Mínimo de Exploração (NME) de 15,9 dam³;
- O Nível de Pleno armazenamento (NPA), terá uma capacidade total da ordem dos 222,3 dam³, e inundará no NPA uma área de 10,8 ha.

Na figura seguinte, figura 3.1, apresenta-se um perfil tipo da barragem associada ao reservatório R3.



Figura 3.1 – Perfil do Reservatório R3 (figura retirada do Projecto de execução)

O perfil transversal tipo do dique é caracterizado por um coroamento à cota 181,00 m com 5 m de largura e paramentos de montante e de jusante, respectivamente com inclinação igual a 1(V):3,0(H) e 1(V):2,5(H).

As obras realizadas no âmbito deste empreendimento, compreendem:

- Um arranjo geral compreendendo uma barragem em aterro com cerca de 8,0 m acima do terreno natural;
- Um coroamento com 585m de extensão e 5m de largura;
- Um descarregador de cheias;
- Uma descarga de fundo;
- Uma tomada de água.

No reservatório R3 o descarregador de cheias foi implantado na margem esquerda. Na figura 3.2 apresenta-se a localização do descarregador de cheias.



Figura 3.2 – Localização do descarregador de cheias

O descarregador é do tipo poligonal, ao qual se segue um canal com macrorugosidades para dissipação de energia, sendo o caudal descarregado escoado por uma vala escavada em terreno natural. O descarregador de cheias foi dimensionado para a cheia crítica correspondente a um período de 1 000 anos.

Na figura 3.3 apresenta-se o descarregador de cheias, tipo poligonal usado no reservatório R3

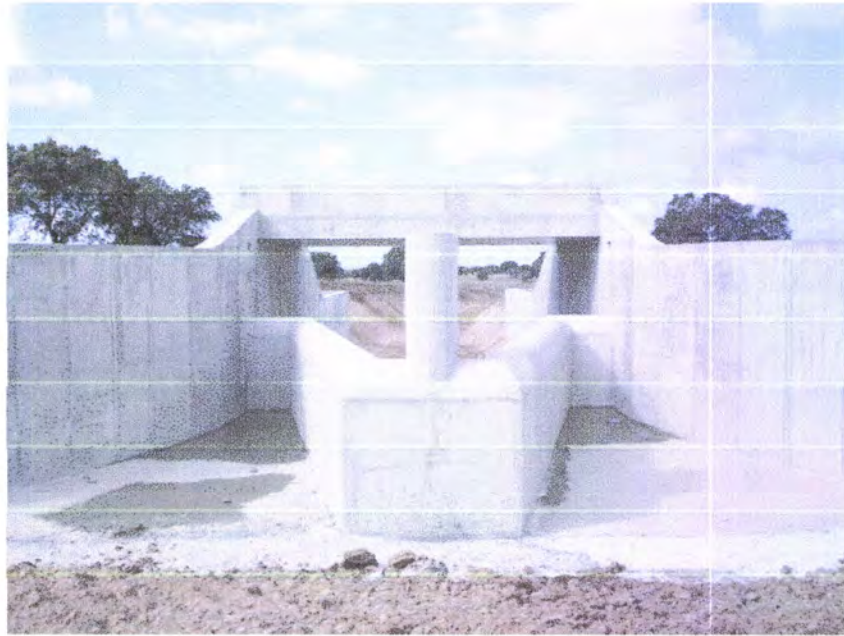


Figura 3.3 – Descarregador de cheias (tipo Poligonal) (vista de montante)

Na figura 3.4 apresentam-se as macrorugosidades associadas ao canal de descarga de cheias do reservatório R3.



Figura 3.4 – Macro rugosidades associadas ao canal de descarga de cheias (Vista de Jusante)

A tomada de água tem apenas um nível de captação e é constituída por um canal de aproximação escavado em terreno natural, e duas câmaras onde serão montados, duas comportas vagão, duas grelhas finas e um sistema de filtração constituído por dois tamisadores. Na câmara a jusante dos tamisadores têm início a conduta com 2,0 metros de diâmetro para alimentação dos grupos electrobomba.

Na figura 3.5 apresenta-se a tomada de água do reservatório R3.



Figura 3.5 – Tomada de Água (Vista de Montante)

Na figura 3.6 apresentam-se os grupos electrobomba do reservatório R3.



Figura 3.6 – Grupos electrobomba

A descarga de fundo é constituída por um trecho comum à tomada de água e por uma derivação que termina numa estrutura de dissipação de energia. Esta estrutura é do tipo BRVI de acordo com o "Bureau of Reclamation". A entrada de água, através do adutor Cuba-

Vidigueira, processa-se pela parte inferior da barragem. Esta estrutura é constituída por uma bacia de dissipação onde, à entrada, está montada uma grelha de protecção.

De acordo com os Regulamentos em vigor, e atendendo ao volume total de água armazenado, a presente barragem deve ser considerada como uma grande barragem de aterro.

3.2 - Características dos Materiais a Utilizar na Construção da Barragem de Aterro

Tal como indicado no projecto e Caderno de encargos associados a esta empreitada, os materiais a utilizar na construção da barragem, deverão ter as seguintes características:

3.2.1 - Aterro de Montante (solos): Este material é designado por A1

As características que estes materiais terão que cumprir são:

- Características granulométricas - Os solos terão que se enquadrar no fuso granulométrico representado na figura seguinte;

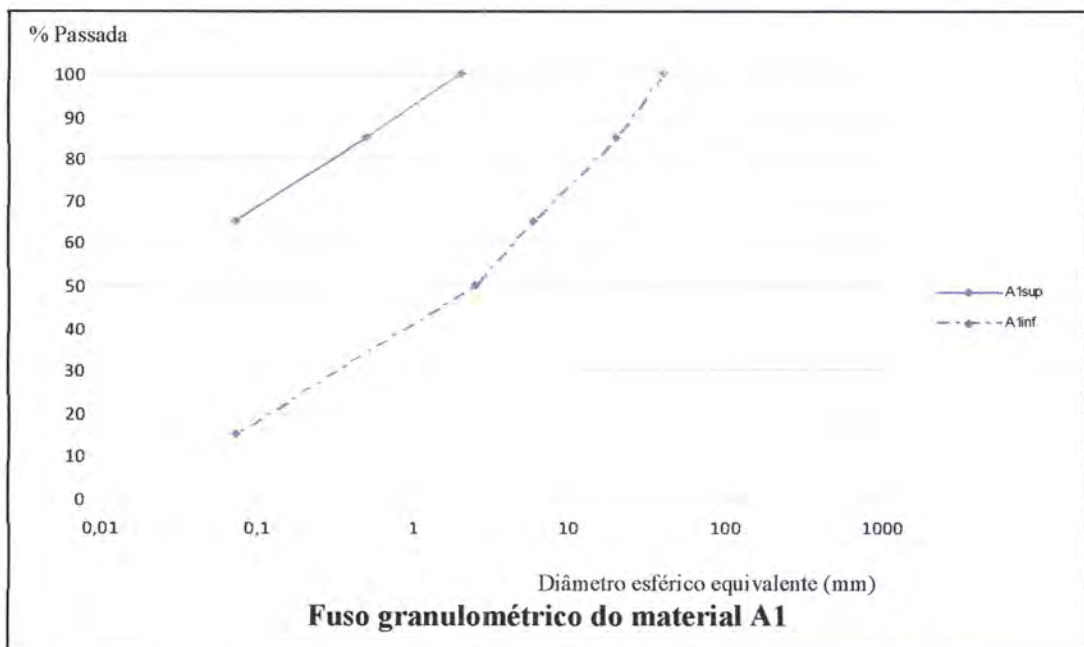


Figura 3.7 – Fuso Granulométrico do Material A1

- Limites de consistência - Os valores que estes parâmetros terão que ter são:
 - Limite de Liquidez máximo < 50%
 - Índice de plasticidade máximo < 25%
- Permeabilidade - A permeabilidade vertical (K_y) deverá ser $\leq 10^{-7}$ m/s.

3.2.2 - Aterro de jusante (solos): Este material é designado por A2

As características que estes materiais terão que cumprir são:

- Características granulométricas - Os solos terão que se enquadrar no fuso granulométrico representado na figura seguinte;

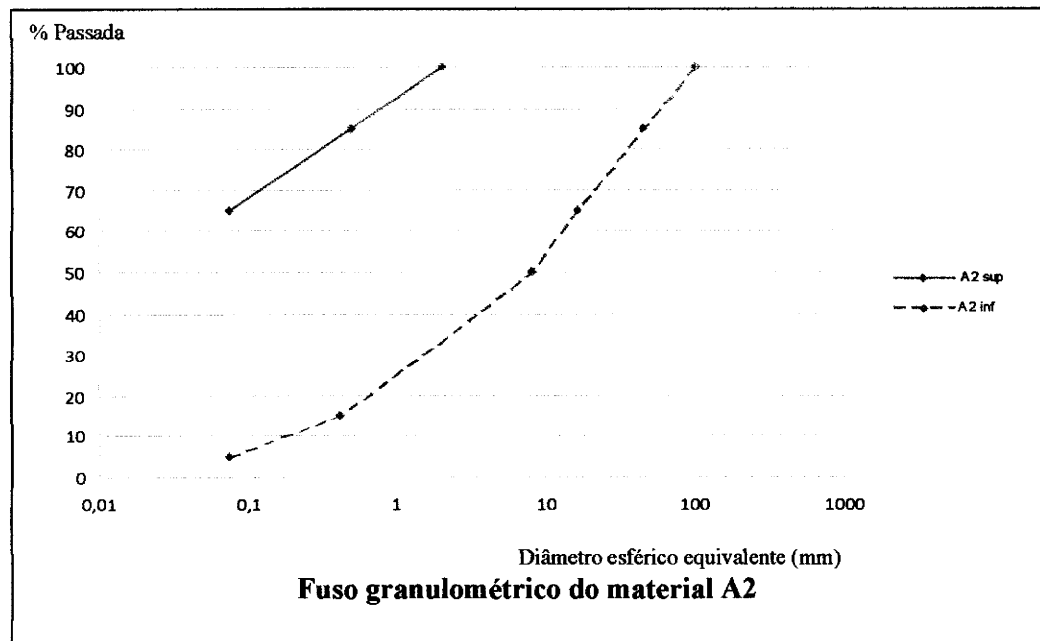


Figura 3.8 – Fuso Granulométrico do Material A2

- Limites de consistência - Os valores que estes parâmetros terão que ter são:
 - Limite de Liquidez máximo < 50%
 - Índice de plasticidade máximo < 25%
- Permeabilidade - A permeabilidade vertical (K_y) deverá ser $\geq 10^{-6}$ m/s;

3.2.3 - Material (areia) do Filtro Sub-Vertical e Tapete Drenante: Este material é designado por F

As características que estes materiais terão que cumprir são:

- Características granulométricas - Os solos terão que se enquadrar no fuso granulométrico representado na figura seguinte;
- Coeficiente de uniformidade (C_u) < 20.

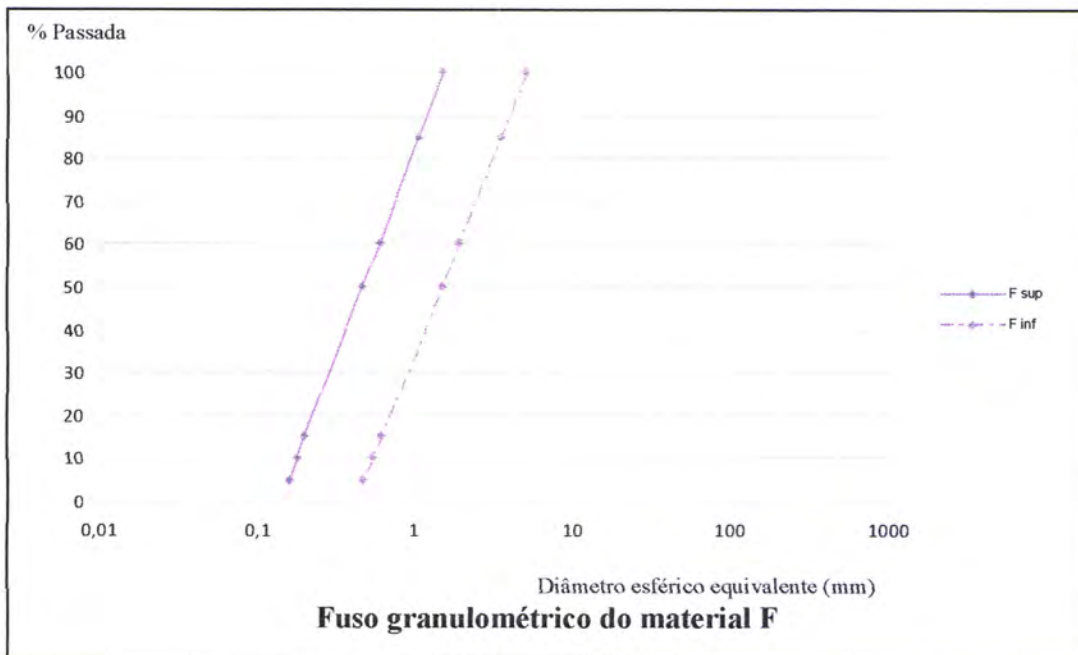


Figura 3.9 – Fuso Granulométrico do Material F

3.2.4 – Material (Brita) do Tapete Drenante e da Protecção do Talude de Montante: Este material é designado por D

As características que estes materiais terão que cumprir são:

- Características granulométricas - Os solos terão que se enquadrar no fuso granulométrico representado na figura seguinte;

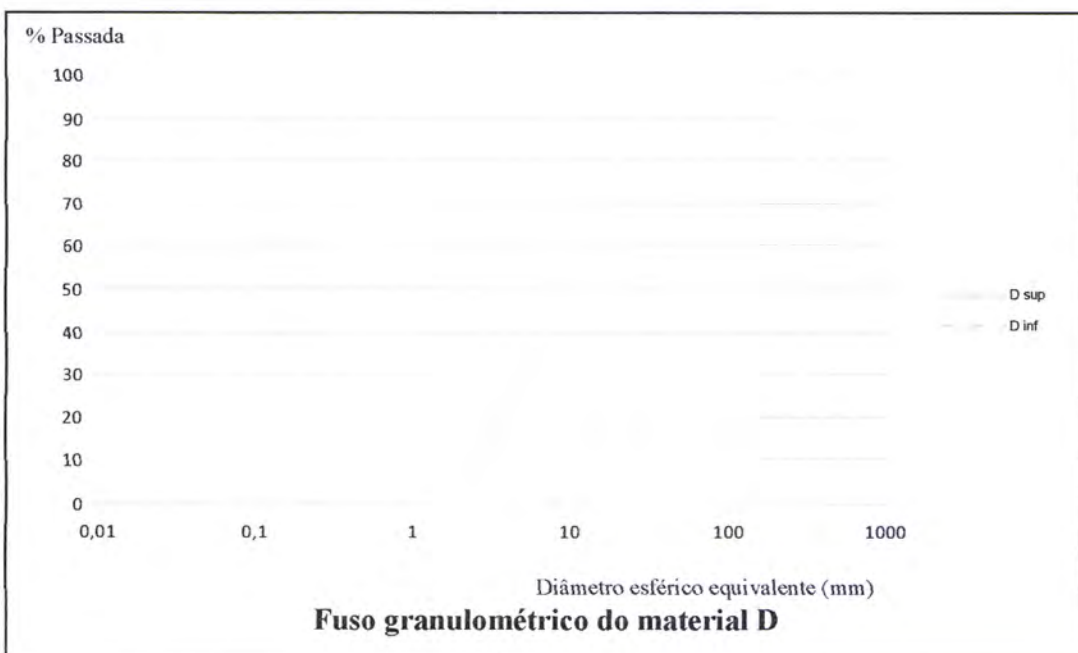


Figura 3.10 – Fuso Granulométrico do Material D

- Coeficiente de uniformidade (Cu) < 20.

3.2.5 - Material de Enrocamento de Protecção do Talude de Montante e de Protecção da Saída do Tapete Drenante: Este material é designado por E

As características que estes materiais terão que cumprir são:

- Características granulométricas - Os solos terão que se enquadrar no fuso granulométrico representado na figura seguinte

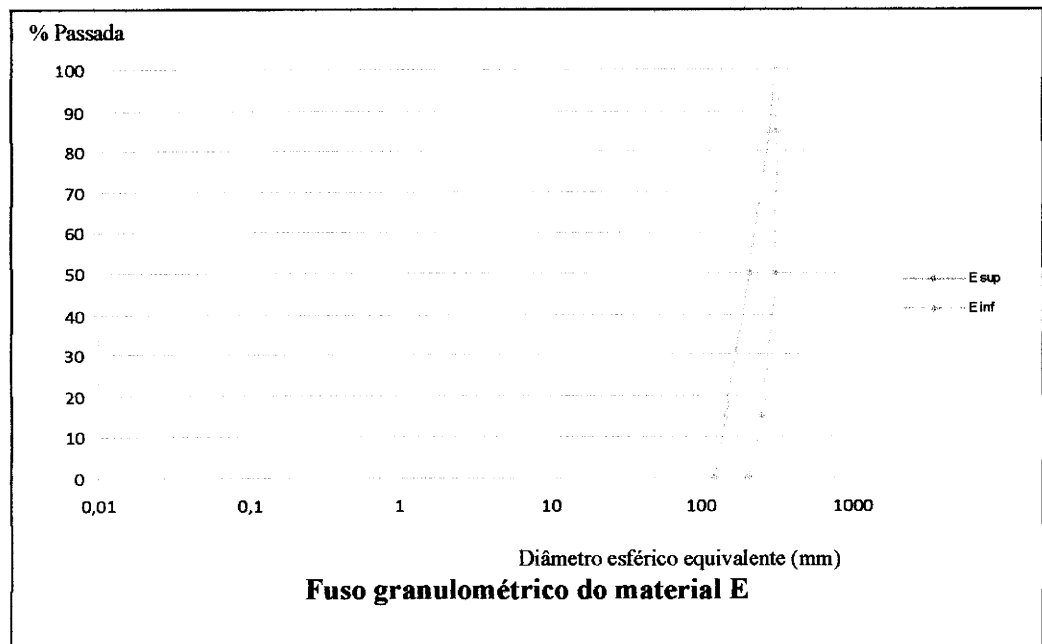


Fig 3.11 – Fuso Granulométrico do Material E

- Massa volúmica aparente > 25 kN/m³;
- Porosidade < 5%;
- Absorção de água < 1%;
- Expansibilidade < 2,5 x 10⁻⁴;
- Resistência à rotura > 25 MPa;
- Desgaste Los Angeles < 40%.

Como é possível observar o projecto prevê exigências granulométricas diferentes para os diversos materiais a utilizar na construção da barragem (do maciço de jusante e de montante).

Assim, de modo a melhor se perceber as diferenças granulométricas existentes entre os diversos materiais a utilizar na construção do reservatório, apresenta-se no gráfico seguinte a conjugação dos diversos fusos granulométricos, anteriormente assinalados separadamente.

Os fusos A 1 e A2, estão representados a azul, o fuso F está representado a roxo, o fuso a rosa representa o material D e o fuso laranja o material E.

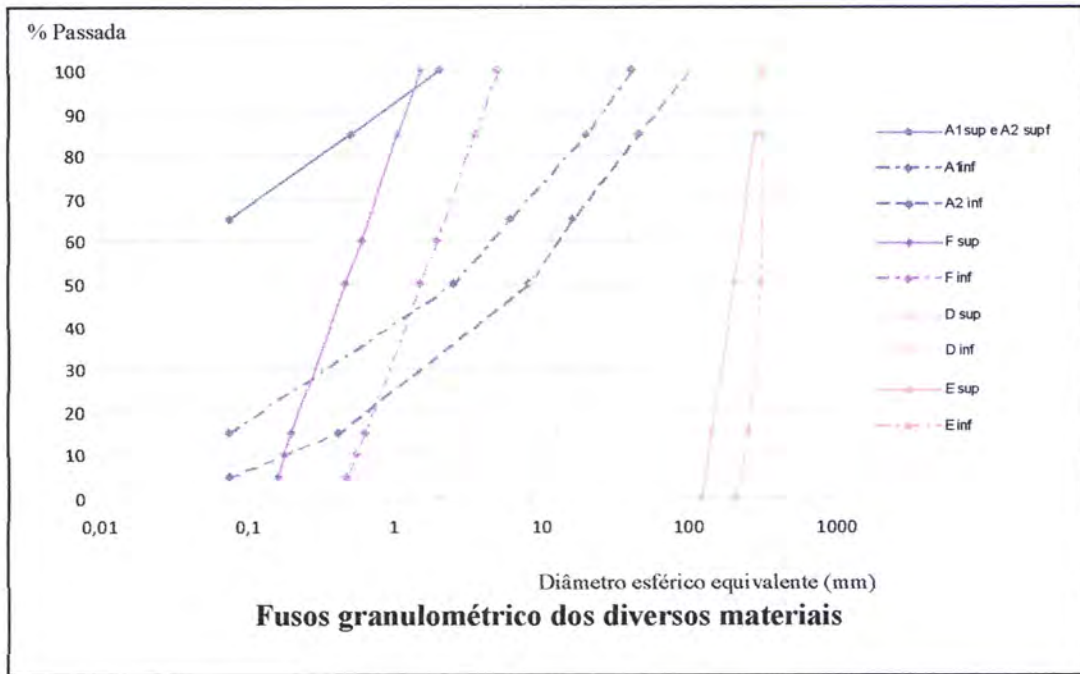


Figura 3.12 – Fuso Granulométrico dos Materiais a utilizar na construção da barragem

4 - Materiais e Métodos

Os solos a utilizar na construção do aterro, provêm de manchas de empréstimo.

Efectivamente, esta obra executa-se quase totalmente em aterro, não havendo escavações significativas a realizar para a execução dos diversos órgãos acessórios.

Esta situação levou à pesquisa de zonas que pudessem constituir Manchas de empréstimo, fundamentais à execução da obra. Sublinha-se que o volume de solos necessário para a construção do aterro era de cerca de 40.000 m³.

Neste sentido, primeiramente estudou-se a possibilidade de proceder a um aproveitamento dos materiais existentes a montante da zona de fundação da barragem, promovendo um rebaixamento das cotas do terreno natural.

Essa solução não veio a ser viável, face às deficientes características dos solos ocorrentes.

Em alternativa, equacionou-se a possibilidade de reutilizar os solos provenientes da escavação a realizar para a construção do adutor Cuba - Vidigueira e do Canal Alviço - Pisão. Do mesmo modo, esta situação veio igualmente a verificar-se inviável, por razões técnico-económicas.

Deste modo, foi necessário avaliar a existência de manchas de empréstimo técnica e economicamente viáveis. Nesse sentido, foram definidas campanhas de prospecção em diversas zonas.

4.1 - Controlo de Qualidade - Caracterização dos Materiais e sua Aplicação

A realização do controlo de qualidade dos materiais engloba a sua caracterização prévia, no sentido de avaliar se poderão ser reutilizados em obra, bem como em que parte da obra deverão ser aplicados.

Para além de se garantir que a construção dos aterros se efectua apenas com solos adequados, importa igualmente garantir a qualidade da aplicação desses solos nas diversas camadas de aterro.

De acordo com o C.E., os ensaios laboratoriais a realizar para a caracterização dos solos e posterior controlo em obra, são:

- Análise granulométrica;
- Limites de consistência;
- Teor de humidade (teor em água);
- Permeabilidade;

- Compactação tipo Proctor

O controlo de compactação, visando a comprovação da qualidade de aplicação dos solos na construção do aterro, é realizado com a execução dos seguintes ensaios:

- Controlo de humidade pelo método do Speedy;
- Controlo de compactação pelos seguintes métodos:
 - Garrafa de areia;
 - Gamadensímetro.

No sentido de melhor clarificar os procedimentos empregues, apresenta-se no item seguinte, a metodologias utilizadas na realização destes ensaios.

4.1.1 - Metodologias de Ensaio

Nos subcapítulos seguintes, procede-se à indicação das metodologias seguidas, em cumprimento do estabelecido em C.E., tanto para os ensaios laboratoriais, como para os ensaios de campo.

4.1.1.1 - Metodologias de Ensaio Laboratoriais

4.1.1.1.1 - Análise Granulométrica

A determinação da análise granulométrica de amostras de solos, é regulamentada pela especificação "Análise Granulométrica - LNEC E 239:1970 - Solos"

Esta norma fixa o modo de determinar quantitativamente a distribuição das partículas constituintes do solo, por calibres.

As amostras a ensaiar deverão ser previamente secas em estufa (até peso constante), e depois peneiradas através da série de peneiros definida no referencial normativo acima referido.

Na figura 4.1 apresenta-se uma ilustração de uma série de peneiros ASTM



Figura 4.1 - Série de Peneiros ASTM

A peneiração deve prolongar-se até que, em qualquer peneiro, não passe, durante um minuto, mais do que 1% do material nele retido.

Terminada a peneiração, pesam-se diversas fracções e procede-se ao cálculo das percentagens acumuladas passadas.

Os resultados obtidos apresentam-se sob a forma de uma tabela de dados e ainda sob a forma gráfica.

4.1.1.1.2 - Limites de Consistência

Os limites de consistência, também designados como limites de Atterberg, com interesse neste tipo de obras, são os limites de liquidez e de plasticidade

4.1.1.1.2.1 - Limite de Liquidez

O limite de liquidez de um solo pode ser interpretado como sendo o teor de humidade que separa o estado de consistência líquido do plástico.

O limite de liquidez corresponde ao teor de humidade do solo quando este permite o fecho de um sulco traçado de acordo com a norma, numa extensão de 1 cm, pela aplicação de 25 golpes na concha de Casagrande.

A determinação deste parâmetro é obtido recorrendo ao uso de uma concha Casagrande, equipamento devidamente normalizado, bem como ao procedimento "DETERMINAÇÃO DO LIMITE DE LIQUIDEZ / PLASTICIDADE NP 143 – 1969".

Na figura 4.2 apresenta-se uma ilustração da concha de Casagrande.



Figura 4.2 – Concha de Casagrande

Assim, e de acordo com a norma de ensaio, procede-se à colocação de uma amostra de solo (material que passa no peneiro n.º 40 (0,425 mm)) na concha Casagrande (figura 4.3), na qual se abre um sulco com um riscador de dimensões padronizadas.



Figura 4.3 – Concha de Casa Grande, abertura de sulco

Seguidamente. Inicia-se com a concha um movimento de subida e queda, a um ritmo constante, registando-se o número de golpes que é necessário dar para que o sulco se feche longitudinalmente, numa extensão de 10 mm.

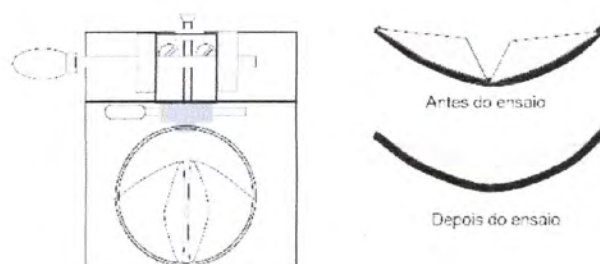


Figura 4.4 - Concha de Casa Grande, esquema do fecho longitudinalmente do sulco

Depois retira-se uma amostra do local onde o solo se uniu e determina-se o teor de humidade.

Este procedimento é repetido mais três a quatro vezes, para diferentes humidades do solo. A repetição deste procedimento para teores de humidade diversos, permitirá construir um o gráfico apresentado na figura 4.5.

Convencionou-se, que o teor de humidade correspondente a 25 golpes na concha de Casagrande, é o limite de liquidez. (segundo recta traçada),.

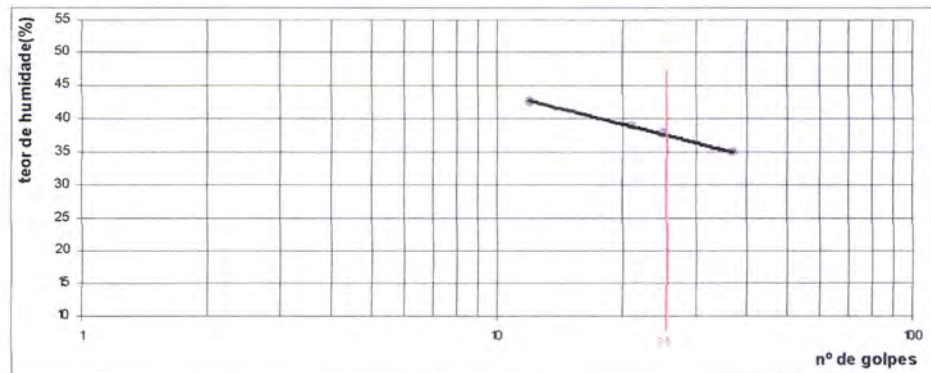


Figura 4.5 – Projeção gráfica dos resultados obtidos para a determinação do limite de liquidez

4.1.1.1.2.2- Limite de Plasticidade

O ensaio para a determinação do limite de plasticidade corresponde ao teor de humidade que limita o comportamento semi-sólido, do plástico

A determinação deste parâmetro é obtida de acordo com a norma "DETERMINAÇÃO DO LIMITE DE PLASTICIDADE NP 143 – 1969".

O ensaio inicia-se rolando, sobre a face esmerilada da placa, uma amostra de solo (material que passa no peneiro n.º 40 (0,425 mm)) com um teor de humidade inicial próximo do limite de liquidez. A velocidade de rolamento deve ser tal que permita três movimentos completos (movimento de vai e vem), durante um segundo.

Na figura 4.6 apresenta-se uma ilustração dos rolos efectuados para a realização do ensaio.



Figura 4.6 – Aspecto dos rolinhos executados para a determinação do limite de plasticidade

Quando o solo rompe, para um diâmetro de três milímetros, determina-se o respectivo teor de humidade.

Este procedimento deve ser repetido três vezes (ficando-se no total com 4 rolos), registando-se, em cada um deles, os valores dos pesos secos e húmidos dos rolos de solo, para determinação dos teores de humidade.

O resultado do ensaio corresponde ao valor médio obtido para o teor de humidade determinado para cada um dos rolinhos executados.

4.1.1.1.3 - Teor de Humidade

O teor de humidade corresponde ao teor em água livre no solo, ou seja, ao teor em água do solo que se liberta por secagem em estufa a temperaturas de 105°C.

Há vários métodos utilizados para a determinação deste parâmetro. Nos pontos seguintes referem-se os métodos utilizados no controlo de qualidade desta obra.

4.1.1.1.3.1- Teor de Humidade: Método da estufa

O método da estufa é um método padrão, e como tal dá resultados precisos e fiéis.

A determinação deste parâmetro é obtida recorrendo ao procedimento "DETERMINAÇÃO DO TEOR DE HUMIDADE - NP 84 - 1965".

O teor de humidade de um provete de solo pode ser definido como sendo o quociente expresso em percentagem, da massa de água (M_w) que se evapora do provete para a temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, pela massa da amostra depois de seco (M_s).

Por massa de solo seco entende-se como a Massa de solo obtida após secagem e pesagens sucessivas efectuadas pelo menos com 1 h de intervalo e não diferindo entre si de mais do que 0,1%.

O teor de humidade é calculado segundo a seguinte fórmula:

$$W = (M_w/M_s) \times 100$$

4.1.1.1.3.2 - Teor de Humidade: Método do micro ondas

O método do microondas é uma forma expedita de determinar o teor de humidade de um provete.

O método do micro ondas é actualmente utilizado em obra para a determinação expedita do teor em água de pequenas amostras de solo, limitando-se a sua aplicação a solos granulares. Salienta-se a necessidade duma calibração para cada tipo de solo considerado, a calibração deverá fazer-se por valores obtidos segundo este método e valores correspondentes a determinações feitas em estufa.

A determinação deste parâmetro é obtida recorrendo ao procedimento "Standard Test Method for Determination of Water (Moisture) Content of Soil by the Microwave Oven Heating: ASTM D 4643 – 00"

4.1.1.1.4 - Permeabilidade

A permeabilidade consiste na propriedade que os solos têm para permitir, com maior ou menor facilidade, a passagem da água.

A medição/quantificação deste parâmetro é feita através do coeficiente de permeabilidade (K), que é proporcional à viscosidade da água. Como a viscosidade (μ) varia com a temperatura (T), as medidas de K em laboratório devem estar associadas sempre ao valor da temperatura da água. A temperatura padrão é T = 20°C. Assim, o valor de K obtido em laboratório em outra temperatura deve ser corrigido para o corresponde a 20°C.

O coeficiente de permeabilidade obtido sobre amostras compactadas com o proctor normal, foi determinado utilizando um permeâmetro de carga constante, a partir da equação:

$$K = (V \times L) / (A \times h \times t)$$

Em que:

- V - volume de água que atravessa o provete no intervalo de tempo t, em cm³;
- L - comprimento do provete, em cm;
- A - secção transversal do provete, em cm²;
- h - diferença de carga hidráulica entre os extremos da amostra, em cm.

A determinação deste parâmetro é obtida recorrendo ao procedimento "Standard Test Method for Permeability of Granular Soils (Constant Head)" - ASTM D 2434 – 2000

4.1.1.1.4 - Compactação Tipo Proctor.

O ensaio de compactação Proctor, é um método de compactação experimental que permite avaliar qual é o peso volúmico seco máximo que um solo pode atingir pela aplicação de

determinada energia de compactação. Pela aplicação deste método, determina-se a relação entre a humidade do solo e o peso volúmico atingido após compactação.

Este método utiliza-se para a obtenção de um valor padrão laboratorial, que possibilite a realização de um controlo de compactação de solos aplicados em camadas de aterro, permitindo a determinação do grau de compactação obtido em campo.

Actualmente, este é de facto o ensaio de compactação de solos mais utilizado em obras de aterro, especialmente em obras rodoviárias, ferroviárias, aeródromos e barragens de terra.

Dado que se pretende analisar as características dos solos, tendo sempre presente a sua utilização em barragens, está definida a realização da compactação leve.

Para cada solo, foram moldados vários provetes com diferentes teores de humidade, para os quais se determinou o valor da baridade seca. Depois, pelo traçado da curva correspondente à relação baridade seca versus teor de água, determinaram-se o teor óptimo de humidade e a baridade seca máxima, obtidos para a energia de compactação aplicada.

De acordo com o procedimento de ensaio seguido, a especificação E 197 – 1966, o molde pequeno deve ser utilizado quando a fracção retida no peneiro n.º 4 for inferior a 20%, condição verificada em todos os solos ensaiados

4.1.1.2 - Metodologias de ensaios de campo

Os ensaios de campo realizados para controlo de qualidade da aplicação dos solos no aterro, são descritos, resumidamente, nos pontos seguintes

4.1.1.2.1 - Teor de humidade - método do Speedy

O método designado por "Speedy" permite a avaliação no campo do teor de humidade do solo de uma forma expedita (AASHTO T217-67).

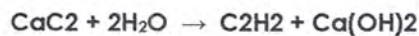
Este ensaio consiste em fazer reagir o solo com o carboreto de cálcio no interior de uma garrafa hermeticamente fechada.

Na figura 4.7, apresenta-se um modelo americano do equipamento "Speedy"



Figura 4.7 – Modelo americano do equipamento "Speedy"

A reacção da água do solo com o carbureto de cálcio dá origem à libertação do gás acetileno que provoca o aumento de pressão no interior da garrafa. O gás acetileno ao expandir-se gera pressão proporcional à quantidade de água existente na amostra.



(carboreto de cálcio + água → acetileno e hidróxido de cálcio)

(Reacção química da água existente numa amostra de solo com o carbureto de cálcio, realizada em ambiente confinado)

Este aumento de pressão é tanto maior quanto maior for a quantidade de água existente no solo. A leitura dessa pressão num manómetro permite indirectamente, avaliar a quantidade de água existente na amostra e, conseqüentemente, o seu teor de humidade.

O método Speedy é utilizado em obra para a determinação rápida (rápida = Speedy) do teor em água de pequenas amostras de solo, limitando-se a sua aplicação a solos granulares. Salienta-se a necessidade duma calibração para cada tipo de solo considerado, a calibração deverá fazer-se por valores obtidos segundo este método e valores correspondentes a determinações feitas em estufa.

4.1.1.2.2 - Garrafa de areia

O método da garrafa de areia está descrito na especificação do LNEC E-204.

O método da garrafa de areia, baseia-se na substituição do volume de solo (retirado da camada a ensaiar), por igual volume de areia, de baridade conhecida, que se coloca no furo aberto.

Na figura seguinte, ilustra-se a abertura do buraco com altura igual à camada a ensaiar, e recolha do solo que se pesa posteriormente.



Figura 4.8 – Abertura do buraco na camada, para execução do ensaio da garrafa de areia

O volume do buraco aberto na execução do ensaio, é quantificado pela medição do volume de areia necessário para o encher.

Para tal basta ter areia calibrada, ou seja areia monogranular de peso volúmico conhecido. Pesar a garrafa cheia dessa areia calibrada, como se representa na figura 4.9, e encher o furo com essa areia, voltando a pesar a garrafa no final, determinando o peso de areia usado.



Figura 4.9 – Pesagem da garrafa de areia antes do enchimento do buraco aberto na camada

A diferença de pesos da garrafa, corresponde ao peso da areia necessária ao enchimento do furo aberto na camada a ensaiar.

Conhecendo-se o valor do peso específico da areia, pode então determinar-se o valor do volume ocupado pela areia, ou seja, o valor do volume correspondente ao furo aberto.

Na figura 4.10, apresenta-se o enchimento do furo aberto na camada



Figura 4.10– Enchimento do furo aberto na camada

Pesa-se o solo retirado do furo, e determina-se o valor do seu peso volúmico, através da expressão:

$$\text{Peso volúmico} = \text{peso do solo} / \text{volume do buraco}$$

4.1.1.2.3 - Gamadensímetro

Este equipamento permite a realização de ensaio expedito para determinar o teor de humidade do solo, bem como sua baridade húmida (massa volúmica húmida).

Os nucleodensímetros, vulgarmente conhecidos por gamadensímetros, são equipamentos radioactivos que utilizam uma fonte selada (Radionuclido: Césium – 137 de 0,30 GBq; Américium -241: Berílio de 1,48 GBq,) para emissão de radiações no solo e um receptor para registar as radiações recebidas depois de terem atravessado um determinado volume de solo.

A perda de energia durante o processo está relacionada com o teor em água e com a baridade seca.

O método da difusão de neutrões, baseia-se no facto de que a energia gasta por um neutrão quando embate num átomo do solo, é máxima quando esse átomo for um átomo de hidrogénio. Assim, aquando da realização de um ensaio, é quantificado o número de neutrões

lentos recebidos após o choque com o solo de um feixe de neutrões rápidos. Deste modo o resultado depende da quantidade de água existente.

A medição do teor em água faz-se por emissão de neutrões rápidos no solo, que por colisão com os átomos de hidrogénio se transformam em neutrões lentos. Um maior número de neutrões lentos registados no receptor corresponderá, assim, a um maior teor de humidade.

Na figura 4.11 apresenta-se uma ilustração do funcionamento de um gamadensímetro.

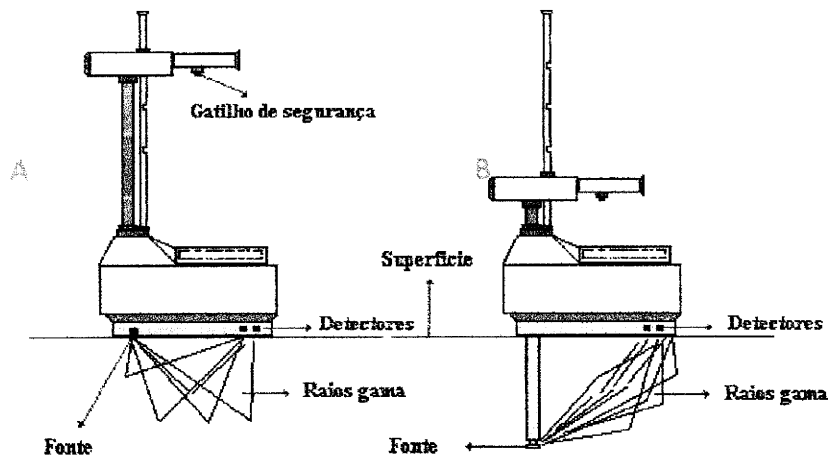


Figura 4.11 – Modelo de Funcionamento de um Gamadensímetro – (A) Ensaio à superfície transmissão directa; (B) Ensaio à profundidade transmissão indirecta. (retirada de Troxlerlabs)

4.2 - Campanhas de Prospecção (Mancha de Empréstimo)

Nos estudos realizados procurou-se encontrar manchas de empréstimo que nos permitissem a obtenção de solos que, em termos granulométricos e de plasticidade, se enquadrassem no tipo definido como A1.

Na implementação destas campanhas observou-se o prescrito na Especificação do LNEC – E 218-1968 – Prospecção Geotécnica de Terrenos – Colheita de amostras.

4.2.1 - Campanha Inicial

A implementação das campanhas de prospecção para a identificação de manchas de empréstimo deparou-se, com vários problemas, como sejam:

- Zonas de expressão arqueológica;
- Acessibilidade;
- Proximidade da obra;
- Autorização dos proprietários

Após um longo período em que, por força das diversas situações anteriormente identificadas, se realizaram várias tentativas de implementação das campanhas, foi possível iniciar os trabalhos.

Com base nos trabalhos de prospecção geológica efectuados na fase de elaboração do projecto, foi possível delimitar uma zona, na qual se esperava encontrar solos que cumprissem o CE.

Realizaram-se 26 poços de sondagens, com auxílio de retroescavadora, e colheitas de amostras. Nesta fase, realizaram-se apenas os ensaios de identificação, ou seja, análises granulométricas (LNEC E196 - 1966) e limites de consistência (NP-143, 1969).

No quadro 4.1, estão assinaladas as situações de campanhas realizadas em diversos locais, indicando-se os resultados obtidos nos ensaios de identificação realizados.

Quadro 4.1 - Indicação das amostras colhidas durante a 1ª campanha de prospecção

Parcela	Amostra	% ref. no # 3/4	% pass. no # 200	LL (%)	IP (%)
E-248 (ESTE 1)	CV05107	0,0	20,2	40	21
E-248 (ESTE 1)	CV05207	0,0	6,9	32	16
E-248 (ESTE 1)	CV05307	0,0	19,5	34	14
E-248 (ESTE 1)	CV05407	0,0	34,5	30	15
E-248 (ESTE 1)	CV05507	1,2	3,2	38	18
E-248 (ESTE 1)	CV05607	0,0	27,1	28	14
E-248 (ESTE 1)	CV05707	0,0	10,3	32	14
E-248 (ESTE 1)	CV05807	0,0	9,4	25	13
E-239 (ESTE 2)	CV06207	0,0	7,8	32	14
E-239 (ESTE 2)	CV06307	6,9	7,6	27	13
E-239 (ESTE 2)	CV06407	0,0	5,5	NP	NP
E-239 (ESTE 2)	CV06507	0,0	11,2	26	13
E-248 (ESTE 2)	CV05907	0,0	25,3	37	22
E-248 (ESTE 2)	CV06007	0,0	10,2	NP	NP
E-248 (ESTE 2)	CV06107	0,0	12,2	33	17
E-248 (ESTE 2)	CV07207	0,0	9,8	37	20
E-248 (ESTE 2)	CV07307	0,0	11,3	30	14
E-248 (ESTE 2)	CV07407	0,0	13,9	31	19
E-248 (ESTE 2)	CV07507	0,0	18,3	31	14
E-248 (ESTE 2)	CV07607	0,0	20,4	33	16
E-248 (ESTE 2)	CV07707	14,8	10,2	30	14
E-239 (ESTE 1)	CV07807	3,6	16,5	27	15
E-239 (ESTE 1)	CV07907	0,0	20,3	30	15
E-239 (ESTE 1)	CV08007	0,0	16,8	33	19
E-239 (ESTE 1)	CV08107	0,0	14,3	31	19
E-239 (ESTE 1)	CV08207	0,0	18,7	33	17

Legenda:

- Primeira Mancha de Empréstimo estudada - Prédio E-248 (Este 1)
- Primeira Mancha de Empréstimo estudada - Prédio E-239 (Este 2)
- Primeira Mancha de Empréstimo estudada - Prédio E-248 (Este 2)
- Primeira Mancha de Empréstimo estudada - Prédio E-239 (Este 1)

A primeira campanha levada a cabo, localizava-se nas parcelas de terreno identificadas como: prédio E – 239 (Este 1 e Este 2) e prédio E – 248 (Este 1 e Este 2).

Pela realização dos ensaios de identificação, verificou-se que, parte das amostras não cumprem o prescrito em CE. Assim, e atendendo à área correspondente aos prédios E – 239 (Este 1 e Este 2) e E – 248 (Este 1 e Este 2), associado ao facto de o proprietário não permitir a exploração dos solos, foi necessário abandonar esta possibilidade.

Posto isto, empreendeu-se numa segunda campanha de prospecção, numa parcela situada ao PK 3+300 do adutor, correspondente ao prédio E-243 (Cuba Este 2), afastada a cerca de 1km do local da futura barragem.

Esta campanha veio a revelar a existência de solos enquadráveis nas características exigidas em C.E., em quantidade suficiente para a construção da obra.

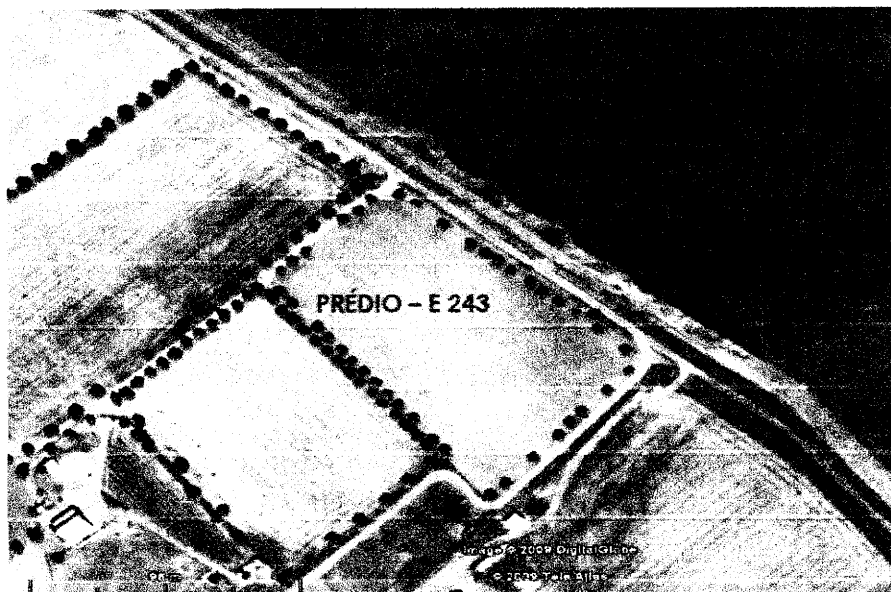


Figura 4.12 – Vista geral da mancha de empréstimo (Google-Earth)

No quadro 4.2 apresenta-se um resumo dos resultados de caracterização destes materiais, na figura 4.13 apresentam-se as curvas granulométricas das amostras.

Quadro 4.2 - Resumo dos resultados de caracterização das amostras recolhidas no prédio E-243 (iniciais)

Amostra	% P# 200	LL (%)	IP (%)
CV06607 (am 66)	32	31	13
CV06707 (am 67)	16	33	15
CV06807 (am 68)	15	28	15
CV06907 (am 69)	23	28	15
CV07007 (am 70)	18	30	19
CV07107 (am 71)	25	40	25
CV08307 (am 83)	24	37	25
CV08407 (am 84)	20	34	20
CV08507 (am 85)	27	44	25
CV08607 (am 86)	26	36	17
CV08707 (am 87)	35	36	16
CV08807 (am 88)	22	37	18

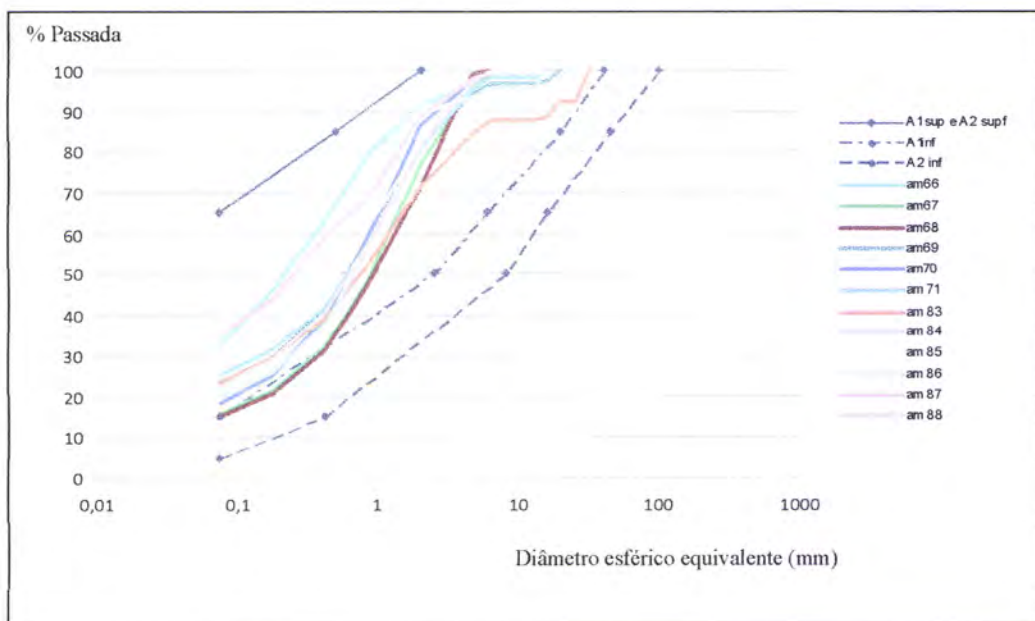


Figura 4.13 - Curvas granulométricas das amostras recolhidas na campanha inicial

4.2.2 - Campanha Complementar

De forma a complementar a informação obtida na campanha de prospecção inicial, foi levada a cabo uma nova campanha de caracterização da mancha de empréstimo com a realização de 6 poços de sondagem e recolha de amostras a diferentes profundidades.

Os poços foram realizados até aproximadamente os 3,5m de profundidade (alcance do braço da retroescavadora) e em todos foram colhidas 2 amostras a 2 profundidades, uma correspondente a uma camada até cerca dos 2m (excluindo a camada de terra vegetal que pode admitir-se com 0,6m de espessura) e outra correspondente à camada entre os cerca de 2m e até à profundidade escavada (cerca de 3,5m).

Para além da identificação da litologia, as amostras colhidas nos poços executados, foram submetidas à realização dos seguintes ensaios:

- Análise granulométrica por peneiração e sedimentação (LNEC E196 – 1966);
- Ensaio de compactação (LNEC E 197-1966) (leve);
- Determinação dos limites de consistência (NP-143, 1969);
- Determinação do teor em água (natural) (NP-84, 1965);
- Determinação expedita do teor em água (micro ondas e speedy).

No Quadro 4.3 apresenta-se um resumo dos resultados de caracterização destes materiais.

Quadro 4.3 – Resumo dos resultados de caracterização das amostras recolhidas no prédio E-243 (complementares).

Poço	Amostra	Classificação AASHTO	P# 200 (%)	LL (%)	IP (%)	Ky (m/s)
S1-P1	CV09807	A-2-6 (0)	14,5	33	21	4,7x10 ⁻⁸
S1-P2	CV09907	A-2-6 (0)	8,4	33	21	4,9x10 ⁻⁶
S2-P1	CV10007	A-2-7 (4)	34,1	47	32	3,1x10 ⁻⁸
S2-P2	CV10107	A-7-6 (5)	36,9	50	38	2,1x10 ⁻⁸
S3-P1	CV10207	A-2-6 (2)	29,8	34	24	4,9x10 ⁻⁸
S3-P2	CV10307	A-2-6 (1)	24,1	32	23	8,9x10 ⁻⁸
S4-P1	CV10407	A-2-6 (1)	26,2	33	20	5,1x10 ⁻⁸
S4-P2	CV10507	A-2-6 (0)	24,9	30	18	1,2x10 ⁻⁶
S5-P1	CV10607	A-2-6 (1)	26,6	32	19	6,2x10 ⁻⁸
S5-P2	CV10707	A-2-6 (0)	12,2	33	20	8,6x10 ⁻⁶
S6-P1	CV10807	A-2-6 (0)	11,7	29	16	4,4x10 ⁻⁶
S6-P2	CV10907	A-2-6 (0)	11,8	31	22	2,8x10 ⁻⁶

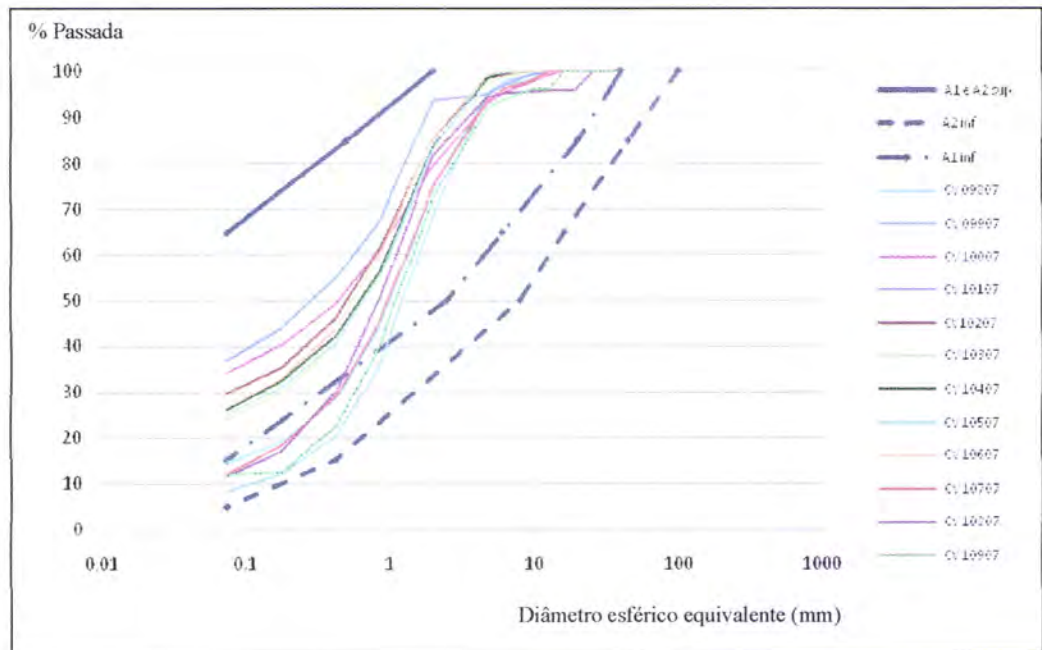


Figura 4.14 - Curvas granulométricas das amostras recolhidas na campanha complementar

Verifica-se que o material, todo ele, do Miocénico, apesar de ser litologicamente homogéneo, caracterizando-se maioritariamente como areia argilosa, não tem todo o mesmo comportamento geotécnico.

A variação do seu comportamento geotécnico está associada às diferenças registadas nos valores das percentagens de finos, bem como nos valores de limites de consistência e de permeabilidade vertical (K_v). Relativamente a este último parâmetro, fundamental para a definição do local de aplicação dos solos (maciço de montante ou de jusante), varia entre valores da ordem de 10^{-6} m/s a valores da ordem de 10^{-8} m/s.

Um dos aspectos mais importantes da caracterização dos materiais é a sua distribuição granulométrica. Para as amostras tratadas, verificou-se que, atendendo apenas ao aspecto granulométrico, muito embora as curvas granulométricas sejam muito próximas e todos os solos se possam classificar como A2, alguns solos poderão ser classificados como materiais A1.

Para explicitar esta situação, apresentam-se nas figuras seguintes a projecção dos solos que, granulometricamente se enquadram como material A1 e A2.

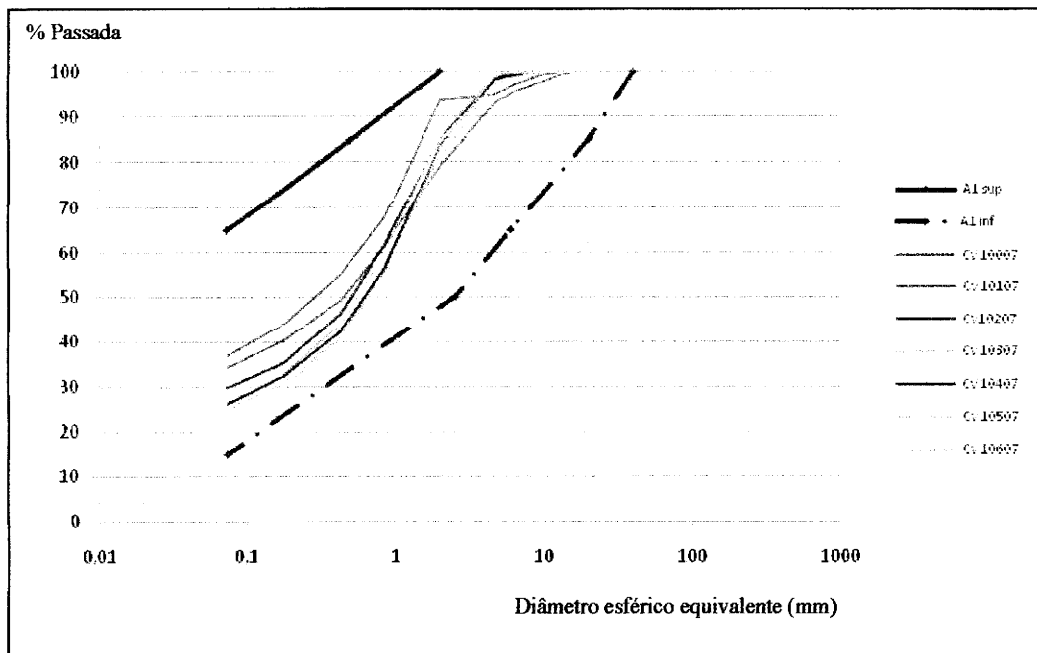


Figura 4.15 - Curvas granulométricas das amostras recolhidas na campanha complementar, que se enquadram no fuso correspondente ao material A1

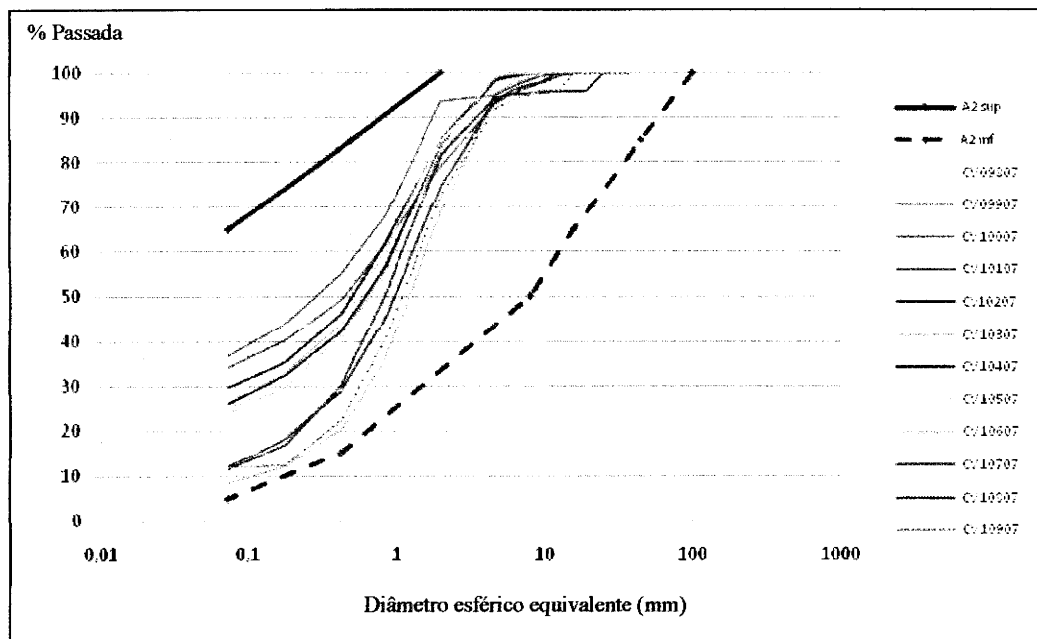


Figura 4.16 - Curvas granulométricas das amostras recolhidas na campanha complementar, que se enquadram no fuso correspondente ao material A2.

Relativamente aos parâmetros de plasticidade, definidos pela realização dos ensaios de determinação dos limites de consistência, não há diferenciação entre os solos A1 e A2 (tal como indicado no C.E.).

Pela apreciação dos valores apresentados no quadro 4.3, verifica-se que os solos representados pelas amostras CV10007 e CV10107, não poderão ser classificados como A1 ou A2, dado que exibem valor de IP superior ao indicado em CE para esses materiais).

Por outro lado, no que concerne à permeabilidade (Ky), os valores que permitem classificar os solos como pertencentes aos tipos A1 ou A2 são muito distintos.

Atendendo aos valores preconizados em C.E., relativamente à permeabilidade (Ky), todas as amostras ensaiadas se classificam como materiais A2.

De modo a sintetizar as apreciações efectuadas, apresenta-se o quadro 4.4, com indicação do enquadramento dos solos nos tipos de aplicação A1 e A2.

Quadro 4.4 – Aplicabilidade do material representado pelas diversas amostras

Poço	Amostra	Classificação AASHTO	Aplicabilidade do material
S1-P1	CV09807	A-2-6 (0)	A1
S1-P2	CV09907	A-2-6 (0)	A2
S2-P1	CV10007	A-2-7 (4)	Não aplicável
S2-P2	CV10107	A-7-6 (5)	Não aplicável
S3-P1	CV10207	A-2-6 (2)	A1
S3-P2	CV10307	A-2-6 (1)	A1
S4-P1	CV10407	A-2-6 (1)	A1
S4-P2	CV10507	A-2-6 (0)	A2
S5-P1	CV10607	A-2-6 (1)	A1
S5-P2	CV10707	A-2-6 (0)	A2
S6-P1	CV10807	A-2-6 (0)	A2
S6-P2	CV10907	A-2-6 (0)	A2

Assim, de um modo geral, admite-se que estes materiais característicos da mancha de empréstimo do prédio E-243 podem ser aplicados como aterro do corpo do reservatório, com a excepção de uma zona restrita representada pelo poço 2.

Esta possibilidade de reutilização, implica a escavação cuidada dos níveis ocorrentes.

Refere-se que o nível freático apenas foi detectado em um dos poços realizados (poço 4) e a 4m de profundidade.

4.3 - Realização de Ensaio Complementares de Caracterização

Aquando da campanha de prospecção complementar, para além dos ensaios de identificação e de permeabilidade, realizaram-se igualmente ensaios de compactação do tipo Proctor, bem como determinação de teores de humidade dos solos segundo várias metodologias.

No quadro 4.5, apresenta-se o resumo de resultados dos ensaios realizados.

Quadro 4.5 – Quadro resumo de resultados

Poço	Amostra	Classificação AASHTO	PF 200 (%)	LI (%)	IP (%)	$\gamma_{\text{secr Max}}$ (g/cm ³)	W_{opt} (%)	W_{nat} (%) (ESTUFA)	W_{nat} (%) (Micro ondas)	W_{nat} (%) (Speedy)	Ky (m/s)
S1-P1	CV09807	A-2-6 (0)	14,5	33	21	1,849	11,9	10,2	9,6	7,0	4,7x10 ⁻⁸
S1-P2	CV09907	A-2-6 (0)	8,4	33	21	1,812	12,1	8,8	9,9	6,8	4,9x10 ⁻⁶
S2-P1	CV10007	A-2-7 (4)	34,1	47	32	1,741	15,6	14,9	13,4	9,9	3,1x10 ⁻⁸
S2-P2	CV10107	A-7-6 (5)	36,9	50	38	1,757	14,2	17,4	17,2	11,8	2,1x10 ⁻⁸
S3-P1	CV10207	A-2-6 (2)	29,8	34	24	1,839	13,6	13,7	12,6	7,4	4,9x10 ⁻⁸
S3-P2	CV10307	A-2-6 (1)	24,1	32	23	1,801	12,6	10,5	12,0	7,6	8,9x10 ⁻⁸
S4-P1	CV10407	A-2-6 (1)	26,2	33	20	1,841	13,8	12,8	13,7	9,1	5,1x10 ⁻⁸
S4-P2	CV10507	A-2-6 (0)	24,9	30	18	1,806	13,6	12,5	13,6	9,3	1,2x10 ⁻⁶
S5-P1	CV10607	A-2-6 (1)	26,6	32	19	1,856	12,9	11,5	11,8	9,2	6,2x10 ⁻⁸
S5-P2	CV10707	A-2-6 (0)	12,2	33	20	1,846	12,1	11,6	12,7	8,6	8,6x10 ⁻⁶
S6-P1	CV10807	A-2-6 (0)	11,7	29	16	1,869	13,0	9,3	10,7	8,3	4,4x10 ⁻⁶
S6-P2	CV10907	A-2-6 (0)	11,8	31	22	1,855	12,3	6,7	8,1	6,4	2,8x10 ⁻⁶

4.3.1 - Determinação de Teores de Humidade pela Aplicação de Várias Metodologias

No sentido de estabelecer a metodologia mais adequada à determinação expedita de teores de humidade em campo, desenvolveu-se um trabalho de comparação de resultados obtidos pela aplicação de 2 métodos expeditos (Speedy e Micro-ondas) e o método da estufa.

No quadro 4.6, que corresponde a um excerto do quadro 4.5, apresenta-se o resumo de resultados dos ensaios realizados.

Quadro 4.6 – Resultados comparativos dos diversos métodos de determinação do teor de humidade

Poço	Amostra	Classificação AASHTO	W _{nat} (%) (ESTUFA)	W _{nat} (%) (Micro ondas)	W _{nat} (%) (Speedy)	Comparação de métodos	
						Estufa - M.O.	Estufa-Speedy
S1- P1	CV09807	A-2-6 (0)	10,2	9,6	7,0	0,6	3,2
S1-P2	CV09907	A-2-6 (0)	8,8	9,9	6,8	-1,1	2,0
S2-P1	CV10007	A-2-7 (4)	14,9	13,4	9,9	1,5	5,0
S2-P2	CV10107	A-7-6 (5)	17,4	17,2	11,8	0,2	5,6
S3-P1	CV10207	A-2-6 (2)	13,7	12,6	7,4	1,1	6,3
S3-P2	CV10307	A-2-6 (1)	10,5	12,0	7,6	-1,5	2,9
S4-P1	CV10407	A-2-6 (1)	12,8	13,7	9,1	-0,9	3,7
S4-P2	CV10507	A-2-6 (0)	12,5	13,6	9,3	-1,1	3,2
S5-P1	CV10607	A-2-6 (1)	11,5	11,8	9,2	-0,3	2,3
S5-P2	CV10707	A-2-6 (0)	11,6	12,7	8,6	-1,1	3,0
S6-P1	CV10807	A-2-6 (0)	9,3	10,7	8,3	-1,4	1,0
S6-P2	CV10907	A-2-6 (0)	6,7	8,1	6,4	-1,4	0,3

Pela apreciação dos dados constantes da tabela acima indicada, facilmente se percebe que o método expedito mais próximo do método de referência é o do Micro-ondas.

Assinala-se que, para além dos resultados anteriormente expressos, nas fases de preparação e execução dos aterros experimentais, veio a comprovar-se esta tendência.

4.3.2 - Ensaio de Compactação

Ainda na fase de prospecção, foram realizados ensaios de compactação tipo Proctor, nas amostras colhidas. Os resultados apresentam-se no quadro 4.7, que corresponde a um excerto do quadro 4.5.

Quadro 4.7 – Resultados dos ensaios de compactação

Poço	Amostra	Classificação AASHTO	$\gamma_{seca\ Max}$ (g/cm ³).	W _{opt.} (%)
S1- P1	CV09807	A-2-6 (0)	1,849	11,9
S1-P2	CV09907	A-2-6 (0)	1,812	12,1
S2-P1	CV10007	A-2-7 (4)	1,741	15,6
S2-P2	CV10107	A-7-6 (5)	1,757	14,2

Quadro 4.7 – Resultados dos ensaios de compactação (continuação)

Poço	Amostra	Classificação AASHTO	$\gamma_{seca\ Max}$ (g/cm ³)	W _{opt.} (%)
S3-P1	CV10207	A-2-6 (2)	1,839	13,6
S3-P2	CV10307	A-2-6 (1)	1,801	12,6
S4-P1	CV10407	A-2-6 (1)	1,841	13,8
S4-P2	CV10507	A-2-6 (0)	1,806	13,6
S5-P1	CV10607	A-2-6 (1)	1,856	12,9
S5-P2	CV10707	A-2-6 (0)	1,846	12,1
S6-P1	CV10807	A-2-6 (0)	1,869	13,0
S6-P2	CV10907	A-2-6 (0)	1,855	12,3

De forma a possibilitar uma melhor apreciação dos dados de compactação, apresenta-se, na figura 4.17, as curvas de compactação obtidas para as diversas amostras ensaiadas.

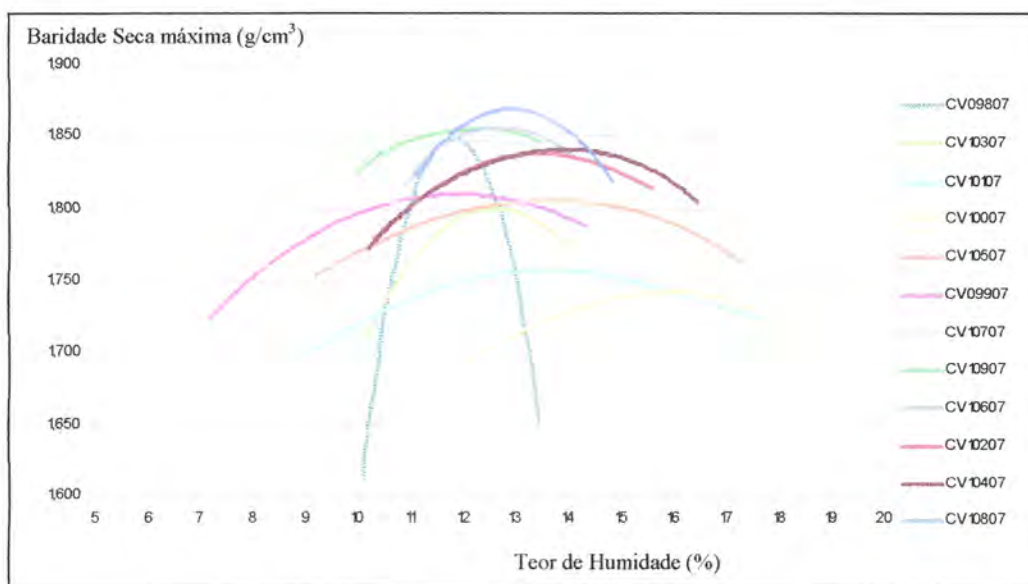


Figura 4.17 - Curvas de compactação Proctor das amostras recolhidas

Pela observação da figura, percebe-se a existência de alguma diferenciação nas curvas, sendo que esta certamente se deve à conjugação das diferenças existentes entre as diversas amostras, no que concerne quer à sua distribuição granulométrica, quer aos seus parâmetros de consistência.

5 - Aterro Experimental

Com os aterros experimentais, de um modo geral, pretende-se definir uma metodologia construtiva que, tendo em conta os materiais e equipamentos disponíveis, permita a satisfação do exigido contratualmente relativamente às características do aterro.

Pretendeu-se com a realização dos aterros experimentais otimizar a espessura da camada de aterro em função do número de passagens de um equipamento específico de compactação, bem como definir os métodos e critérios de controlo da sua construção.

5.1 - Metodologia dos Aterros Experimentais

De um modo geral, a metodologia adoptada na realização dos aterros experimentais resume-se nos seguintes passos:

- Preparação de um lote de solo, homogeneizado;
- Caracterização do solo do lote, através da colheita de 4 amostras e realização dos ensaios laboratoriais;
- Preparação de 3 sub-lotes (com solo do mesmo lote), humedecidas com teores em água W_{opt} ; $W_{opt+1\%}$ e $W_{opt+2\%}$;
- Espalhamento de três camadas com 0,3m de espessura em três zonas contíguas com 5 x 30m, sendo cada uma delas composta por solos de um dos 3 sub-lotes;
- Compactação de cada camada com 4, 6, 8 e 10 passagens de cilindro;
- Avaliação do peso volúmico aparente seco e teor em água com recurso a garrafa de areia, secagem em estufa e gamadensímetro;

Terminada esta sequência de tarefas, procede-se à repetição deste processo com a execução de camadas de espessura de 40 cm.

Na figura seguinte apresenta-se, sob a forma de esquema, as camadas experimentais definidas indicando os ensaios de garrafa de areia a realizar.

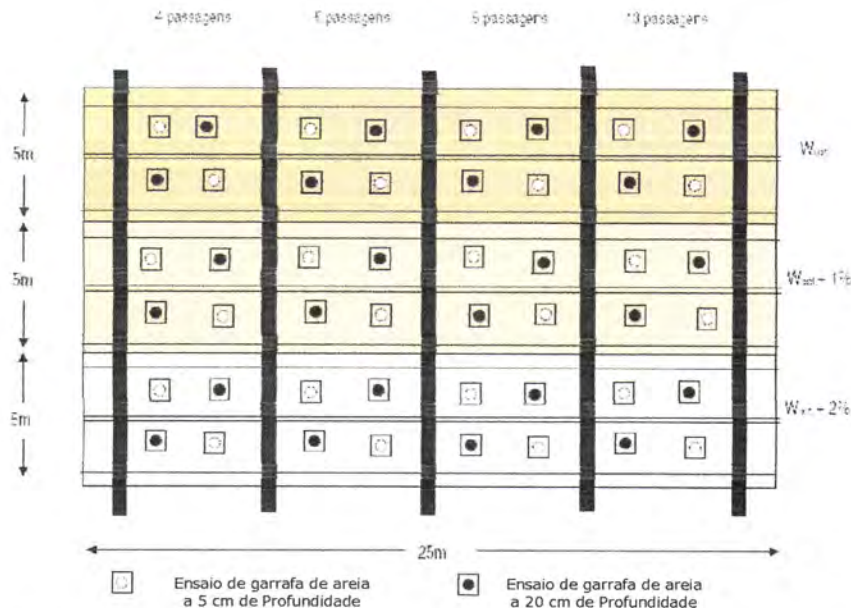


Figura 5.1 – Localização em planta, dos ensaios para as camadas 0,3m e 0,4m de espessura

5.1.1 - Preparação de Lotes - (W_{opt} ; $W_{opt}+1\%$ e $W_{opt}+2\%$)

Na preparação do material para qualquer camada de aterro é importante conseguir-se, o mais possível, garantir a homogeneidade do solo.

Neste sentido, e atendendo ao conhecimento que já existia da mancha de empréstimo, procurou-se homogeneizar os solos provindos da escavação cuidada das manchas de empréstimo, pela prévia preparação de lotes de solos.

Por outro lado, para além da homogeneização do solo no lote, importa ainda proceder à homogeneização da humidade dos sub-lotes a preparar para as camadas de aterro experimental.

O sucesso dos trabalhos posteriores, depende da homogeneização dos solos provindos da mancha de empréstimo e do controlo cuidadoso de todos os trabalhos desta fase.

Na eventual necessidade de correcção do teor em água, quando se trate de humedificação do material será utilizado um tractor equipado com Joper de aspersor e, quando se revelar necessário promover a sua secagem, deverá proceder-se ao seu arejamento recorrendo a uma grade de discos.

Na figura seguinte podem observar-se algumas imagens de aspectos relacionados com a fase de escavação, transporte e preparação de lotes de solos.



Figura 5.2 – Vista parcial da mancha de empréstimo (fase de exploração)

5.1.2 - Execução do Aterro Experimental

A execução de aterro experimental envolve trabalhos prévios de preparação dos materiais a aplicar em camada, definição das metodologias a utilizar na execução das camadas e ainda definição das metodologias a utilizar no controlo de qualidade tanto dos materiais a aplicar, como da aplicação efectuada (eficiência da compactação).

5.1.2.1 - Metodologias Adoptadas

Neste processo há a considerar as fases seguintes:

5.1.2.1.1 - Caracterização Laboratorial dos Solos que Constituem o Lote

Após homogeneização do lote de solos a utilizar, procede-se à colheita de 4 amostras e realizam-se os ensaios laboratoriais seguintes:

- Análise granulométrica;
- Limites de consistência;
- Determinação do teor de humidade natural;
- Compactação Proctor.

5.1.2.1.2 - Preparação de Plataforma e Materiais

A preparação dos materiais e plataforma, normalmente realizada na véspera do dia em que se executa o aterro experimental, envolve os seguintes trabalhos:

- 1) - Limpeza, regularização e compactação de uma plataforma com 30m por 15m, seguida de espalhamento e compactação de uma camada com características idênticas (material, teor em água e espessura) às da camada a ensaiar. A superfície desta camada apresentar-se-á plana e horizontal;

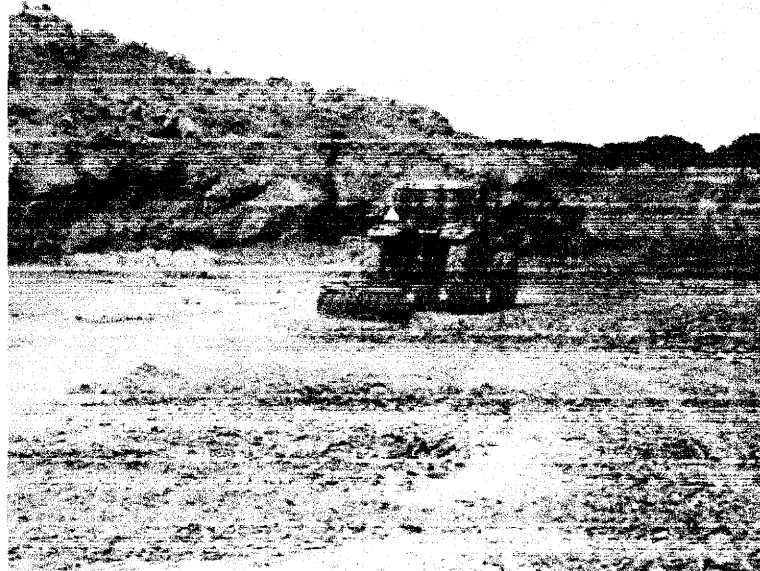


Figura 5.3 – Preparação da plataforma para a execução dos aterros experimentais

- 2) - Colheita de amostras para a realização de ensaios de identificação e ensaios de compactação leve e pesada.
- 3) - Com o solo de um lote homogeneizado, preparam-se três sub-lotes com teores em água: W_{opt} , $W_{opt+1\%}$ e $W_{opt+2\%}$;

5.1.2.1.3 - Execução do Aterro Experimental

No dia de execução do aterro experimental, importa assegurar os seguintes aspectos:

- 1) - Confirmar o teor em água de cada um dos três lotes preparados no dia anterior (método expedito adoptado foi o do micro-ondas);

- 2) - Carregamento, transporte e espalhamento, segundo três faixas com 5m de largura, com teores em água crescentes: W_{opt} , $W_{opt+1\%}$ e $W_{opt+2\%}$, tal como indicado oportunamente na figura 5.1;
- 3) - Construção de duas camadas com 0,3m e 0,4m de espessura, de acordo com estas especificações. Primeiro realiza-se a camada de 30 cm e depois de concluído esse aterro experimental, realiza-se então a camada de 40 cm;
- 4) - A espessura e desempenho das camadas serão controlados através de estacas previamente cravadas e de um fio entre estacas;
- 5) - Verificação do teor em água após o espalhamento. Avaliar a necessidade de proceder à sua correcção e quais os métodos a utilizar;
- 6) - Compactar o material com 4, 6, 8 e 10 passagens do cilindro, de acordo com o esquema apresentado anteriormente. As zonas com diferentes níveis de compactação são delimitadas fisicamente com fita sinalizadora, assim como as zonas afectadas pela imobilização do cilindro;
- 7) - As mudanças de direcção do cilindro efectuem-se fora da camada em ensaio;
- 8) - Colheita de uma amostra em cada uma das 4 zonas com condições de compactação diferentes. Realização de ensaios de identificação apenas com os materiais da amostra que corresponda ao nível de compactação considerado adequado e a utilizar na proposta do método construtivo, sendo as restantes amostras preservadas;
- 9) - Em cada zona com condições de compactação diferentes, devem ser realizados ensaios de controlo de compactação e teor em água dos solos, a dois níveis de profundidade, recorrendo a dois métodos: garrafa de areia (secagem em estufa), e gamadensímetro. Na figura 5.4 – pode observar-se uma imagem de um aterro experimental com duas camadas, sendo que uma delas já foi compactada e ensaiada e a outra está apenas espalhada;



Figura 5.4 – Aspecto do aterro experimental

Nas figuras seguintes, apresentam-se imagens ilustrativas do controlo de campo e realização de ensaios de garrafa de areia.



Figura 5.5 – Vista Geral da distribuição espacial dos ensaios de garrafa de areia

Atendendo às espessuras das camadas executadas (30 e 40 cm), a fiscalização entendeu que o controlo de compactação efectuado pela execução de ensaios de garrafa de areia, deveria realizar-se em dois níveis de profundidade, de modo a avaliar-se o grau de compactação (G.C.) nas zonas superiores e inferiores das camadas. Do mesmo modo, foi definido que previamente à execução do ensaio localizado na parte superior da camada, se executaria um rebaixamento de 5cm, evitando qualquer influência da dessecação dos solos mais superficialmente.

Na figura 5.6, apresenta-se um esquema ilustrativo da situação anteriormente referida

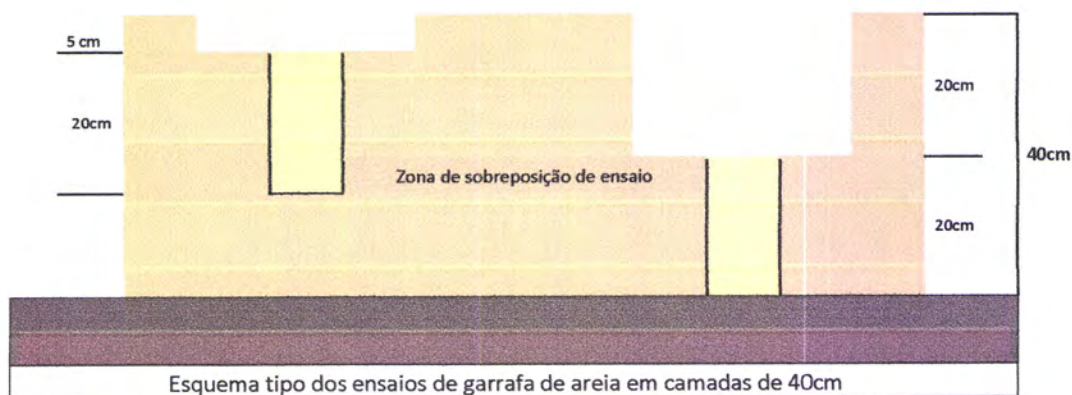
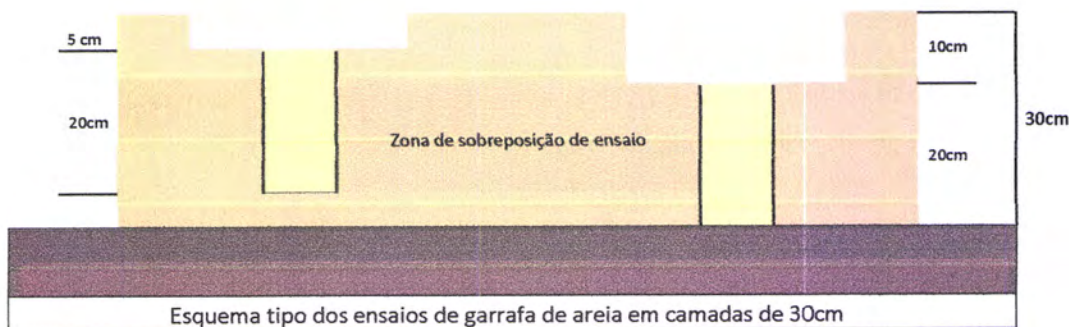


Figura 5.6 – Localização em perfil, dos ensaios para as camadas 0,30m e 0,40m evidenciando as situações de sobreposição e rebaixamentos da superfície correspondente ao início do ensaio

Na imagem seguinte (figura 5.7), podem observar-se fotografias que registam o pormenor do rebaixamento da superfície de início de ensaio.



Figura 5.7 – Pormenor de um ensaio de garrafa de areia iniciado a 20 cm e a 5 cm profundidade, respectivamente (da direita para a esquerda)

Para além da realização de ensaios de controlo de compactação com garrafa de areia, procedeu-se igualmente à execução desse controlo com a utilização de gamadensímetro.

Deste modo, seria possível comparar os dois métodos e identificar a possibilidade de utilizar o mais expedito como método de controlo em fase de obra.

Neste sentido, para cada ensaio de garrafa de areia realizado, foram realizados 4 ensaios com gamadensímetro, de acordo com o esquema indicado na figura 5.8.

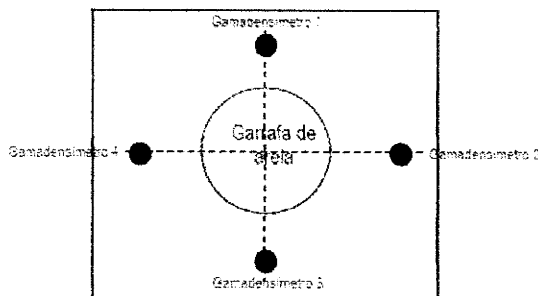


Figura 5.8 – Esquema representativo da localização dos ensaios in situ

Os ensaios com gamadensímetro são realizados com o espigão do aparelho cravado em profundidade (6" e 12"), dependendo da espessura da camada), procurando que o resultado seja o mais representativo possível da globalidade da espessura da camada.

5.1.2.2 - Apresentação de Resultados

Definida a metodologia para a realização dos aterros experimentais, estes foram executados, ao longo de vários dias.

No quadro 5.1, indicam-se os trechos experimentais realizados.

Quadro 5.1 – Aterros experimentais realizados.

Identificação do Aterro Experimental	Tipo Material	Designação do Aterro experimental	Espessura da camada (cm)	Humidade pretendida para o aterro
Aterro E1	A1	A0	0,40	W _{opt.}
Aterro E2	A1	B0	0,40	W _{opt.} + 1%
Aterro E3	A1	C0	0,3	W _{opt.} + 2%
Aterro E4	A1	A1	0,3	W _{opt.} + 2%
Aterro E5	A1	C1	0,3	W _{opt.} + 1%
Aterro E6	A1	B1	0,4	W _{opt.} + 2%
Aterro E7	A1	C2	0,3	W _{opt.}
Aterro E8	A2	A2	0,4	W _{opt.}
Aterro E9	A2	D1	0,4	Ramo Seco
Aterro E10	A1	TZ1	0,4	W _{opt.}

Para cada aterro assinalado no quadro 5.1, utilizaram-se os solos do tipo indicado e espessuras e humedecimentos assinalados.

Como resultado, verificou-se o insucesso de algumas tentativas, que permitiram a identificação das situações a corrigir no sentido de se obter sucesso posteriormente.

No sentido de analisar as diversas situações ocorridas, apresentam-se, com algum detalhe, os casos de obra relativos a alguns dos aterros realizados.

No sentido de facilitar essa apresentação, a informação sobre estes casos de obra, utiliza sempre a simbologia seguinte:

Simbologia utilizada nos quadros:

- γ_s (g/cm³) – baridade máxima teórica (massa volúmica máxima teórica), relativa ao ensaio de compactação Proctor realizado no solo utilizado;
- γ (g/cm³) – baridade seca (massa volúmica seca) , relativa ao ensaio de garrafa de areia realizado "in situ";
- W_{opt} (%) – teor óptimo de humidade (teor em água óptimo), relativo ao ensaio de compactação Proctor realizado no solo utilizado;
- W (%) – Teor de humidade (teor em água) obtido pelo método da estufa;
- W_{mo} (%) – Teor de humidade (teor em água) obtido pelo método do Micro-ondas;
- W_s (%) – Teor de humidade (teor em água) obtido pelo método do Speedy;
- $(W - W_{opt})$ – Diferença entre o valor do teor de humidade obtido pelo método da estufa e o valor do teor óptimo de humidade, relativo ao ensaio de compactação Proctor realizado no solo utilizado;
- G.C. (%) – grau de compactação, relativo ao ensaio de compactação Proctor realizado no solo utilizado;

Simbologia utilizada nas figuras:

- X (sup. ou prof.) - a letra "X" indica o ponto do ensaio (pode ser representado por uma letra ou por um nº); a extensão "(sup.)", indica a zona da camada em que o ensaio foi realizado. Como exemplo, apresentam-se as seguintes situações:
 - A (sup.) – Ensaio realizado no ponto A, com rebaixamento da superfície de início de ensaio de 5 cm (ensaio mais superficial indicado na figura 5.6);
 - B (prof.) - Ensaio realizado no ponto B, com rebaixamento da superfície de início de ensaio de 10 ou 20 cm (ensaio mais profundo indicado na figura 5.6), dependendo da espessura da camada (30 ou 40 cm, respectivamente);

A realização dos aterros experimentais foi faseada, ou seja, em cada dia de trabalho realizava-se um aterro com determinada espessura e com determinado teor em água que, atendendo ao indicado em C.E. e ao projecto¹, deveria estar compreendido entre o teor óptimo e o teor óptimo + 2 %. De acordo com aqueles documentos, o grau de compactação obtido deverá ser de 98 %, relativamente ao valor da baridade do Proctor Normal.

Algumas tentativas de execução dos aterros experimentais, não permitiram atingir os resultados planeados. No entanto, os insucessos ocorridos foram também aumentando o conhecimento e a experiência dos vários intervenientes.

5.1.2.2.1 - Aterro E1 - Designado como A0

Este aterro tem 40 cm de espessura e foi realizado com solos do Tipo A1 com humidade correspondente ao teor óptimo do Proctor.

Previamente ao espalhamento dos solos em camada (no dia anterior), determinou-se o teor de humidade dos solos do sub-lote de solos do tipo A1 a utilizar, relativamente ao qual havia sido já colhida amostra representativa e realizados os ensaios laboratoriais de identificação e caracterização.

¹ Clausulas Técnicas do Tomo IV.3.3 – *Caderno de Encargos* e o Tomo IV.3.1 – *Memória Descritiva e Justificativa*, ambos os documentos integrados no Volume IV.3- *Reservatório de Regularização R3* do Projecto de Execução do Troço de Ligação Amilo - Pião, obra da EDIA - Empresa de Desenvolvimento e Infra-Estruturas do Alqueva, S.A..

Na figura 5.9 e na figura 5.10 apresenta-se a projecção da curva correspondente à distribuição granulométrica do material do lote preparado, que se enquadra no material A1, bem como a curva "Proctor" representativa desse material.

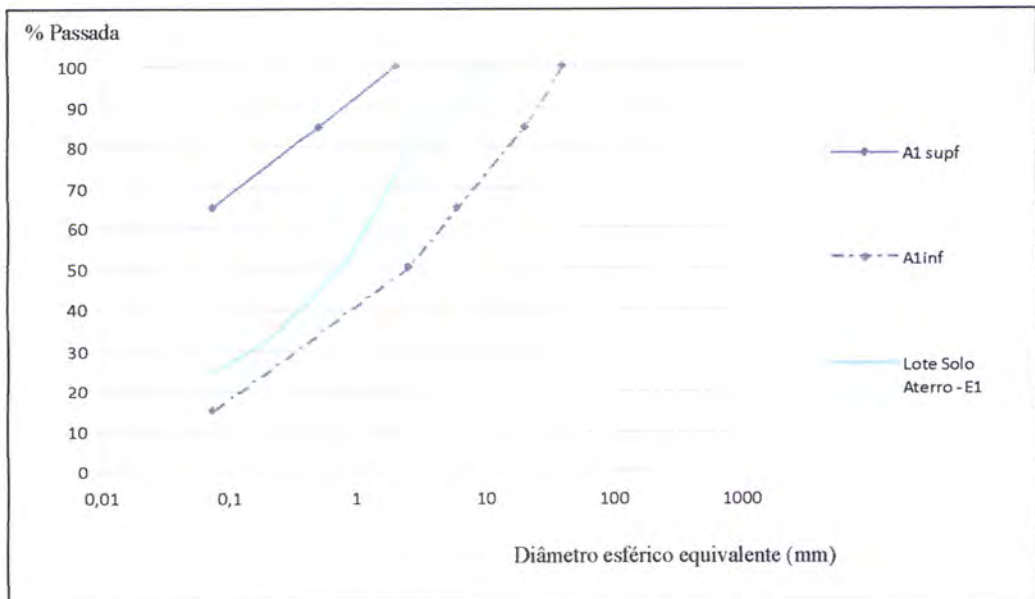


Figura 5.9 – Distribuição granulométrica dos solos aplicados no aterro E1

No que se refere aos parâmetros Limite de Liquidez e Índice de plasticidade, os valores obtidos pela realização dos ensaios foram: LL = 35 %; IP = 13 %.

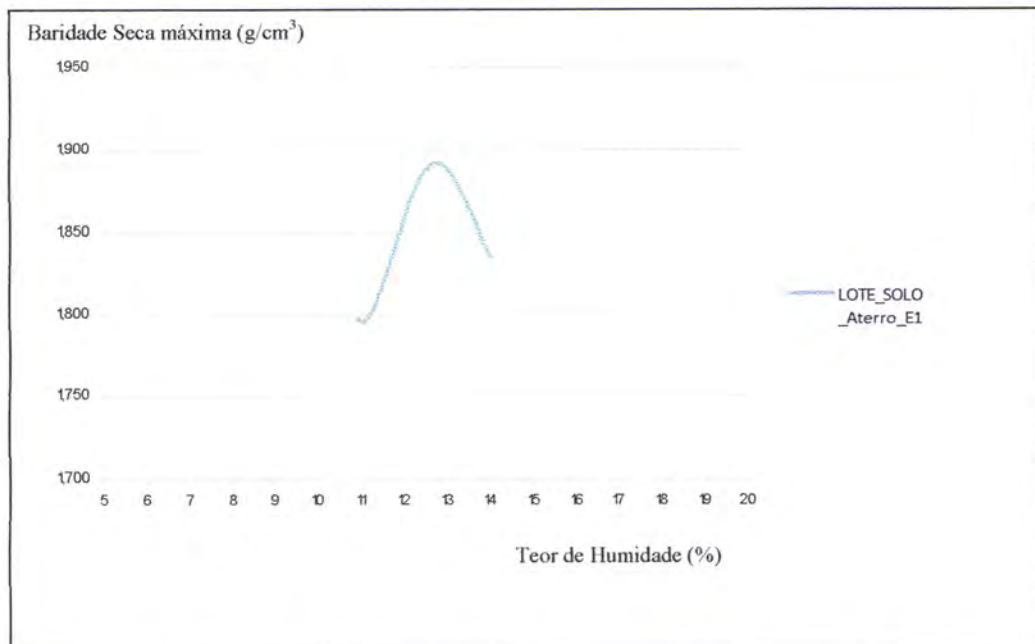


Figura 5.10 – Curva Proctor relativa dos solos aplicados no aterro E1

Os valores padrão relativos à compactação dos solos deste sub-lote são:

- Baridade seca máxima = 1,884 g/cm³
- Teor óptimo de humidade = 12,8 %

Garantida a humidade dos solos no teor pretendido (óptimo do Proctor), procedeu-se ao espalhamento em camada e compactação da mesma de acordo com o esquema de passagens de cilindro indicado na figura 5.1.

Após a concretização da primeira fase de compactação constituída por 4 passagens de cilindro, realizou-se um conjunto de ensaios de garrafa de areia, determinação do teor de humidade e determinação do grau de compactação através do gamadensímetro.

A realização dos ensaios de determinação do teor em água, através dos ensaios expeditos permitiu verificar que o material se encontrava no ramo seco, razão que levou à suspensão dos trabalhos.

Na figura 5.11, apresenta-se um esquema ilustrativo da camada executada

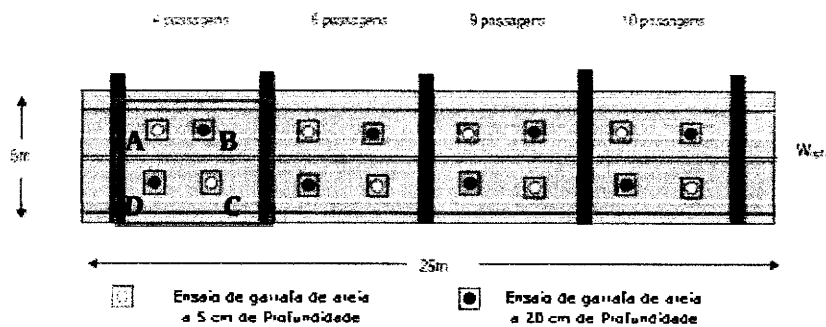


Figura 5.11 – Esquema do aterro E1

Nos Quadros 5.2 e 5.3, apresenta-se o resumo dos resultados dos ensaios realizados após esta fase de compactação com 4 passagens de cilindro.

Quadro 5.2 - Aterro E1: A0 - 0,40m, Wopt. - Resumo dos resultados dos ensaios de determinação do teor de humidade realizados.

N.º passagens	Ensaio de Garrafa de areia	Teores de humidade determinados			Afastamento ao teor óptimo
		W (%)	Wmo (%)	Ws (%)	(W - Wopt)
4	A (sup)	12,7	12,3	8,4	-0,1
	B (prof)	12,0	12,3	8,0	-0,8
	C (sup)	10,5	-	-	-2,3
	D (prof)	10,9	-	-	-1,9

Quadro 5.3 - Aterro E1: A0 - 0,40m, Wopt. - Resumo dos resultados dos ensaios de controlo de compactação realizados com a garrafa de areia.

N.º passagens	Garrafa de Areia					Gamadensímetro
	Pontos de ensaio	G.C. (%)	G.C. (%)	W (%)	(W - Wopt)	G.C. médio (%)
4	A (sup)	2,048	96,5	12,7	-0,1	96,8
	B (prof)	2,055	97,4	12,0	-0,8	97,8
	C (sup)	2,004	96,3	10,5	-2,3	96,5
	D (prof)	1,984	95	10,9	-1,9	96,2

Pela observação dos dados dos quadros 5.2 e 5.3, verifica-se que o afastamento do teor de humidade do solo constituinte da camada experimental é inferior ao pretendido e variável ao longo da camada.

Por essa razão, os trabalhos foram interrompidos e decidiu-se refazer todo o processo.

5.1.2.2.2 - Aterro E2 - Designado como B0

Este aterro tem 40 cm de espessura e foi realizado com solos do Tipo A1 com humidade correspondente ao teor óptimo do Proctor mais um ponto percentual.

A caracterização laboratorial da amostra representativa do sub-lote, conduziu à obtenção de resultados que permitiram enquadrar o solo como sendo do tipo A1. Na figura 5.12 e figura 5.13 apresentam-se a projecção da curva correspondente à distribuição granulométrica do material do lote preparado, que se enquadra no material A1, bem como a curva "Proctor" representativa desse material.

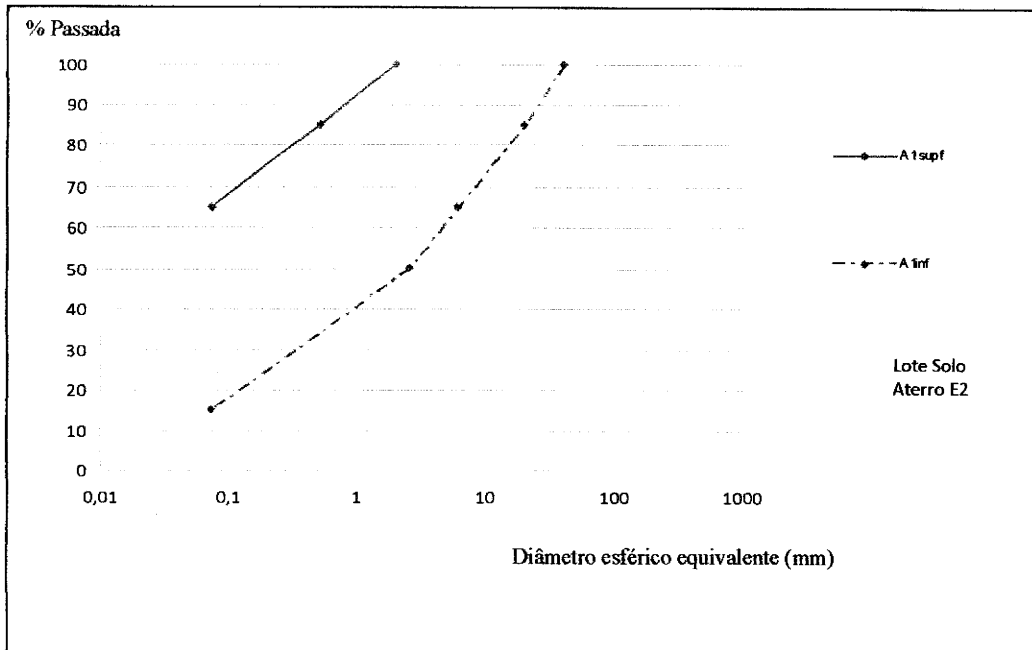


Figura 5.12 – Distribuição granulométrica dos solos aplicados no aterro E2

No que se refere aos parâmetros Limite de Liquidez e Índice de plasticidade, os valores obtidos pela realização dos ensaios foram: LL = 44 %; IP = 22 %.

Pela análise dos resultados obtidos, confirma-se que o solo se enquadra no material do tipo A1, atendendo às exigências de granulometria e limites de consistência, pelo que obteve aprovação para ser aplicado na execução do aterro experimental.

Realizou-se ainda o ensaio de compactação Proctor, cujos resultados se apresentam seguidamente:

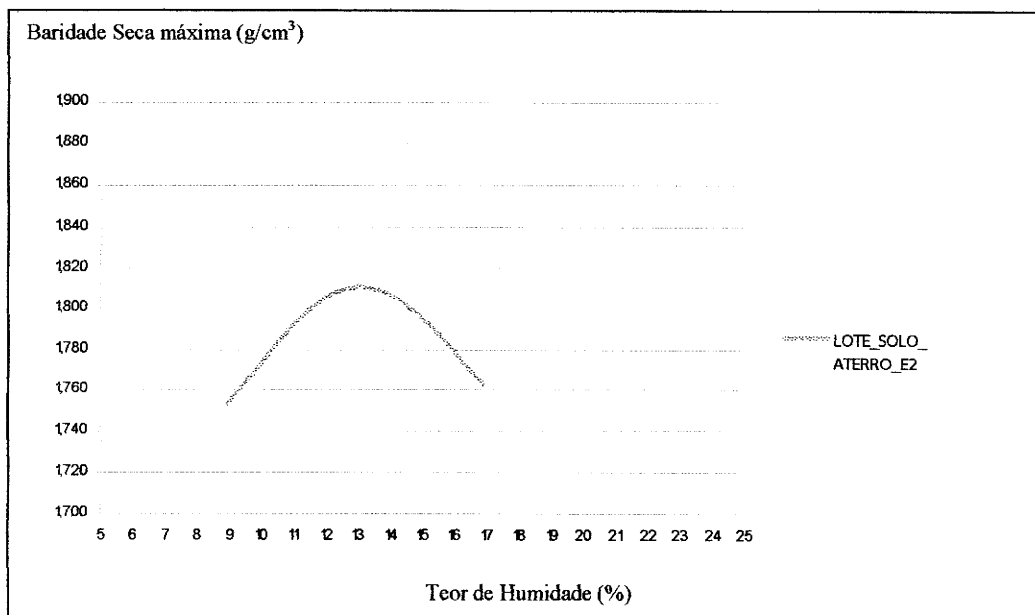


Figura 5.13 – Curva Proctor relativa dos solos aplicados no aterro E2

Os valores padrão relativos à compactação dos solos deste sub-lote são:

- Baridade seca máxima = 1,811 g/cm³
- Teor óptimo de humidade = 13,0 %

A figura 5.14, ilustra esquematicamente o aterro E2

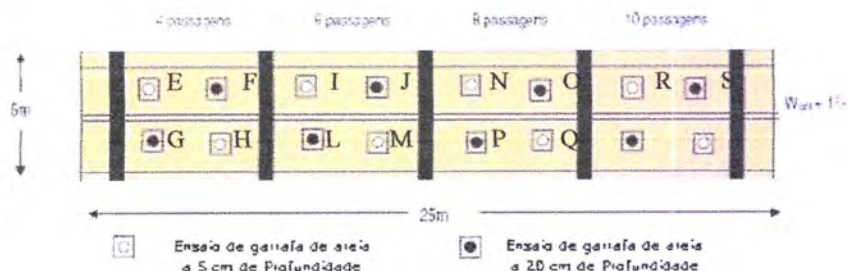


Figura 5.14 – Esquema do aterro E2

No quadro 5.4, apresentam-se os resultados obtidos pela realização dos ensaios de determinação do teor de humidade.

Quadro 5.4 - Aterro E2: B0 - 0,40m, Wopt.+1 - Resumo dos resultados dos ensaios de determinação do teor de humidade realizados.

N.º passagens	Ensaio de Garrafa de areia	Teores de humidade determinados			Afastamento ao teor óptimo
		W (%)	Wmo (%)	Ws (%)	(W – Wopt)
4	E (sup)	12,4	13,5	8,0	-0,6
	F (prof)	12,3	12,5	10,0	-0,7
	G (prof)	16,1	14,0	9,0	3,1
	H (sup)	11,3	9,5	7,8	-1,7
6	I (sup)	15,1	11,9	9,7	2,1
	J (prof)	15,7	14,7	10,1	2,7
	L (prof)	14,0	15,1	9,8	1,0
	M (sup)	14,2	14,6	9,6	1,2
8	N (sup)	10,6	14,0	9,2	-2,4
	O (prof)	15,1	11,0	10,6	2,1
	P (prof)	12,2	12,5	9,0	-0,8
	Q (sup)	10,3	11,5	7,4	-2,7
10	R (sup)	14,3	13,6	10,0	1,3
	S (prof)	14,4	13,9	9,4	1,4

Pela observação dos dados do quadro 5.4, verifica-se que o afastamento do teor de humidade do solo constituinte da camada experimental é inferior ao pretendido. Por outro lado, este valor varia significativamente ao longo da camada.

Neste caso, muito embora se tenha verificado uma grande heterogeneidade na humidade dos solos, à semelhança do que se tinha verificado no caso do aterro E1, entendeu-se que se deveria prosseguir com a execução do aterro experimental e analisar os resultados.

Quadro 5.5 - Aterro E2: B0 - 0,40m, Wopt.+1 - Resumo dos resultados dos ensaios de controlo de compactação realizados com a garrafa de areia.

N.º passagens	Garrafa de Areia					Gamadensímetro
	Pontos de ensaio	γ (g/cm ³)	G.C. (%)	W (%)	(W - Wopt)	G.C. médio (%)
4	E (sup)	1,767	97,5	12,4	-0,6	96.1
	F (prof)	1,674	92,4	12,3	-0,7	
	G (prof)	1,729	95,5	16,1	3,1	95.3
	H (sup)	1,667	92,1	11,3	-1,7	
6	I (sup)	1,829	101	15,1	2,1	97.2
	J (prof)	1,683	93	15,7	2,7	
	L (prof)	1,798	99,3	14,0	1,0	99.4
	M (sup)	1,829	101	14,2	1,2	
8	N (sup)	1,879	103,8	10,6	-2,4	99.9
	O (prof)	1,72	95,5	15,1	2,1	
	P (prof)	1,826	100,9	12,2	-0,8	101.3
	Q (sup)	1,861	102,7	10,3	-2,7	
10	R (sup)	1,856	102,5	14,3	1,3	98.7
	S (prof)	1,712	94,6	14,4	1,4	

Pela análise dos dados constantes do quadro 5.5, percebe-se que os valores correspondentes aos teores de humidade do solo, ao longo da camada, condicionaram significativamente a sua compactação.

Este aterro E2, foi naturalmente invalidado. No entanto, permitiu perceber a existência de problemas ao nível da homogeneização dos solos e do seu teor de humidade, faltando perceber se esse problema ocorria apenas na fase de espalhamento dos solos em camada, ou se já vinha da fase de preparação do sub-lote.

5.1.2.2.3 - Aterro E5: Designado como C1

Este aterro tem 30 cm de espessura e foi realizado com solos do Tipo A1 com humidade correspondente ao teor óptimo do Proctor mais um ponto percentual.

A caracterização laboratorial da amostra representativa do sub-lote, conduziu à obtenção dos resultados que se indicam seguidamente, apresentando-se alguns deles sob a forma gráfica:

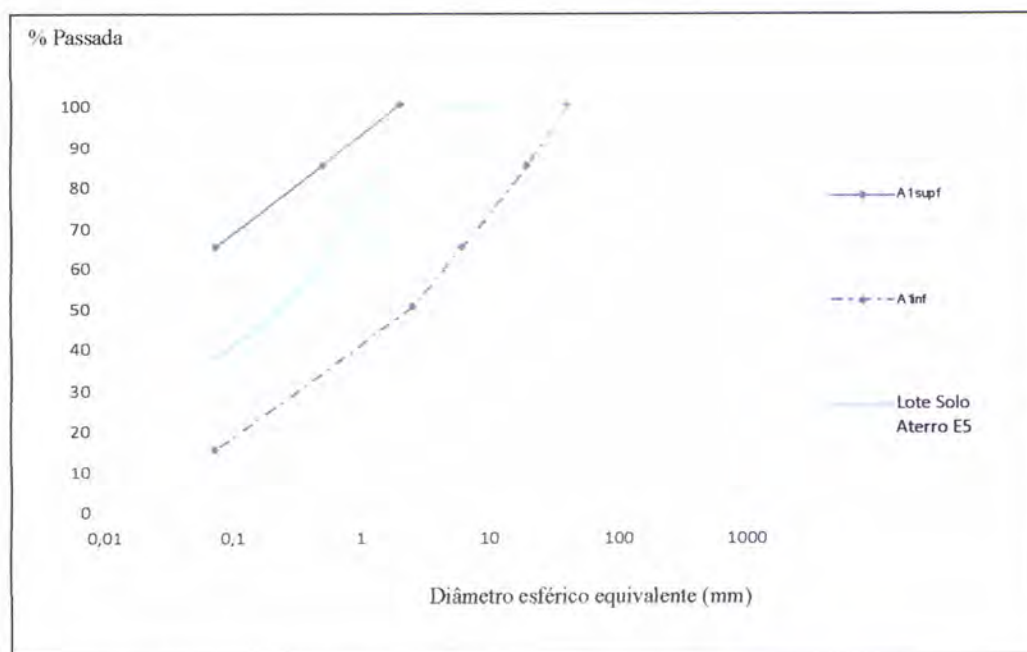


Figura 5.15 – Distribuição granulométrica dos solos aplicados no aterro E5

No que se refere aos parâmetros Limite de Liquidez e Índice de Plasticidade, os valores obtidos pela realização dos ensaios foram: LL = 37 %; IP = 14 %.

Pela análise dos resultados obtidos, confirma-se que o solo se enquadra no material do tipo A1, atendendo às exigências de granulometria e limites de consistência, pelo que obteve aprovação para ser aplicado na execução do aterro experimental.

Realizou-se igualmente o ensaio de compactação Proctor, cujos resultados se apresentam na página seguinte na figura 5.16

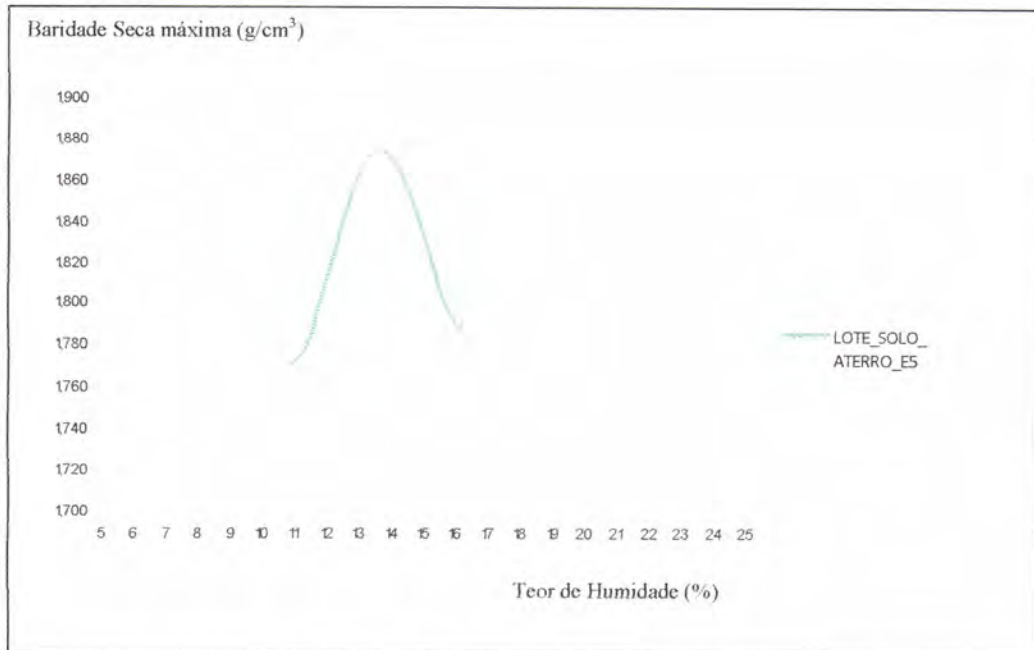


Figura 5.16 – Curva Proctor relativa dos solos aplicados no aterro E5

Os valores padrão relativos à compactação dos solos deste sub-lote são:

- Baridade seca máxima = 1,874 g/cm³
- Teor óptimo de humidade = 13.6 %

Representa-se esquematicamente na figura 5.17, o aterro E5.

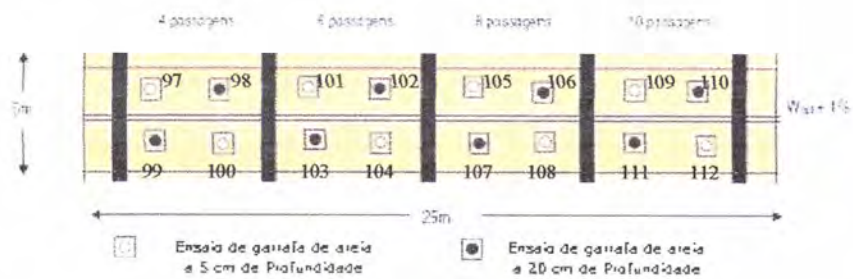


Figura 5.17 – Esquema do aterro E5

Nos quadros 5.6 e 5.7, podem observar-se os resultados obtidos pela realização dos ensaios de determinação do teor de humidade no aterro E5.

Quadro 5.6 - Aterro E5: C1 - 0,30m, $W_{opt}+1$. - Resumo dos resultados dos ensaios de determinação do teor de humidade realizados.

N.º passagens	Ensaio de Garrafa de areia	Teores de humidade determinados			Afastamento ao teor óptimo
		W (%)	W _{mo} (%)	W _s (%)	(W - W _{opt})
4	97 (sup)	11,6	12,3	10,4	-2,0
	98 (prof)	12,4	14,3	10,1	-1,2
	99 (sup)	12,7	13,7	10,0	-0,9
	100 (prof)	11,5	12,7	9,3	-2,1
6	101 (sup)	12,2	12,3	10,0	-1,4
	102 (prof)	12,4	13,1	10,7	-1,2
	103 (prof)	12,0	12,3	9,9	-1,6
	104 (sup)	11,9	12,0	10,1	-1,7
8	105 (sup)	12,2	13,1	11,0	-1,4
	106 (prof)	12,6	14,3	9,4	-1,0
	107 (prof)	12,8	14,1	11,3	-0,8
	108 (sup)	12,4	13,5	10,8	-1,2
10	109 (sup)	12,6	12,8	10,6	-1,0
	110 (prof)	12,9	13,4	10,8	-0,7
	111 (prof)	12,8	11,4	10,2	-0,8
	112 (sup)	12,9	13,4	9,8	-0,7

Verifica-se, pela observação dos dados do quadro 5.6, que o afastamento do teor de humidade do solo constituinte da camada experimental é inferior ao pretendido.

Neste caso, também se verifica a existência de variação no teor de humidade ao longo da camada, mas essa variação é já menor que a verificada para o aterro E2, denotando uma maior eficiência na homogeneização dos solos a aplicar.

Quadro 5.7 - Aterro E5: C1 - 0,30m, Wopt.+1 - Resumo dos resultados dos ensaios de controlo de compactação realizados com a garrafa de areia.

N.º passagens	Garrafa de Areia					Gamadensímetro
	Pontos de ensaio	γ (g/cm ³)	G.C. (%)	W (%)	(W - Wopt)	G.C. médio (%)
4	97 (sup)	1,867	99,6	11,6	-2,0	100,3
	98 (prof)	1,859	99,2	12,4	-1,2	
	99 (sup)	1,849	98,7	12,7	-0,9	102,1
	100 (prof)	1,966	104,9	11,5	-2,1	
6	101 (sup)	1,992	106,3	12,2	-1,4	107,5
	102 (prof)	2,085	111,3	12,4	-1,2	
	103 (prof)	1,858	99,2	12,0	-1,6	101,4
	104 (sup)	1,903	101,5	11,9	-1,7	
8	105 (sup)	1,950	104,1	12,2	-1,4	103,2
	106 (prof)	1,837	98,0	12,6	-1,0	
	107 (prof)	1,858	99,1	12,8	-0,8	101,8
	108 (sup)	1,914	102,1	12,4	-1,2	
10	109 (sup)	1,959	104,5	12,6	-1,0	103,0
	110 (prof)	1,776	94,8	12,9	-0,7	
	111 (prof)	1,939	103,5	12,8	-0,8	102,9
	112 (sup)	1,905	101,6	12,9	-0,7	

Da apreciação dos resultados indicados nos quadros anteriormente apresentados, percebe-se que este aterro E5 não poderia ser validado, dado não ser conclusivo. Por outro lado, acresce que o mesmo foi executado tendo o solo teor de humidade inferior ao pretendido.

5.1.2.2.4 - Aterro E10: Designado como TZ1

Este aterro tem 40 cm de espessura e foi realizado com solos do Tipo A1 com humidade correspondente ao teor óptimo do Proctor.

Seguindo a metodologia definida em 5.1 foram recolhidas 4 amostras de solos do sub-lote a utilizar no aterro experimental para realização de ensaios laboratoriais.

A caracterização laboratorial das amostras representativas do sub-lote, conduziu à obtenção dos resultados que se indicam seguidamente, apresentando-se alguns deles sob a forma gráfica.

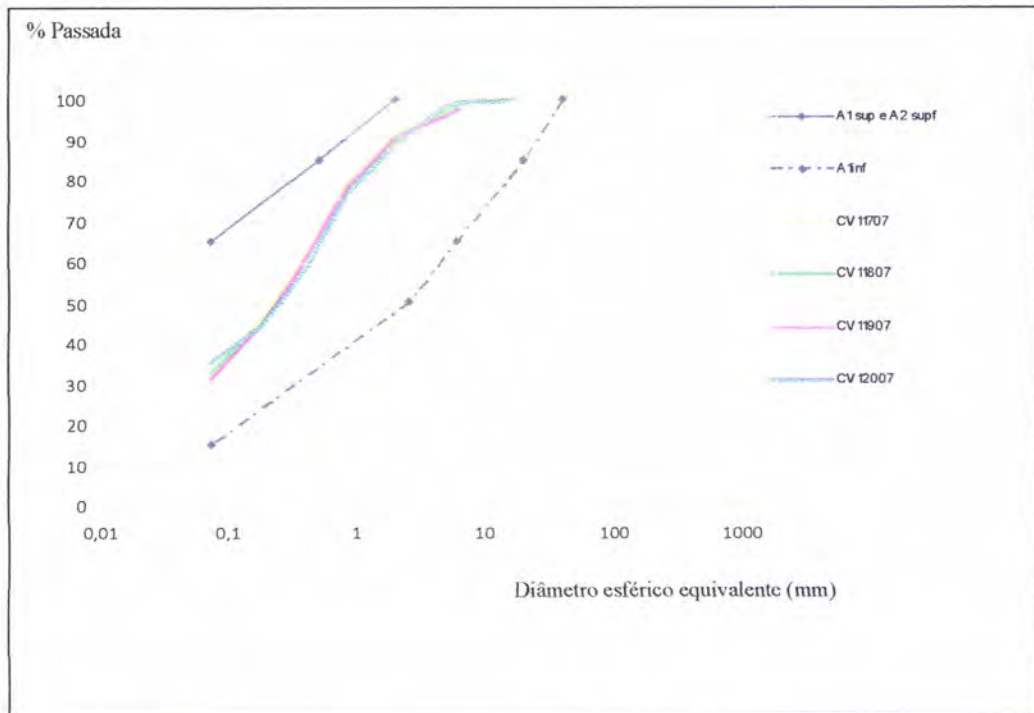


Figura 5.18 – Distribuição granulométrica dos solos aplicados no aterro E10

No quadro 5.8, podem observar-se os resultados obtidos pela realização dos ensaios de determinação dos limites de consistência aos solos do aterro E10.

Quadro 5.8 – Resumo dos resultados dos limites de consistência dos solos do aterro E10

Amostra	LL (%)	IP (%)
CV11707	34	13
CV11807	32	13
CV11907	34	11
CV12007	35	12

Pela análise dos resultados obtidos, confirma-se que o solo se enquadra no material do tipo A1, atendendo às exigências de granulometria e limites de Consistência, pelo que obteve aprovação para ser aplicado na execução do aterro experimental.

Realizaram-se igualmente os ensaios de compactação Proctor, cujos resultados se apresentam seguidamente (Figura 5.19):

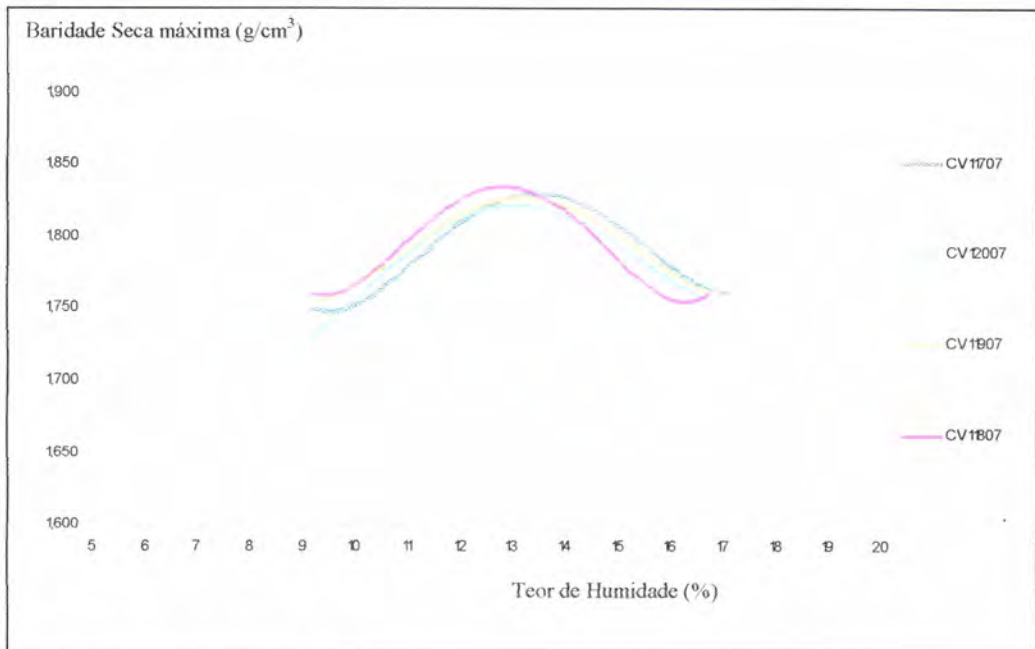


Figura 5.19 – Curva Proctor relativa dos solos aplicados no aterro E10

No quadro 5.9, podem observar-se os valores padrão relativos à compactação dos solos do aterro E10.

Quadro 5.9- Resumo dos resultados dos ensaios de compactação tipo Proctor dos solos do aterro E10

Amostra	γ_s (g/cm ³)	W (%)
CV11707	1,831	13,4
CV11807	1,839	12,9
CV11907	1,826	13,1
CV12007	1,820	13,0

Representa-se esquematicamente na figura 5.20, o aterro E10.

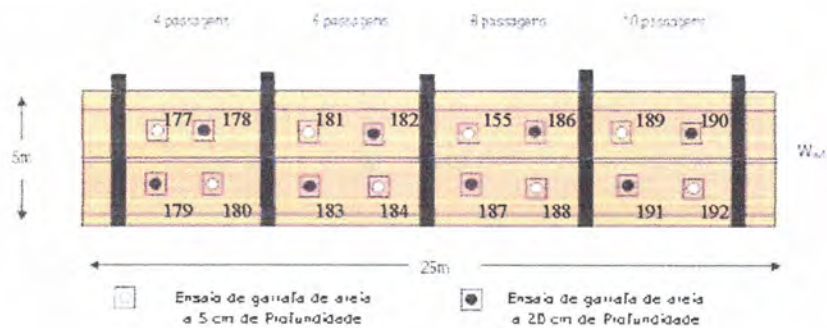


Figura 5.20 – Esquema do aterro E10

Nos quadros 5.10 e 5.11, podem observar-se os resultados obtidos pela realização dos ensaios de determinação do teor de humidade no aterro E10.

Quadro 5.10 - Aterro E10: TZ1 - 0,40m, Wopt. - Resumo dos resultados dos ensaios de determinação do teor de humidade realizados.

N.º passagens	Ensaio de Garrafa de areia	Teores de humidade determinados			Afastamento ao teor óptimo
		W (%)	Wmo (%)	Ws (%)	(W - Wopt)
4	177 (sup)	13,2	13,9	14,1	0,3
	178 (prof)	13,3	14,0	14,2	0,2
	179 (sup)	13,2	14,2	14,5	0,2
	180 (prof)	13,4	14,3	14,1	0,0
6	181 (sup)	13,5	15,2	14,5	0,4
	182 (prof)	13,6	13,5	14,1	0,6
	183 (prof)	13,4	13,9	14,0	0,0
	184 (sup)	13,4	13,8	14,2	0,5
8	185 (sup)	13,4	14,0	14,1	0,3
	186 (prof)	13,7	13,9	14,1	0,7
	187 (prof)	13,4	14,2	13,7	0,3
	188 (sup)	13,3	13,9	13,8	0,3
10	189 (sup)	13,5	14,2	14,1	0,1
	190 (prof)	13,2	14,1	14,0	0,3
	191 (prof)	13,5	14,2	14,3	0,4
	192 (sup)	13,5	14,1	14,2	0,5

Verifica-se, pela observação dos dados do quadro 5.10, que os valores do teor de humidade do solo constituinte da camada experimental satisfazem as condições pretendidas.

Neste caso, a variação verificada no teor de humidade ao longo da camada não é significativa. Regista-se ainda que é notório o reflexo do reforço das operações de homogeneização dos solos.

Quadro 5.11 – Aterro E10: T21 - 0,40m, Wopt. - Resumo dos resultados dos ensaios de controlo de compactação realizados com a garrafa de areia.

N.º passagens	Garrafa de Areia					Gamadensímetro
	Pontos de ensaio	$\gamma(\text{g}/\text{cm}^3)$	G.C. (%)	W (%)	(W – Wopt)	G.C. médio (%)
4	177 (sup)	1,730	94,1	13,7	0,8	94,5
	178 (prof)	1,713	93,8	13,8	0,7	
	179 (sup)	1,705	93,7	14	1,0	94,6
	180 (prof)	1,723	94,1	13,9	0,5	
6	181 (sup)	1,788	97,9	14,2	1,1	98,5
	182 (prof)	1,785	98,1	13,7	0,7	
	183 (prof)	1,798	98,2	13,8	0,4	98,6
	184 (sup)	1,800	97,9	13,8	0,9	
8	185 (sup)	1,804	98,8	13,8	0,7	99,1
	186 (prof)	1,800	98,9	13,9	0,9	
	187 (prof)	1,810	99,1	13,8	0,7	99,3
	188 (sup)	1,796	98,7	13,7	0,7	
10	189 (sup)	1,829	99,9	13,9	0,5	100,8
	190 (prof)	1,857	101	13,8	0,9	
	191 (prof)	1,833	100,4	14	0,9	101,4
	192 (sup)	1,842	101,2	13,9	0,9	

5.1.2.3 - Discussão dos resultados dos aterros experimentais

- Os resultados dos ensaios de identificação efectuados nos materiais de aterro do A1 na fase de caracterização das manchas de empréstimo, quando analisados comparativamente com os resultados obtidos nesta fase de aterros experimentais, são concordantes;
- O fuso granulométrico definido no Projecto e no Caderno de Encargos para os materiais A1 e A2, é cumprido pelos solos utilizados;
- Os aterros experimentais realizados anteriormente ao E10, não foram validados. Como exemplo apresentaram-se as situações correspondentes aos aterros E1, E2 e E5.
- Durante a execução dos aterros experimentais houve dificuldade em assegurar teores em água homogéneos;

- As alterações implementadas ao nível dos métodos de trabalho permitiram melhorar a homogeneidade do teor em água dos materiais, atingindo-se na fase final dos aterros experimentais uma situação satisfatória. Estas alterações ocorreram especialmente ao nível do reforço das acções de homogeneização dos materiais a utilizar, tanto na fase de preparação dos lotes como da sua humedificação.
- Para o aterro E10, que veio a ser validado, o valor do grau de compactação aumenta em função do número de passagens do cilindro, ou seja, em função do aumento de energia de compactação. A diferença no aumento de compactação é mais notória na passagem de 4 para 6 passagens, do que na de 6 para 8 ou na de 8 para 10 passagens;
- No aterro E10, existem valores de compactação que ultrapassam os 100%. Tal situação deve-se ao facto de se ter como referência a energia de compactação do Proctor Normal a qual não corresponde, exactamente, à energia do cilindro compactador em obra, a qual é superior à do ensaio.
- Em face dos resultados obtidos, considera-se que para uma camada de material solto com 0,40m de espessura, colocada com um teor em água entre o teor óptimo e o teor óptimo +2%, para 8 passagens de cilindro vibrador existente em obra, serão obtidos valores de grau de compactação iguais ou superiores a 98%. Esta recomendação é válida para os solos do tipo A1, com aplicação no maciço de montante e para os solos do tipo A2, do maciço de jusante.
- Com 6 passagens, também se atingiu, de modo geral o nível de compactação pretendido (98%). No entanto, pelo facto de se terem atingido valores inferiores e de modo a minimizar eventuais insucessos, adoptou-se como metodologia a implementar em obra, as 8 passagens.
- Recomenda-se que na mancha de empréstimo sejam criados lotes devidamente homogeneizados e referenciados com cerca de 150m³ de solos, que permitam de forma antecipada efectuar as necessárias amostragens e caracterizações laboratoriais, e assim reconhecer de forma prévia os materiais que serão aplicados. Sobre estes lotes incidirão sobretudo as caracterizações dos teores em água e dos valores de compactação.
- No que se refere ao controlo de compactação, recomenda-se que nesta fase de início dos trabalhos possam ser realizados ensaios de garrafa de areia por cada 150m³ de solos compactados. Com base neste valor, resulta para o caso de camadas de 0,4m de

espessura e considerando a largura do cilindro ($\pm 2m$) a realização de 1 ensaio de garrafa de areia de 200 em 200m.

- No que se refere ao controlo do teor em água "in situ", recomenda-se que o mesmo seja realizado com base no ensaio de determinação em "Micro-ondas", sendo feita a confirmação dos valores pelo método da estufa.

6 - Construção e Controlo de Construção do Reservatório de Regularização - R3

Definida a metodologia construtiva e os equipamentos a utilizar, montou-se um laboratório de campo de forma a satisfazer o exigido¹ contratualmente relativamente ao controlo das características dos materiais e da sua aplicação no aterro.

Este laboratório está devidamente apetrechado de modo a garantir a execução de todos os ensaios necessários, cumprindo as exigências definidas em C.E. e no projecto, bem como as decorrentes da metodologia entretanto definida para a construção dos aterros, a partir da execução dos aterros experimentais.

Na figura 6.1, ilustra-se o laboratório de campo.



Figura 6.1 – Aspecto geral do laboratório de campo (vista exterior e interior)

No seguimento dos aterros experimentais realizados, a equipa de fiscalização e seus consultores definiram que o controlo de execução das camadas de aterro, deveria realizar-se pelo método da família das curvas.

6.1- Trabalhos Prévios: Fundação do Reservatório

Após implantação do traçado no terreno, iniciaram-se as operações de desmatagem e decapagem da fundação da barragem. Estes trabalhos foram executados com recurso a um bulldozer e uma giratória de rastos, até uma profundidade que permitiu a remoção total de todas as plantas e raízes, não tendo necessidade de remover qualquer árvore.

Os produtos resultantes foram transportados, com recurso a um dumper, e depositados na zona da albufeira, para posterior reutilização no recobrimento do talude de jusante da barragem.

¹ Volume IV.3 – Reservatório de Regularização R3 - Tomo IV.3.3 – Caderno de encargos – Clausulas Técnicas.

Terminada esta operação, percebeu-se a existência de um nível de material argiloso com cascalho, que se entendeu dever ser saneado.

Assim, na fase de saneamento da fundação, retirou-se essa camada de material argiloso com cascalho, até atingir a camada inferior, de natureza argilosa, sem cascalho, de menor permeabilidade. Os materiais resultantes deste saneamento foram depositados a montante da barragem, tendo sido utilizados na construção de uma ensecadeira que desvia a água afluyente à tomada de água.

Após o processo de saneamento seguiram-se os trabalhos de compactação da superfície do terreno natural de fundação e iniciaram-se as primeiras camadas de aterro com materiais provenientes da mancha de empréstimo (solo tipo A1).

Nas figuras 6.2, 6.3 e 6.4 apresentam-se imagens de alguns aspectos destas fases iniciais de trabalho construtivo.



Figura 6.2 - Aspecto geral da zona da barragem, antes do início da decapagem.



Figura 6.3 - Aspecto geral da fundação da barragem após saneamento.



Figura 6.4 - Compactação da fundação e escarificação da camada para permitir ligação com as camadas de aterro

6.2 - Controlo de Qualidade na Construção dos Aterros

Tendo por base a metodologia apresentada nos aterros experimentais, antes do início dos trabalhos de aterro, preparam-se os solos na mancha de empréstimo, os quais foram separados por lotes.

Por cada lote foram recolhidas diversas amostras para realização de ensaios de caracterização em laboratório. O número de amostras colhidas por lote, dependia do volume do mesmo.

Deste modo foi possível determinar, para cada lote, uma família de curvas de Proctor, para o controlo da compactação nos aterros por este método (método da família de curvas).

A qualidade de aplicação dos solos nas camadas de aterro, foi avaliada "in-situ" com recurso à realização de ensaios de garrafa de areia (para a determinação das baridades de campo), e com recurso a microondas para a determinação do teor em água, sendo que o valor obtido era posteriormente confirmado pelo método da estufa. Estes ensaios eram realizados à razão de um ensaio por cada 200 m e por cada faixa de compactação do cilindro.

Durante a construção do tapete drenante, foram efectuados ensaios para a determinação da compacidade da areia. Foram também recolhidas amostras da areia e de brita, para controlo de materiais e cumprimento do CE. Os requisitos estabelecidos no caderno de encargos, em termos de compacidade mínima pretendida e características granulométricas foram garantidos.

Todos os trabalhos inerentes ao controlo de qualidade da construção das camadas de aterro foram acompanhados e avaliados diariamente, verificando-se, pontualmente, a existência de camadas menos bem executadas que foram rectificadas mediante as necessidades de correcção que apresentavam.

Como exemplo destas situações, referem-se aquelas em que os resultados obtidos mostram que houve situações de material com humidade incorrecta, ou com falta de compactação, tendo havido correcção das mesmas. A correcção dos teores de humidade foi conseguida através de escarificação e rega, ou arejamento, respectivamente, de modo a atingir os teores de humidade especificados.

As situações em que se verificou haver falta de compactação, foram corrigidas com mais passagens de cilindro.

Após correcção/reparação das camadas, os ensaios de determinação da baridade e humidade "in situ" foram repetidos, de modo a avaliar a eficácia da correcção.

No maciço de montante foram efectuados um total de 143 ensaios de controlo de compactação pela realização de ensaio com garrafa de areia, em 14 camadas de aterro, tendo-se obtido 118 ensaios com resultados positivos e 25 com resultados negativos, por deficiente compactação ou teor de humidade incorrectos (na medida em que não cumpriam o especificado.

Todos os pontos com resultado negativo foram corrigidos e ensaiados novamente.

A média dos valores de grau de compactação obtida para as camadas de aterro executadas no maciço de montante foi de 100,82%, sendo que o menor valor obtido foi de 97,55%, e o maior valor de compactação obtido foi de 117,5%.

Quanto aos teores de humidade obtidos nos ensaios "in situ", estes apresentam um teor médio de 15,26%, sendo o menor valor obtido de 12,5% e o maior valor obtido de 18,0%.

A média dos desvios dos valores de teores de humidade, relativamente ao óptimo do ensaio de Proctor Normal do solo que representam foi de 0,92 %, ou seja, enquadravam-se nas prescrições do C.E. da empreitada.

Na figura 6.5, apresentam-se graficamente os desvios de resultados dos valores relativos a grau de compactação e de teores de humidade, em função dos resultados dos ensaios de compactação Proctor Normal realizados para cada solo aplicado.

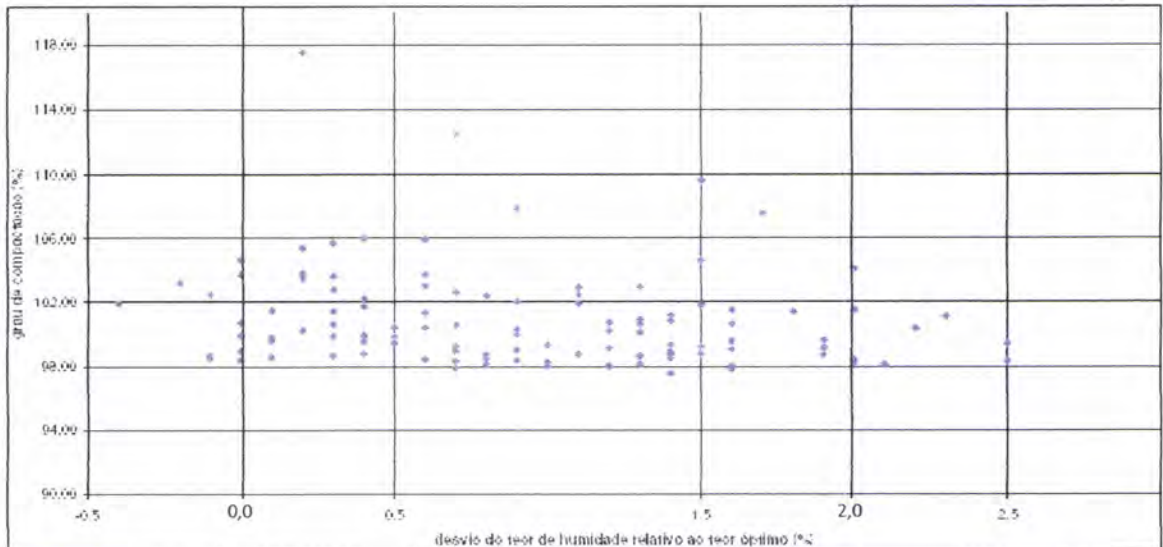


Figura 6.5 – Desvios de Grau de Compactação e teor de humidade, relativamente aos valores padrão (baridade máxima teórica e teor ótimo de humidade) de cada solo do tipo A1 utilizado

No maciço de jusante foram efectuados um total de 75 ensaios de controlo de compactação pela realização de ensaio com garrafa de areia, em 13 camadas de aterro, tendo-se obtido 74 ensaios com resultados positivos e 1 com resultado negativo, por deficiente compactação e teor de humidade.

A camada com resultado negativo foi corrigida e ensaiada novamente.

A média dos valores correspondentes ao grau de compactação, obtida no controlo de qualidade de aplicação dos solos utilizados na execução das camadas de aterro do maciço de jusante foi de 101,57 %, sendo que o menor valor obtido foi de 98,30 %, e o maior valor de compactação obtido foi de 107,17 %.

Quanto à média dos desvios dos valores dos teores de humidade obtidos nos ensaios in situ, relativamente aos teores óptimos dos ensaios Proctor Normal executados, este foi de 0,9 %, confirmando-se que foram cumpridas as exigências previstas em C.E..

O gráfico da figura seguinte (figura 6.6) ilustra os desvios associados ao grau de compactação e os desvios relativos ao teor ótimo dos ensaios de Proctor normal, para os maciços de jusante (solos do tipo A2).

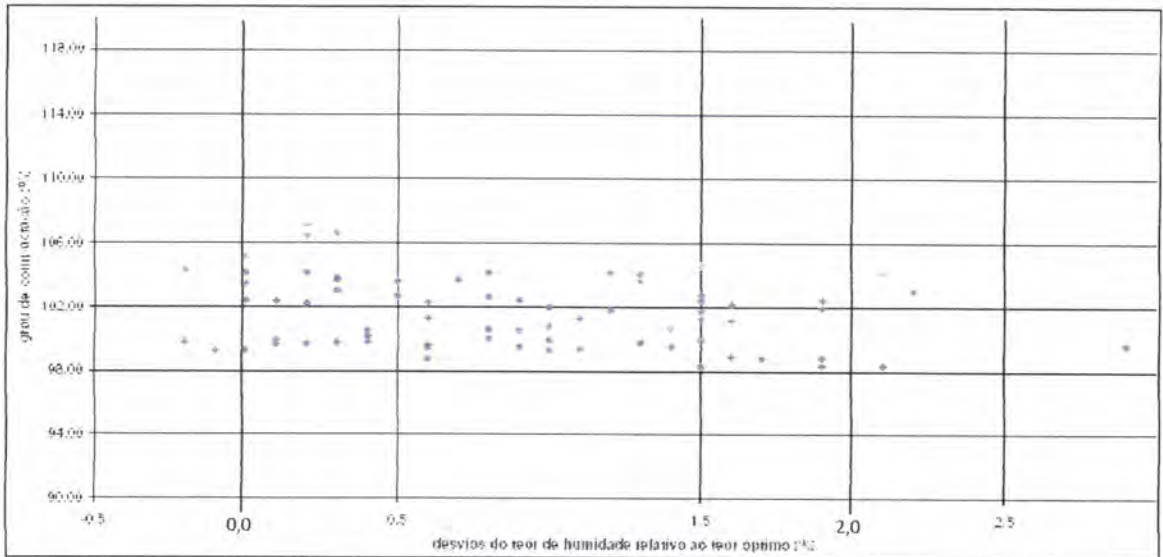


Figura 6.6 - Desvios de Grau de Compactação e teor de humidade, relativamente aos valores padrão (baridade máxima teórica e teor ótimo de humidade) de cada solo do tipo A2 utilizado

Relativamente à permeabilidade dos solos utilizados, sublinha-se que este parâmetro apenas foi determinado na fase inicial de identificação das zonas da mancha de empréstimo a utilizar como solos do Tipo A1 e A2.

Em várias fases da construção do aterro (tanto montante como jusante), realizaram-se ensaios de permeabilidade "in situ", tipo Lefranc, para confirmação da permeabilidade real dos maciços.

Como resultados obtiveram-se valores médios de K_y da ordem de $9,6 \times 10^{-7}$ e $2,69 \times 10^{-6}$ m/s, para os maciços de montante e jusante, respectivamente, confirmando-se assim as prescrições do C.E.

Na figura 6.7, apresentam-se várias imagens com vistas gerais do aterro, em vários momentos da sua construção, a na fase de acabamento.

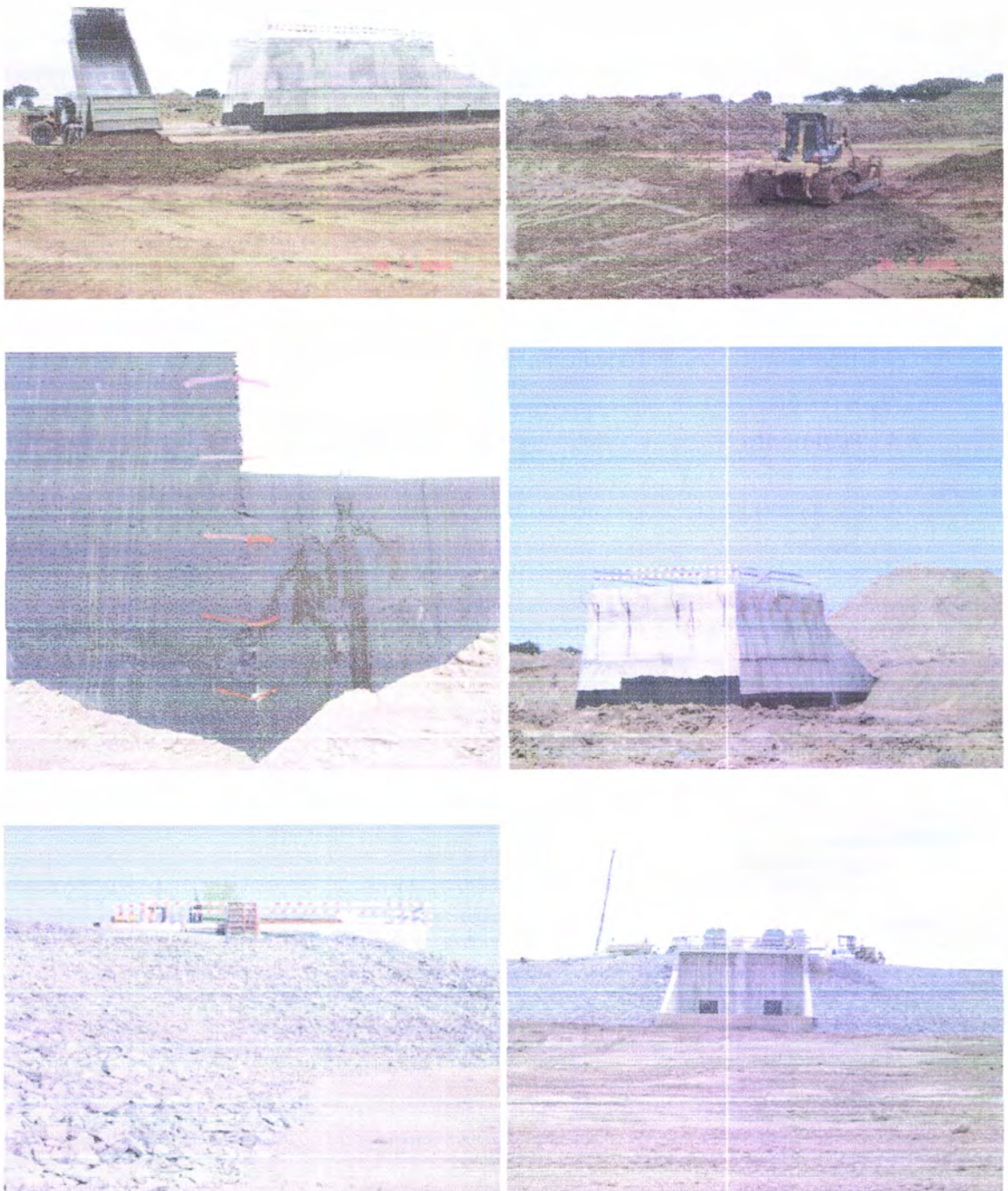


Figura 6.7 – Aspectos gerais da evolução dos trabalhos de construção do reservatório

6.3 - Coroamento

A última camada de aterro foi executada com aplicação de maior energia, de modo a permitir a construção da caixa de pavimento numa camada de leito de pavimento estabilizada mecanicamente, tendo o controlo de compactação sido realizado com base no ensaio Proctor modificado.

Salienta-se que esta camada está acima do nível de máxima cheia, pelo que não é influenciada pela água da albufeira.

Nesta camada foram utilizados os mesmos solos do maciço de jusante, onde foram determinados os parâmetros de baridade seca máxima e teor óptimo de humidade, pela execução do ensaio de Proctor modificado. Pela realização dos ensaios de garrafa de areia, obtiveram-se como resultados, valores compreendidos entre 1,945 g/cm³ e 1,959 g/cm³, correspondendo a um grau de compactação superior a 98 %.

6.4 - Pavimento

Sobre a camada de coroamento, assenta uma estrutura de pavimento com a seguinte composição:

- uma camada de sub-base em agregado britado de granulometria extensa (A.B.G.E)0/60, com uma espessura de 0,25 m;
- uma camada de A.B.G.E 0/40 e uma camada, com espessura de 0,20 m;
- uma camada de Macadame com 0,10 m de espessura.
- uma camada de desgaste em betão betuminoso, com a espessura de 0,06 m.

7 - Considerações Finais

Como considerações finais deste trabalho, importa destacar a importância da realização dos aterros experimentais, com vista ao estabelecimento de metodologias para a construção dos aterros, de modo a que se cumpram as imposições prescritas tanto em projecto como em Caderno de Encargos.

Salienta-se que todo o trabalho de controlo de qualidade desenvolvido nesta empreitada se processou de acordo com os documentos anteriormente referidos e com as determinações emanadas da fiscalização e Dono de Obra.

Pela experiência vivida nesta obra, resulta muito clara a importância da selecção dos solos a utilizar na execução das camadas de aterro. Igualmente importante é a homogeneização do teor de humidade dos solos aplicados, fundamental para a obtenção de camadas uniformemente compactadas.

Assim, face à experiência vivida nesta obra, considera-se fundamental que em obras futuras desta natureza, se atente para os aspectos seguintes:

- Proceder a uma criteriosa avaliação dos diversos materiais existentes;
- Proceder a uma criteriosa selecção dos solos, em fase de escavação, para que seja possível criar lotes sem misturas de solos.
- Promover o acompanhamento destes trabalhos de selecção e separação dos solos, por parte de um geotécnico;
- Promover a homogeneização dos solos de cada lote, antes do seu transporte para a camada de aterro;
- Após homogeneização dos solos, importa recolher algumas amostras de cada lote, para determinação de teores de humidade, no sentido de se confirmar se estes cumprem o determinado em CE, relativamente à sua proximidade ao teor óptimo de humidade obtido no ensaio de compactação Proctor;
- Confirmada a homogeneidade dos teores de humidade e a sua adequação relativamente ao teor óptimo do Proctor respectivo, deverá proceder-se ao seu espalhamento e compactação, de acordo com a metodologia definida em trecho experimental;

- Executada a compactação, tal como previsto pela realização dos trechos experimentais realizados, deverá proceder-se à realização de ensaios "in situ" de controlo de qualidade da camada executada, no sentido de confirmar a qualidade da sua execução;

Em jeito de conclusão, gostaria de enfatizar que este trabalho reflecte a importância que a geotecnia e controlo de qualidade assumem na edificação em obras de terra.

Pessoalmente constituiu uma experiência importantíssima que certamente me ajudará na resolução de problemas futuros.

Bibliografia

AASHTO T217-67 – Determination of Moisture in Soil by Means of Calcium Carbide Gás Pressure Moisture Tester (Speedy).

ASTM D 2434 (2000) - Standard Test Method for Permeability of Granular Soils (Constant Head).

ASTM D 4643 (2000) - Standard Test Method for Determination of Water (Moisture) Content of Soil by the Microwave Oven Heating.

CARVALHOSA, A. B.; CARVALHO, A. M. G.; ALVES, C. A. M.; & PINA, H. L.; (1969) – Carta Geológica de Portugal á escala de 1/50 000. Notícia explicativa da folha 40- A, Évora. Serviços geológicos de Portugal.

Direcção Geral do Ambiente (1975). Atlas do Ambiente – Sismologia. Lisboa

FARIA, PAULA ALEXANDRA GONÇALVES, 1994. – "A Geologia de Engenharia no Controlo de Qualidade de Obras". Lisboa;

FARIA, PAULA ALEXANDRA GONÇALVES, 2005. – "Propriedades Composicionais e Geotécnicas de Solos Argilosos em Obras de Rodoviárias". Aveiro;

LNEC (1992) – Compilação de Catálogos sísmicos da Região Ibérica. Lisboa.

LNEC E 196 (1966) – Solos. Análise granulométrica (com sedimentação). LNEC, Lisboa.

LNEC E 197 (1966) – Solos. Ensaio de compactação. LNEC, Lisboa.

LNEC E 204 (1967) - Determinação da Baridade Seca In Situ pelo Método da Garrafa de Areia. LNEC, Lisboa.

LNEC E 218 (1968) – Prospecção geotécnica de terrenos. Colheita de amostras. LNEC, Lisboa.

LNEC E 239 (1970) – Solos. Análise granulométrica por peneiração húmida. LNEC, Lisboa.

NP 84 (1965) – Solos. Determinação do teor em água. Lisboa.

NP 143 (1969) – Solos. Determinação dos limites de consistência. Lisboa.

Oliveira, C.S. (1977) – Sismologia, sismicidade e risco sísmico. Laboratório Nacional de Engenharia.

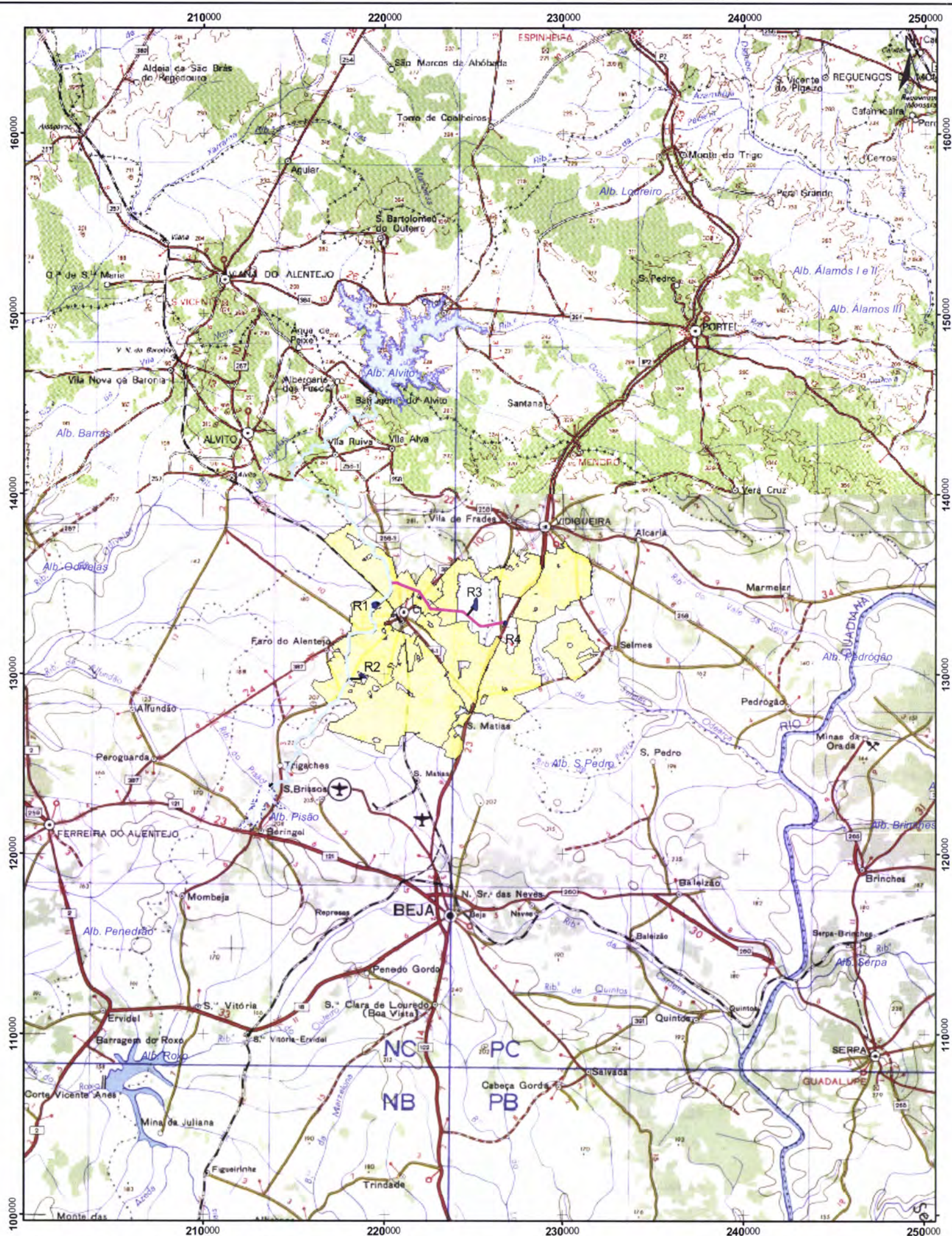
RC - Consórcio Hidroprojecto e Aqualogus (2004) - Peças Escritas e Desenhadas do projecto da "Empreitada de Construção da Rede de Rega do Bloco de Cuba Este" - Aproveitamento Hidroagrícola de Alvão Pisão - Construção do Reservatório de Regularização 3 - (RR3) – Projecto de execução - Volume IV.3 – Caderno de encargos.

RSA, 1983 - Regulamento de Segurança de Acção Sísmica de Edifícios e Pontes, 1983)

U.S. Bureau of Reclamation (1978) – "Design of Small Canal Structures". U.S Dept. of Interior, Denver. Colorado

ANEXOS

ANEXO I



- Blocos de Rega
- Bacia Hidrográfica do rio Guadiana
- Bacia Hidrográfica do rio Sado

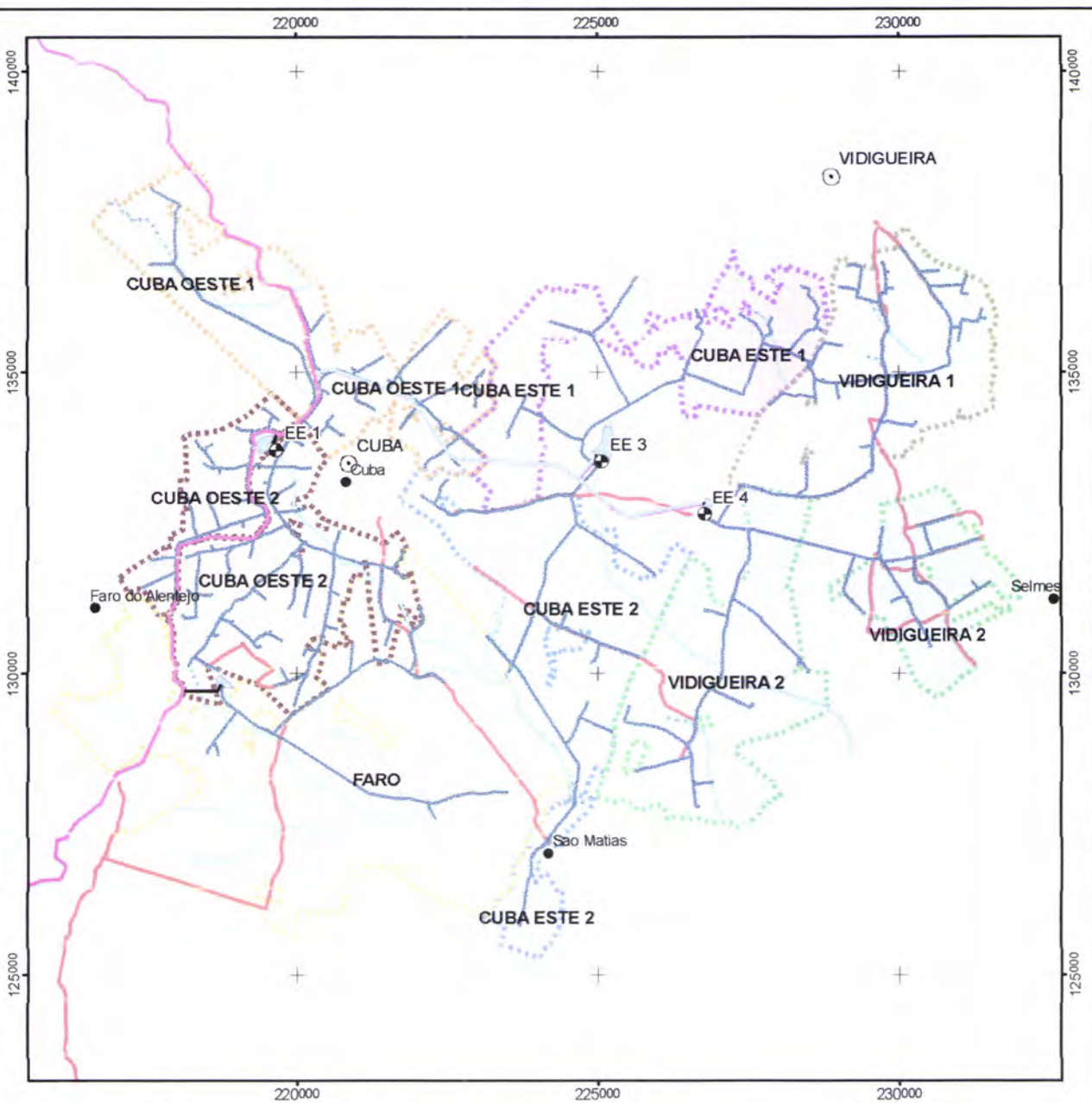
- Blocos de Rega
- Canal Alvito - Pisão
- Adutor Cuba - Vidigueira
- Reservatório
- Albufeira do Alvito
- Albufeira do Pisão (futura)
- Limite de concelho
- Limite de freguesia
- Sede de concelho
- Sede de freguesia

Extracto da Carta Militar de Portugal, Esc.: 1/250 000, folhas nº 6 (1999) e folha nº 8 (1997), IGeoE
 Origem das coordenadas rectangulares: Ponto fictício (unidades em metros)

Escala : 1/250 000 10 km

Figura 1 - Localização e enquadramento da área de estudo

Cad. ReF. 42002620/35206a/35206a_fig1se



Extracto da Carta Militar de Portugal, Esc.: 1/250 000, folhas nº 6 (1999) e folha nº 8 (1997), IGeoE
 Origem das coordenadas rectangulares: Ponto fictício (unidades em metros)

0 1 km

Escala 1:100 000

Projecto dos Blocos de Rega Alvíto-Pisão

Blocos de Rega

- Cuba Este 1
- Cuba Este 2
- Cuba Oeste 1
- Cuba Oeste 2
- Vidigueira 1
- Vidigueira 2
- Faro
- Adutor Cuba - Vidigueira
- Canal Alvíto - Pisão
- Reservatório

- Estação Elevatória
- Rede de rega
- Rede de drenagem
- Vala a regularizar
- Vala a limpar
- Rede viária
- Rede viária
- Sede de concelho
- Sede de freguesia

Figura 2 - Projecto dos Blocos de Rega Alvíto-Pisão

ANEXO II

ANEXO III



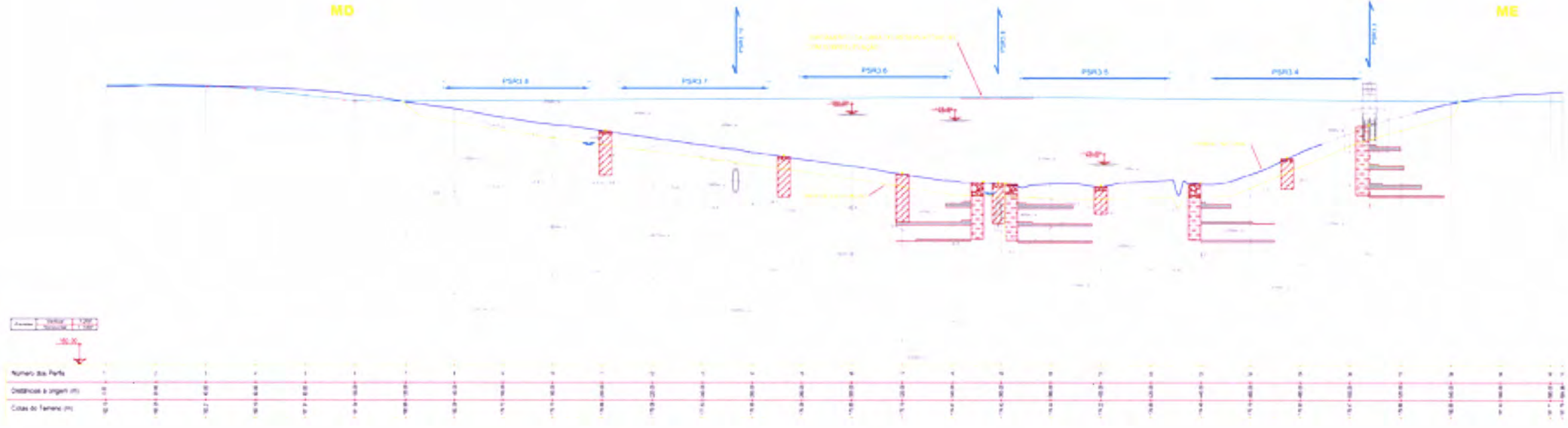
- CONVENÇÕES
- Poço de reconhecimento
 - Sondagem mecânica a trado com ensaio SPT
 - Perfil sísmico de refração

Índice	Interações	Proj.	Des.	Verif.	Aprova.	Data
<p>Cliente: EDIA EMPRESA DE DESENVOLVIMENTO E INFRA-ESTRUTURAS DO ALQUEVA, S.A.</p> <p>Contrato:</p>						
<p>Fase do contrato: PROJEÇÃO E EXECUÇÃO</p>		<p>Título do contrato: RECONHECIMENTO DE ÁREAS, ANÁLISES E LOCALIZAÇÃO DAS INFRA-ESTRUTURAS DE RECREAÇÃO E ALIMENTAÇÃO</p>				
	Projeto:	F.M.	Desenho Nº:	Rev.	Estado:	
	Execução:	P.B.		G.002		
	Planos:	F.M.	Nº do contrato:		1/1500	
	Verifica:		Substitui:			
	Aprova:	V.C.P.				

ANEXO IV

MO

ME



PERFIL LONGITUDINAL PELO EIXO DO DESCARREGADOR DE SEGURANÇA

