

BARRAGEM DO ARNÓIA

Aspectos Construtivos

Melhoria da Fundação

A Engenharia dos Aproveitamentos
Hidroagrícolas: actualidade e desafios futuros
Jornadas Técnicas APRH

13 a 15 de Outubro de 2011 - Laboratório Nacional de Engenharia Civil



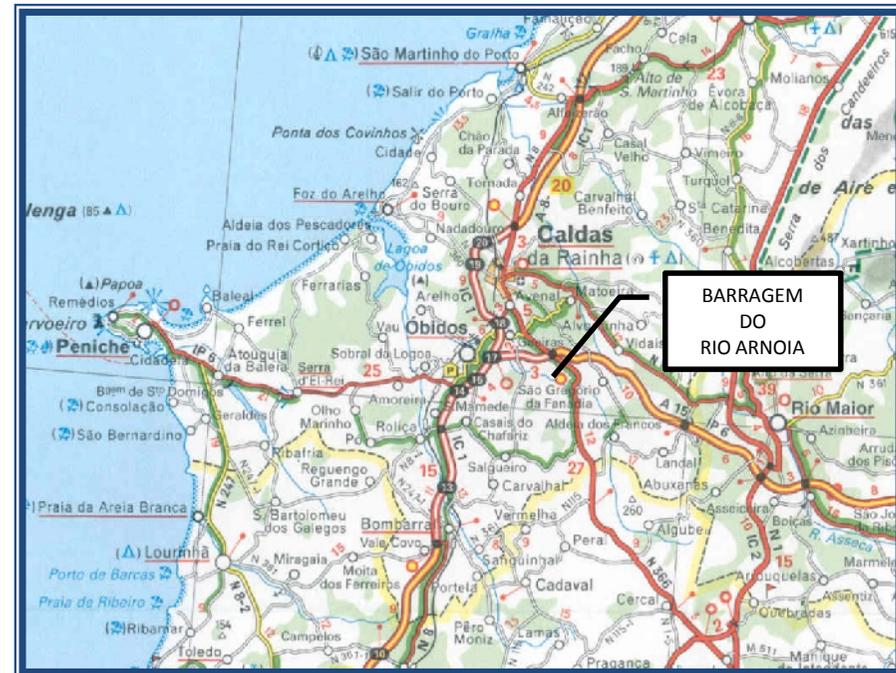
Ministério da Agricultura,
Mar, Ambiente e
Ordenamento do Território

DGADR
Direcção-Geral
de Agricultura e
Desenvolvimento Rural

Empreendimento

CONSTRUÇÃO DE:

- ✓ 1 – Barragem do Arnóia
- ✓ 2 – Ponte do Arnóia
- ✓ 3 – Estrada Á-dos-Negros / Casais da Areia
- 4 – Est. Elevatória, Rede de Rega e Viária
- 5 – Regularização Fluvial



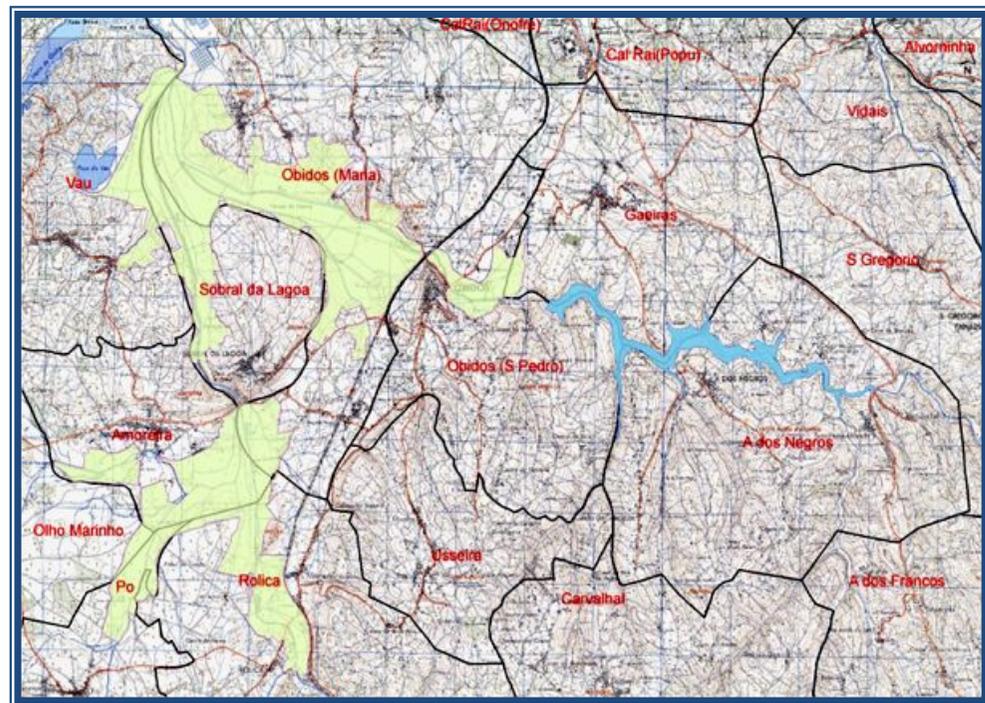
Características Gerais

ALBUFEIRA

Área Inundada (NPA) 97 ha

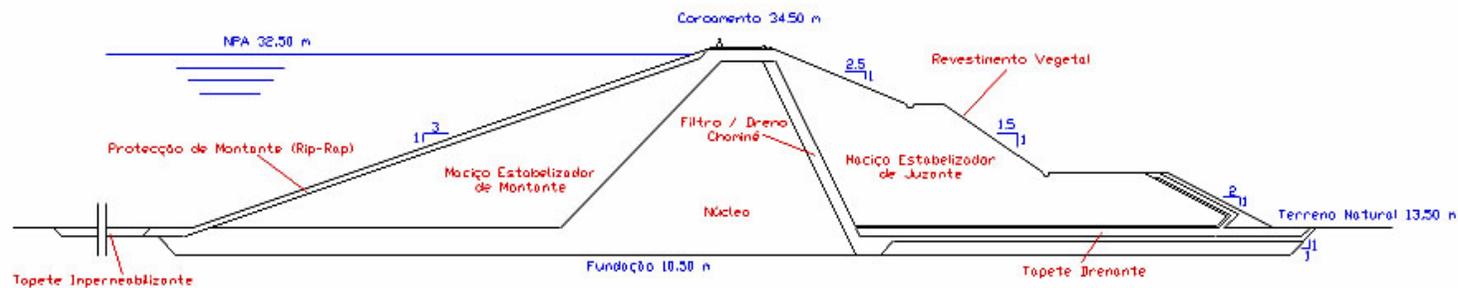
Capacidade (NPA) ... 6,8 milhões de m³

Volume Útil 5,5 milhões de m³



Características Gerais

PERFIL TIPO DA BARRAGEM
DE ÓBIDOS



ATERRO

Altura máxima acima da fundação 24 m

Desenvolvimento do coroamento 150 m

Volume de aterro 163.000 m³

Volume de escavação 104.000 m³

Características Gerais

FUNDAÇÃO ORIGINAL

Era constituída por:

Aluviões arenosas que apresentavam até aos 13 m de profundidade um valor médio de resistência de ponta do penetrómetro, R_p de 0,6 MPa e valores de N do ensaio SPT de 0 a 5 pancadas. A maiores profundidades os valores de R_p eram da ordem de 2,0 Mpa.

Aluviões argilosas com valores de R_p da ordem de 0,6 MPa e valores de N entre 0 e 5 pancadas. Em profundidade passavam a ter valores de R_p de cerca de 2 a 4 MPa e de 8 a 13 pancadas no ensaio SPT.



Subjacentes aos depósitos aluvionares encontram-se formações jurássicas, de elevada resistência mecânica, constituídas por argilas margosas e siltosas e arenitos calcários, muito compactos, com valores de N de 18 a 32 pancadas.

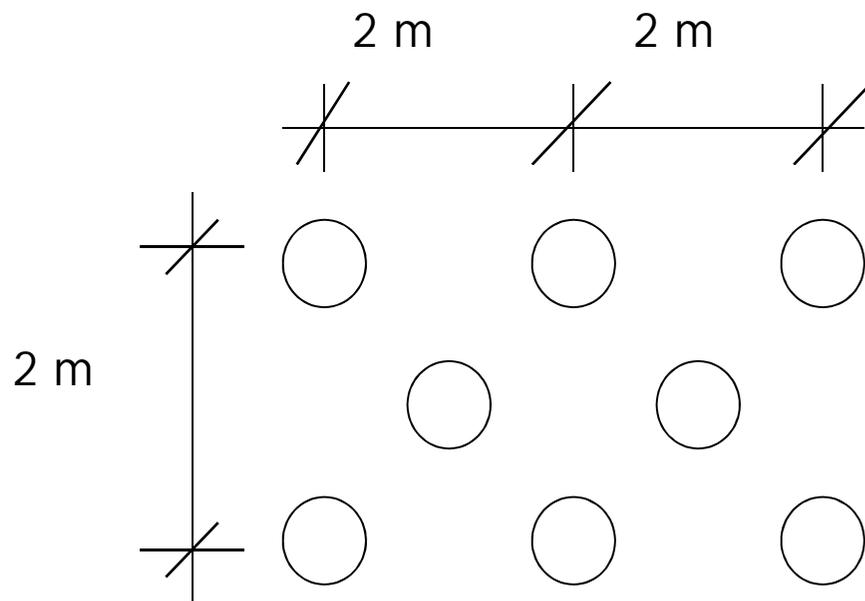
Tratamento da Fundação

SOLUÇÕES ESTUDADAS:

A **1.ª solução** seria fundar o aterro nas formações subjacentes aos depósitos aluvionares de resistência mecânica mais elevada, a qual se revelou ser economicamente inviável devido à elevada possança das aluviões, ao nível freático situado praticamente à superfície e à dimensão da barragem.

A **2.ª solução** equacionada foi o tratamento por vibrocompactação, sem a adição de material granular, solução abandonada uma vez que este tratamento só é eficaz para solos incoerentes que contenham até 10% de silte, e no nosso caso estávamos em presença de um material aluvionar com percentagem de finos entre 26% e 45%.

Solução de Tratamento



SOLUÇÃO ADOPTADA

Recai sobre a VIBROSUBSTITUIÇÃO COM INCLUSÃO, NO SOLO NATURAL, DE COLUNAS DE BRITA, com 0,80m de diâmetro e 13,0m de comprimento máximo, com eixos afastados de 2,00m, segundo uma malha em quincôncio.

Solução de Tratamento

SITUAÇÃO INICIAL

Até aos 13m

- $R_p = 0,6 \text{ MPa}$
- $\varnothing = 24^\circ$
- $K < 10^{-6} \text{ m/s}$
(estimado)

> 13m

- $R_p = 2.0 \text{ MPa}$
- $\varnothing = 30^\circ$
- $K < 10^{-6} \text{ m/s}$
(estimado)

TRATAMENTO

OBJECTIVO

- $R_p = 7,0 \text{ MPa}$
- $\varnothing = 34^\circ$
- $K \approx 10^{-4} \text{ m/s}$

- $R_p = 7,0 \text{ MPa}$
- $\varnothing = 37^\circ$
- $K \approx 10^{-4} \text{ m/s}$

Execução do Tratamento



CONSTRUÇÃO DAS COLUNAS DE BRITA

As colunas de brita foram executadas pela via húmida tendo sido utilizados vibradores em forma de tubo cilíndrico com cerca de 3 m de comprimento e 0,40 m de diâmetro, suspensos em guas.

Execução do Tratamento

O vibrador, suspenso numa grua, penetra no solo pela acção conjunta:

- Do seu peso próprio, cerca de 80 kN;
- De vibrações originadas por um motor eléctrico que movimenta várias massas excêntricas no seu interior;
- Da injecção de água sob pressão que sai pelos orifícios do elemento cónico da sua extremidade.



Execução do Tratamento



Após se ter atingido a profundidade máxima, o vibrador foi, de uma forma alternada, retirado e recolocado dentro do furo 2 ou 3 vezes, a fim de alargar o espaço anelar entre o vibrador e as suas paredes.

A partir da superfície da cavidade aberta pelo vibrador e pelo espaço interanular, foi lançada brita, que por gravidade foi preenchendo o furo a partir do fundo, substituindo assim, localmente, o material arenoso original pelo material britado.

Execução do Tratamento



O vibrador é elevado cerca de 0,50m de cada vez e, após a queda da brita, torna a ser descido sendo assim a mesma compactada e embutida nas paredes do furo por intermédio da vibração e do peso próprio do equipamento.

À medida que o vibrador vai perdendo o seu “grau de liberdade” durante a compactação, o motor exigirá uma maior potência, traduzindo-se isto num aumento da intensidade da corrente necessária à vibração, indicador que indirectamente fornece ao operador o estado de compactação da brita.

Execução do Tratamento

Quando a intensidade da corrente atinge um determinado valor, lança-se novamente brita para o interior do furo e inicia-se assim um novo estágio de compactação, processo que se repete até se completar toda a coluna de brita.



Ao tratamento seguiu-se o saneamento da fundação de modo a prepará-la para início da execução das primeiras camadas de aterro.

Execução do Tratamento



O tratamento efectuado abrangeu uma área total de 70 x 250 mxm, com aproximadamente 5.000 colunas de brita, o que representa cerca de 50km de comprimento.

Execução do Tratamento

TAPETE IMPERMEÁVEL

Devido ao aumento da permeabilidade motivado pela execução das colunas de brita, para diminuir o caudal percolado através da fundação, foi construído, conforme previsto em projecto, um tapete “impermeável” no vale aluvionar com uma extensão de 60m, ligado ao núcleo da barragem.



Descarregador de Cheias

Construído na margem direita, é do tipo frontal com dois vãos equipados com comportas de segmento, automáticas, accionadas hidráulica e electricamente com duas fontes alternativas.



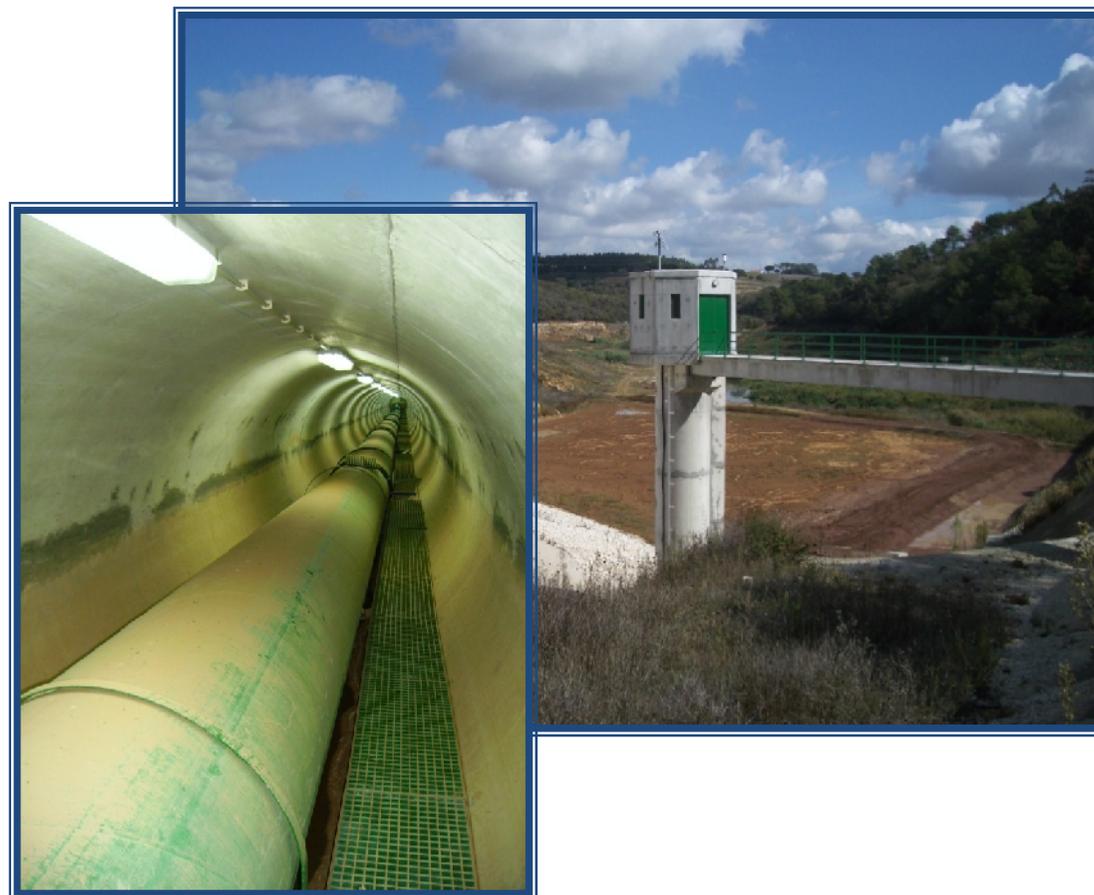
Descarregador de Cheias



Caudal de dimensionamento (5.000 anos) 608 m³/s
Duas comportas de segmento..... 9 m x 6 m

Tomada de Água

A tomada de água é feita, na margem esquerda, através de uma torre de 19m de altura e 2m de diâmetro, com entradas a dois níveis, equipadas com grades finas e comportas planas comandadas a partir do topo e conduzida para jusante por uma conduta em aço, com 1000mm de diâmetro, instalada numa galeria de betão armado sob o aterro.



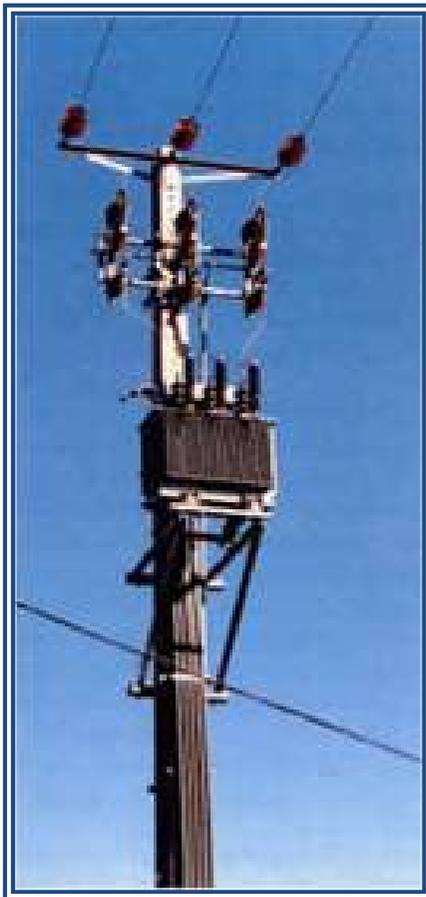
Tomada de Água



No fim da galeria a conduta de tomada de água atravessa, em vala escavada no leito do rio, para a margem esquerda, local da futura E. de Bombagem.



Equipamento Eléctrico



Posto de Transformação e Grupo Gerador de Emergência para:

Accionamento de comportas e válvulas

Iluminação do coroamento e paramento de jusante



Equipamento de Observação

Foram instalados diversos equipamentos que permitem observar o comportamento estrutural da obra, tendo em vista a sua segurança, tais como:

Tubos clinoaltimétricos (inclinómetros)

Piezómetros

Marcas superficiais

Medidor de Caudal



Outros Trabalhos Complementares



Reposição de taludes e execução de valetas



Outros Trabalhos Complementares



Execução de aterros experimentais e ensaios de compactação



Outros Trabalhos Complementares



O
B
R
I
G
A
D
O



Eduardo Pedro Matos Gomes
DGADR - Av. Afonso Costa, 3
1949-002 LISBOA
Tel. 21 844 23 67 / Fax. 21 844 23 57
E-mail: egomes@dgadr.pt