

# BARRAGEM DO RIBEIRO DO LOBO

## PROJECTO DE CONSTRUÇÃO

**proprietário:**

Herdade da Rendeira, Agropecuária S.A,

Aldeia da Venda

7200-020 SANTIAGO MAIOR

**Setembro 2014**

## INDICE

<b><u>Capítulo 1</u></b>	_ pág. 4
Quadro nº 1.1 - Características principais da barragem	_ pág. 5
Quadro nº 1.2 - Áreas e Volumes na albufeira	_ pág. 5
Quadro nº 1.3 - Hidrologia	_ pág. 6
Quadro nº 1.4 - Caracterização Climática	
Quadro nº 1.5 e 1.6 - Precipitações e Escoamentos Mensais e Anuais em Santiago Maior	
Quadro nº 1.7 a 1.9 - Estatística dos Escoamentos Anuais e Mensais	
Quadro nº 1.10 - Balanços Hídricos	
Quadro nº 1.11 - Medições e Estimativa de Custos	
Desenho 1.1 - Localização e implantação sobre a carta militar nº 462 à escala 1/25.000	
Desenho 1.2 - Implantação sobre levantamento topográfico à escala 1/2.000	
Desenho 1.3 - Curva de Capacidade da Albufeira	
Desenho 1.4 - Relações Precipitação / Escoamento Anual	
<b><u>Capítulo 2</u></b>	_ pág. 14
Desenho 2.1 - Planta da barragem, albufeira e mancha de empréstimo	
Desenho 2.2 - Perfil tipo a executar	
Desenho 2.3 - Perfil longitudinal segundo o eixo da barragem	
Desenho 2.4 - Perfis transversais e linhas de percolação	
Desenhos 2.5 e 2.6 - Pormenores do filtro de pé	
Desenho 2.7 - Perfil na secção da conduta de fundo	
Desenhos 2.8 e 2.9 - Pormenores da conduta de fundo	
Desenhos 2.10 a 2.16 - Pormenores do descarregador de cheias	
Quadro nº 2.1 - Medições	
<b><u>Capítulo 3</u></b>	_ pág. 19
Desenho 3.1 - Implantação sobre a carta geológica 40A	
Desenho 3.2 - Linha de Percolação	
Desenho 3.3 - Curva hipsométrica da bacia hidrográfica	
Desenho 3.4 - Hidrogramas de cheias Giandotti	
Desenho 3.5 - Hidrogramas de cheias S.C.S.	
Desenho 3.6 - Área inundada em caso de colapso da barragem	
Desenho 3.7 - Onda de cheia - gráficos	
Quadro nº 3.1 - Percolação pelo aterro	
Quadro nº 3.2 - Curva de Vazão da Conduta de Fundo	
Quadro nº 3.3 - Balanço hídrico para amortecimento de Cheias (Giandotti)	
Quadro nº 3.4 - Balanço hídrico para amortecimento de Cheias (S.C.S.)	
Quadro nº 3.5 - Cálculo do canal de descarga	
Quadro nº 3.6 - Caudais máximos instantâneos	

# BARRAGEM DO RIBEIRO DO LOBO

## INTRODUÇÃO

O projecto actual tem por objectivo fornecer os dados necessários à construção de uma pequena barragem de terra de acordo com as normas de segurança vigentes nos termos da legislação actual, e inclui a justificação técnica das opções tomadas bem como algumas recomendações e normas gerais de exploração.

### Organização do Projecto:

#### **1 - DESCRIÇÃO**

(pág. 4)

Resumo das principais características da barragem e recomendações para a sua utilização, para utilização permanente.

- 1.1 - Descrição Geral
- 1.2 - Hidrologia e Clima
- 1.3 - Balanço Hídrico
- 1.4 - Informação adicional

#### **2 - PROJECTO DE EXECUÇÃO**

(pág. 14)

Descrição e quantificação pormenorizada dos trabalhos a realizar durante a construção, normas e processos construtivos recomendados.

- 2.1 - Escavações e aterros
- 2.2 - Filtro de pé
- 2.3 - Conduta de fundo
- 2.4 - Protecção dos taludes
- 2.5 - Descarregador de cheias

#### **3 - PROJECTO TÉCNICO JUSTIFICATIVO**

(pág. 21)

Justificação das opções tomadas, apresentação dos cálculos realizados e resultados obtidos, para apreciação técnica do projecto.

- 3.1 - Escavações e aterros
- 3.2 - Filtro de pé
- 3.3 - Conduta de fundo
- 3.4 - Protecção dos taludes
- 3.5 - Descarregador de cheias
- 3.6 - Estabilidade dos taludes
- 3.7 - Onda de Cheia e Proposta de Classe

**Anexo I** - Cálculo do Descarregador de Cheias

**Anexo II** - Plano de Observação

**Anexo III** - Reconhecimento geológico

**Anexo IV** - Ensaios laboratoriais

# **BARRAGEM DO RIBEIRO DO LOBO**

## **PROJECTO DE CONSTRUÇÃO**

### **1- DESCRIÇÃO**

**proprietário:**

Herdade da Rendeira, Agropecuária S.A.

Aldeia da Venda

7200-020 SANTIAGO MAIOR

**Setembro**

**2014**

# 1. DESCRIÇÃO

## 1.1 - DESCRIÇÃO GERAL

A barragem a construir localiza-se na propriedade Herdade da Rendeira, localizada na freguesia de Santiago Maior, concelho de Alandroal e distrito de Évora, pertencente à Herdade da Rendeira, agropecuária S.A, com sede na Aldeia da Venda, 7200-020 SANTIAGO MAIOR, e destina-se a promover o armazenamento de caudais pluviais para posterior aproveitamento para efeitos de rega de parcelas adjacentes, prevendo-se que possa suportar uma nova área de regadio com cerca de 100 ha de culturas arvenses essencialmente de Primavera-Verão.

A linha de água intersectada designa-se por Ribeiro de Lobo e é afluente do Ribeiro do Azevelinho, na bacia do Rio Guadiana.

As coordenadas do local da obra no sistema de referência PT-TM06-ETRS89 são:

$$M = 172.428$$

$$P = 260.738$$

A barragem projectada é uma barragem em aterro, de perfil homogéneo, incluindo dreno de pé para captação de alguns caudais percolados através do aterro, dispondo de um descarregador de cheias frontal implantado na sua margem esquerda e de uma conduta de fundo em PVC revestido a betão armado.

No quadro seguinte resumem-se as principais características da obra, destacando-se a capacidade da albufeira a criar, que se estima em 812.764 m<sup>3</sup>, a altura máxima da barragem, de 11,17 m, e a área máxima inundada, 243.344 m<sup>2</sup>.

O seu abastecimento está totalmente dependente dos escoamentos pluviais privados e públicos originados numa bacia hidrográfica de 9,416 km<sup>2</sup>, a que corresponderá um escoamento anual médio<sup>1</sup> da ordem dos 1.606.181 m<sup>3</sup>.

Com estas características a obra enquadra-se no Regulamento de Segurança de Barragens (DL. 344/2007 de 15 de Outubro) uma vez que a capacidade da barragem é superior a 100.000 m<sup>3</sup> e a sua altura inferior a 15 metros. Sendo a área inundada em NPA superior a 5 ha, será exigido um Estudo de Impacte Ambiental (Decreto Lei nº 69/2000 de 2 de Maio) para efeitos de procedimento de Avaliação de Impacte Ambiental.

Nos termos do referido Regulamento apresenta-se uma **Proposta de Classe III** para esta barragem com base no cálculo da área inundada na eventualidade do seu colapso por galgamento, bem como a **Proposta de Plano de Observação (Anexo II)**.

---

<sup>1</sup> Estação de Santiago Maior, 1.949 a 2.004

O cálculo do descarregador de superfície foi realizado para um período de retorno de 1.000 anos, considerando o efeito amortecedor de cheias da albufeira para a chuvada mais desfavorável.

**Quadro nº 1.1 - Características Principais da barragem**

Altura máxima	11,17	m
Cota do Coroamento	99,67	
Cota do NPA <sup>2</sup>	97,67	
Cota do NMC <sup>3</sup>	98,67	
Cota mínima do terreno ao eixo	88,50	
folga acima do NMC	1,000	m
Comprimento do Coroamento	246,15	m
Largura do Coroamento	4,00	m
Inclinação do talude montante (h/v)	3,00/1	
Inclinação do talude jusante (h/v)	2,50/1	
Área Inundada	243.344	m <sup>2</sup>

No quadro seguinte apresenta-se a curva de áreas inundadas e capacidades da albufeira a várias cotas, com indicação das suas capacidades natural, total e útil:

**Quadro nº 1.2 - Áreas e Capacidade Natural da Albufeira**

Cota	Área	Volume	Volume Acumulado
90,00	5.275,11	2.650,72	2.657,25
91,00	17.841,83	11.558,47	14.215,72
92,00	39.812,90	28.827,37	43.043,09
93,00	65.313,00	52.562,95	95.606,04
94,00	87.901,91	76.607,46	172.213,50
95,00	120.624,18	104.263,05	276.476,54
96,00	158.206,65	139.415,41	415.891,96
97,00	208.268,58	183.237,62	599.129,57
98,00	260.619,72	234.444,15	833.573,73
	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
NPA - 97,67	243.344		750.420
Volume escavado no interior da albufeira			+ 67.612
Capacidade Total			818.031
Volume Morto - (cota do patamar: 90,35)			- 5.267
Capacidade Útil			812.764

\*\* ao valor da capacidade útil deverá ser descontado o valor da evaporação, dependente do regime de exploração da albufeira (capítulo 1.3).

<sup>2</sup> Nível de Pleno Armazenamento

<sup>3</sup> Nível Máximo de Cheia

No quadro seguinte apresenta-se a curva de áreas inundadas e capacidades da albufeira a várias cotas, e nos desenhos 1.1 a 1.4 apresenta-se a localização e implantação da obra, a curva de capacidades da albufeira e a uma correlação empírica que permite obter os escoamentos anuais com base nas precipitações<sup>4</sup>. Nos quadros 1.3 a 1.10 apresentam-se a caracterização climática, listagens de valores de precipitações mensais e anuais registadas e dos correspondentes valores de escoamento e a estimativa de custos da obra. No **Anexo I** apresenta-se o cálculo do descarregador de cheias, realizado para um período de retorno de 1.000 anos, considerando o efeito amortecedor de cheias da albufeira para a chuvada mais desfavorável.

**Quadro nº 1.3 - Caracterização hidrológica e caudais de cheia**

**a) Bacia Hidrográfica**

Área da Bacia Hidrográfica	9,416	km <sup>2</sup>
Perímetro da Bacia Hidrográfica	14,53	km
Altura Média Bacia Hidrográfica	45,54	m
Cota Máxima da Bacia Hidrográfica	351,00	
Comprimento da Linha de Água Principal	6,690	km

**b) Precipitação e Escoamento anual médio**

Precipitação anual em ano médio	619,8	mm
Escoamento anual em ano médio	1.606.181	m <sup>3</sup> /ano

**d) Caudais e descarregador de Cheias**

Máximo caudal de cheias individual afluente	48,306	m <sup>3</sup> /s
Caudal de cheias descarregado	25,809	m <sup>3</sup> /s
Período de retorno considerado	1.000	anos
Largura do descarregador de cheias	14,50	m
Carga para cheias	1,00	m

<sup>4</sup> Curso Internacional de Hidrologia Operativa, António de Carvalho Quintela, Vol.II, DGRAH, 1984

## 1.2 - HIDROLOGIA E CLIMA

### Características Climáticas da Região

Os principais parâmetros que caracterizam o clima da região no contexto desta obra são as suas temperaturas e o seu regime de precipitações, apresentando-se no quadro 1.4 alguns dos seus principais parâmetros para as 3 estações mais próximas com registos<sup>5</sup>, com resumo no quadro seguinte:

Temperatura média anual	23,2 °C
Máximo da Temperatura média mensal (Julho)	23,4 °C
Mínimo da Temperatura média mensal (Janeiro)	8,8 °C
Temperatura diária máxima absoluta (Julho)	44,5 °C
Temperatura diária mínima absoluta (Fevereiro)	-9,0 °C
Precipitação mensal máxima (Fevereiro)	94,3 mm
Precipitação mensal mínima (Agosto)	2,0 mm

No próximo quadro apresentam-se alguns valores da precipitação máxima diária registada em algumas estações mais próximas e as correspondentes a um período de retorno de 100 anos<sup>6</sup>:

Posto	Período	Máx. Diária (mm)	Data	M <sub>100</sub> (mm)
Santiago Maior	1950/74	91,0	Nov-51	109,0
Reguengos	1932/74	86,0	Nov-51	85,1
Ponte de Mourão	1942/74	98,8	Nov-51	102,9
Redondo	1932/74	78,8	Nov-51	81,0
Alandroal	1932/51	88,5	Nov-51	112,4

<sup>5</sup> - Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, Fasc. XLIX, 1991

<sup>6</sup> - Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, Fasc. XXXII, 1981

## Precipitação e Escoamento anual no local da obra

No sentido de avaliar a probabilidade de enchimento da barragem foram analisados as precipitações e correspondentes escoamentos anuais no local. Dado tratar-se de uma pequena bacia hidrográfica, e pretendendo-se atender aos factores fisiográficos na avaliação das precipitações, optou-se pela utilização dos registos da estação de Santiago Maior, já que, pela análise da carta de isoietas da precipitação anual <sup>7</sup>, se verifica ser a mais representativa da área em questão.

Os registos de precipitações mensais utilizados foram obtidos da base de dados do SNIRH e são apresentados no quadro nº 1.5, referindo-se ao período de 1.949 a 2.004.

No quadro nº 1.6 apresentam-se os valores do escoamento anual calculado para as referidas precipitações.

No quadro 1.7 resumem-se os valores das precipitações anuais para dada probabilidade de ocorrência (ano mínimo e máximo, probabilidades de 10 a 90%) bem como os correspondentes valores de escoamento calculados<sup>8</sup> com base na temperatura média anual e do grupo de solos existentes, permitindo estimar a probabilidade de enchimento da albufeira em cerca de 82,80 % em termos da bacia exclusiva da barragem.

O processo de cálculo<sup>9</sup> utilizado na execução do quadro 1.6 considera como parâmetros a temperatura média anual e do grupo de solos existentes, conforme se representa no desenho 1.4, o que não sucede nos outros processos de cálculo.

Nos quadros 1.8 e 1.9 apresentam-se estimativas diferentes<sup>10</sup> do escoamento anual e mensal, sendo de referir que sobretudo a avaliação dos escoamentos mensais é bastante complexa, por ser o coeficiente de escoamento muito dependente da intensidade e frequência das precipitações de curta duração, dos escoamentos nos períodos anteriores, do tipo de solos e sua cobertura vegetal, etc., e não tem grande utilidade neste tipo de aproveitamentos, de carácter anual.

De notar ainda que o eventual recurso a registos de escoamento medidos em bacias próximas é impraticável pela exiguidade dos dados disponíveis e por diferenças de escala, e em todo o caso não é indispensável para obras desta dimensão.

---

<sup>7</sup> - Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, Fasc. XLIX, 1991

<sup>8</sup> - António de Carvalho Quintela, Curso Internacional de Hidrologia Operativa, Vol.II, DGRAH, 1984

<sup>9</sup> - António de Carvalho Quintela, Curso Internacional de Hidrologia Operativa, Vol.II, DGRAH, 1984

<sup>10</sup> - Correia, M.L.S. e Loureiro, J.M. - 1977

### 1.3 - BALANÇO HÍDRICO

O valor da evaporação é um factor de grande importância na avaliação das disponibilidades efectivas de água na barragem, dada a zona climática em que se insere e pela relativamente elevada dimensão da área da sua albufeira, não sendo neste caso compensada nem por significativos escoamentos estivais nem pela existência de nascentes.

Os valores médios da evaporação em lagos nesta região variam de cerca de 1 mm/dia no semestre húmido a uma média de 4,5 mm/dia no semestre seco. A média anual na albufeira do Alvito, a cerca de 18 km deste local, foi em 2006 de cerca de 0,95 metros, valor que aplicado a esta albufeira em condições de pleno enchimento representaria uma perda de água de cerca de 200.000 m<sup>3</sup>/ano, cerca de 1/4 da sua capacidade total.

Este valor tende a ser superior para áreas menores, admitindo-se que este efeito (coeficiente aerodinâmico), só por si, apontaria para um aumento do valor da evaporação em cerca de 20%. Porém será bastante inferior o efeito do vento por se tratar de um vale relativamente abrigado, essencialmente nos meses de maior evaporação em que o nível da albufeira é mais baixo.

O plano de exploração da albufeira será o factor determinante nesta avaliação: em determinados meses a evaporação será integralmente compensada pelos escoamentos, mantendo-se a albufeira cheia, enquanto que ao longo do período seco as áreas de exposição se vão reduzindo na proporção dos consumos de rega, reduzindo o valor das perdas por evaporação. Quanto maior o valor da reserva inter-anual maior o valor global das perdas por evaporação.

Considerando a existência espaço suficiente para afectar ao regadio, a definição do valor dessa área dependerá essencialmente dos recursos hídricos disponíveis e portanto do melhor aproveitamento possível dos caudais pluviais anuais que a barragem possibilitará.

Da adopção de áreas muito reduzidas resultará um excedente de volume armazenado na albufeira no final da campanha que constituirá uma reserva inter-anual garantindo aparentemente alguma regularidade para a campanha seguinte, devendo porém notar-se que:

- aumenta o valor das perdas por evaporação, por ser ao longo de todo o ano maior a área de exposição solar e aos ventos;
- não representa qualquer ganho caso o ano 2 seja medianamente chuvoso;
- não resolve o problema da ocorrência de anos secos consecutivos.

A adopção de áreas maiores implica por outro lado a perda de alguma regularidade. O maior aproveitamento dos recursos de determinado ano pode mais facilmente implicar um ano seguinte com recursos mínimos ou nulos.

Se em culturas permanentes é essencial garantir o máximo de regularidade, o mesmo não se passa com culturas anuais, que permitem a máxima utilização dos recursos quando eles existem, e no limite nada semear quando eles não existem.

Para ter uma noção aproximada dos recursos que é possível obter anualmente na barragem para um determinado plano cultural, implicando a definição de uma área, de uma dotação, e da sua distribuição ao longo do ano, foram realizados alguns balanços hídricos, em termos de afluências médias e sequenciais, neste caso simulando o comportamento do sistema para a série de 52 anos apresentada.

A realização destes balanços pretende assim realçar os efeitos da distribuição do escoamento quer ao longo do ano quer de ano para ano, e é necessariamente indicativa dada a dificuldade em converter valores de precipitação em valores de escoamento, sobretudo à escala mensal.

Para o efeito foram em geral utilizados os valores mais baixos obtidos das relações antes referidas, com excepção para os anos mais secos, com precipitações anuais inferiores a 350 mm, em que se utilizou a sua média.

Considerou-se a área que se pretende beneficiar, com 124,9 ha, e uma dotação anual de 4.150 m<sup>3</sup>/ha, correspondendo a culturas arvenses de Primavera-Verão.

### **1.3.1 - Balanços para ano médio**

No quadro 1.10 apresenta-se um balanço relativo à gestão albufeira para o ano médio, considerando os consumos de inverno e verão para as áreas consideradas e os valores de evaporação esperados, concluindo-se que é possível garantir uma área de regadio de 124,9 ha com uma folga da ordem dos 306.551 m<sup>3</sup> sendo o valor da evaporação entretanto ocorrida da mesma ordem de grandeza.

No ano 2 a situação é idêntica pois em ano médio a barragem enche antes do início do período de rega, com ou sem aquele valor inicial de reserva inter-anual.

A situação descrita pode porém induzir em erro já que o “ano médio” de facto nunca ocorre, e muito menos repetidamente, recomendando-se uma análise sequencial.

### 1.3.2 - Balanços Sequenciais

Foram realizados balanços sequenciais para a série de anos referida, considerando portanto que cada ano se inicia com a capacidade sobranete do ano anterior, para três planos de rega - 80 ha, 100 ha e 120 ha.

No quadro 1.11 apresentam-se alguns dos valores assim obtidos para cada ano, designadamente a capacidade máxima atingida pela albufeira e a sua capacidade no final da campanha, bem como o deficit de rega relativamente aos objectivos estabelecidos.

Torna-se visível o resultado da ocorrência de anos mais secos, por vezes consecutivos, nas disponibilidades de água para a campanha, e o seu agravamento quando a utilização é mais intensa fazendo reduzir a reserva interanual.

No resumo final do quadro pode verificar-se que, por exemplo para um plano de rega de 100 ha, apenas poderão ser satisfeitos cerca de 91 ha considerando o valor médio da série e que por exemplo no ano de 1991/92 seria possível satisfazer apenas cerca de 1/4 do desejado.

De notar ainda que o valor da utilização das afluências aumenta com a área a regar, por redução da evaporação e melhor aproveitamento das disponibilidades, porém com perda da regularidade relativamente à área satisfeita em cada ano, situação eventualmente aceitável no caso de culturas do tipo arvense cuja área pode variar de ano para ano.

## 1.4 - INFORMAÇÃO ADICIONAL

### conduta de fundo

Apesar de se ter verificado a estabilidade do talude montante para uma situação de abertura total da válvula de guilhotina referida, recomendam-se cuidados acrescidos na sua operação, que deverá ser preferencialmente realizada de forma lenta e gradual, e no acesso a estes comandos por parte de pessoal não autorizado.

A utilização da conduta de fundo como tomada de água para efeitos de rega não deverá impedir o livre acesso e possibilidade de abertura imediata da válvula de jusante para descarga livre. Neste caso deverá ser instalada para o efeito uma derivação a montante da válvula final.

### filtro de pé

A barragem disporá de um filtro de pé instalado no interior do talude jusante destinado a recolher o caudal percolado através do corpo da barragem, evitando quer a desestabilização do talude jusante pela eventual intersecção com ele a linha de percolação, quer fenómenos de erosão interna motivados pelo arrastamento de partículas finas junto com o caudal percolado.

Este filtro disporá de três saídas independentes correspondendo às duas margens da barragem e à sua zona central, descarregando para uma caixa em betão no ponto de cota mais baixa dispondo de grelhas impedindo a entrada de pequenos animais, permitindo, sobretudo após o primeiro enchimento, o controle dos caudais percolados e melhor identificar a origem de possíveis excessos.

### fundações

A construção de qualquer barragem deste tipo implica riscos, sobretudo o de perdas de água por insuficiente impermeabilização da albufeira, na maior parte dos casos por deficiente execução da vala corta águas, normalmente por insuficiência na profundidade alcançada, pelo que esta fase da obra pode ser considerada a mais importante para o seu futuro sucesso, tanto mais que a sua correcção é bastante difícil e implica sempre o esvaziamento da albufeira.

Para determinar a profundidade estimada desta vala pode recorrer-se à realização de sondagens geológicas contínuas ou descontínuas, as primeiras realizadas normalmente por abertura de poços ou furos antes do início dos trabalhos, e as segundas consistindo na abertura da vala corta águas permitindo observar todo o perfil transversal do terreno, neste caso já em fase de obra, e portanto sem encargos adicionais.

A realização de sondagens descontínuas não permite dispensar a sondagem contínua na fase de obra e representam muitas vezes um custo desproporcionado à importância da obra não garantindo um perfeito controlo da situação existente, essencialmente por serem descontínuas. Representam em geral um acréscimo de custos e um aumento do tempo de execução do projecto, tendo no entanto a vantagem de fornecer um valor mínimo aproximado da profundidade a atingir, e assim permitir uma estimativa inicial mais aproximada do custo da obra, útil sobretudo em casos extremos por poder levar a reconsiderar a sua própria construção por exemplo pelo custo das soluções técnicas especiais necessárias nesses casos.

Uma sondagem contínua mais rigorosa pode ser realizada durante a construção desde que a execução desta vala seja acompanhada da observação directa por técnico competente do perfil dos terrenos assim tornados visíveis, dispensando-se as sondagens em profundidade, desde que se assuma que um eventual acréscimo de escavação relativamente ao inicialmente previsto não põe em causa a realização da obra.

Comparativamente a esta opção a realização de sondagens apresenta vantagens apenas quando conduz a uma recomendação no sentido da desistência da construção, por um valor mais baixo que o da sondagem contínua. Na generalidade dos casos os custos da sondagem contínua são no entanto considerados nulos uma vez que a abertura desta vala é parte integrante e indispensável da obra.

Um reconhecimento geológico de superfície, acompanhado de análise cartográfica, é sempre recomendado podendo no entanto ser aligeirado nas obras de menor dimensão, já que os riscos de perda por infiltração aumentam com a altura da água na albufeira.

Opta-se neste projecto pela observação da vala corta águas durante a fase de execução dispensando-se a realização de sondagens em profundidade.

## BARRAGEM DO RIBEIRO DO LOBO

### QUADRO 1.4 - CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

#### A) TEMPERATURA DO AR

##### a1) Média Diária (°C)

	Jan	Fev	Mar	Abril	Mai	Jun	Julho	Agosto	Set	Out	Nov	Dez	ANO
Évora/Currais	8,8	9,6	11,2	13,3	16,8	20,6	23,4	23,3	21,2	17,0	12,2	9,2	23,4
Amareleja	9,2	10,2	11,8	14,2	17,4	20,6	23,2	23,0	21,0	17,0	12,0	9,4	23,2
Évora	9,3	9,9	11,5	13,6	16,6	19,9	22,8	23,0	21,1	17,1	12,4	9,7	23,0

##### a2) Máxima Diária (°C)

	Jan	Fev	Mar	Abril	Mai	Jun	Julho	Agosto	Set	Out	Nov	Dez	ANO
Évora/Currais	22,5	25,4	26,6	31,0	38,0	41,0	42,3	40,7	40,4	34,5	29,0	22,0	42,3
Amareleja	23,0	26,4	30,5	33,0	41,0	40,7	44,5	43,5	42,5	36,5	29,7	23,0	44,5
Évora	20,1	23,8	26,0	29,6	36,5	39,7	40,6	39,5	38,8	32,4	28,4	21,1	40,6

##### a3) Mínima Diária (°C)

	Jan	Fev	Mar	Abril	Mai	Jun	Julho	Agosto	Set	Out	Nov	Dez	ANO
Évora/Currais	-5,6	-3,4	-5,5	-1,5	2,3	5,5	9,0	8,4	4,5	-1,0	-5,5	-5,0	-5,6
Amareleja	-7,0	-9,0	-4,0	-2,5	0,0	4,0	7,0	5,6	2,0	-4,9	-7,0	-6,5	-9,0
Évora	-2,1	-5,0	-1,2	1,4	5,0	8,0	10,2	11,0	7,6	4,0	0,6	-2,9	-5,0

#### B) PRECIPITAÇÃO

##### b1) Valores Médios das Quantidades de Precipitação (mm)

	Jan	Fev	Mar	Abril	Mai	Jun	Julho	Agosto	Set	Out	Nov	Dez	ANO
Santiago Maior	93,2	94,3	92,1	51,6	38,4	24,8	4,9	2,0	22,3	63,9	81,7	89,1	658,3
Reguengos	81,2	80,5	82,4	51,0	38,3	21,9	4,9	3,6	24,0	64,8	77,3	82,0	611,9
Ponte de Mourão	77,1	74,3	78,3	47,0	34,8	25,5	5,6	3,2	21,8	59,0	74,1	76,8	577,5

##### b2) Precipitação Máxima Diária (mm)

	Jan	Fev	Mar	Abril	Mai	Jun	Julho	Agosto	Set	Out	Nov	Dez	ANO
Santiago Maior	55,5	60,1	64,8	47,0	42,9	43,5	44,9	12,6	58,3	58,9	91,0	89,6	91,0
Reguengos	53,6	54,2	55,2	50,0	29,4	26,8	40,4	37,8	53,6	51,4	78,8	44,4	78,8
Ponte de Mourão	54,0	46,0	58,4	37,7	34,2	35,0	14,2	9,0	62,8	53,0	52,0	42,4	62,8

##### b3) Número Médio de Dias c/ Precipitação Superior a 10.0 mm

	Jan	Fev	Mar	Abril	Mai	Jun	Julho	Agosto	Set	Out	Nov	Dez	ANO
Santiago Maior	3	4	3	2	1	1	0	0	1	2	3	3	23
Reguengos	3	3	3	2	1	1	0	0	1	2	3	3	22
Ponte de Mourão	3	3	3	2	1	1	0	0	1	2	3	3	22

Valores Extraídos de: O CLIMA DE PORTUGAL - Fascículo XXXIV  
 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DA REGIÃO AGRÍCOLA DO ALENTEJO  
 INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E GEOFÍSICA-1987

**BARRAGEM DO RIBEIRO DO LOBO**  
**QUADRO 1.5 - PRECIPITAÇÕES MENSAIS E ANUAIS (mm)**  
 ESTAÇÃO - SANTIAGO MAIOR - 22M/01UG

ANO	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	ANUAL
1949/50	22,3	90,5	90,9	62,4	69,0	79,0	29,9	86,9	35,3	16,6	0,0	13,1	595,9
1950/51	14,8	43,1	66,3	118,8	108,5	110,8	49,5	32,8	12,1	0,0	0,7	15,1	572,5
1951/52	28,9	266,4	29,5	82,7	52,0	185,1	63,5	67,5	41,2	34,0	7,4	44,1	902,3
1952/53	55,2	55,4	112,1	64,8	30,8	90,6	39,6	7,2	13,1	0,0	0,0	11,6	480,4
1953/54	95,4	56,6	124,8	22,6	19,2	130,8	37,7	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0	491,4
1954/55	0,0	102,8	23,1	163,2	135,4	90,2	0,0	26,7	6,0	0,0	2,0	0,0	549,4
1955/56	44,5	99,5	165,7	129,4	51,1	191,0	101,4	6,4	0,0	0,0	0,0	79,5	868,5
1956/57	41,9	21,3	36,7	15,8	77,1	52,9	63,4	25,7	9,0	7,2	0,0	12,2	363,2
1957/58	43,5	61,4	42,1	93,1	17,4	96,1	43,5	36,0	13,2	0,3	3,6	1,4	451,6
1958/59	16,1	7,5	340,6	91,6	59,3	123,8	47,3	26,6	0,0	0,0	0,0	19,5	732,3
1959/60	32,1	100,6	120,2	76,8	163,7	137,0	36,2	103,0	29,8	0,0	7,3	17,3	824,0
1960/61	185,1	140,2	66,7	49,0	6,2	50,6	67,3	85,2	64,8	26,1	0,0	59,3	800,5
1961/62	54,4	157,6	75,9	63,2	61,4	156,0	11,7	20,1	42,9	0,0	0,0	16,0	659,2
1962/63	82,6	75,4	90,8	190,5	150,5	78,0	88,9	10,3	28,6	0,0	0,0	34,8	830,4
1963/64	14,6	194,5	217,5	47,5	179,6	111,2	23,6	24,0	33,6	10,2	1,2	14,0	871,5
1964/65	10,1	55,2	49,4	60,4	83,6	116,6	2,7	2,8	4,5	0,0	0,0	84,5	469,8
1965/66	188,0	98,0	60,5	124,6	139,6	0,0	129,9	6,9	8,0	0,0	3,4	18,7	777,6
1966/67	138,9	35,4	17,4	77,6	81,5	30,7	55,2	52,2	48,3	0,0	0,0	1,4	538,6
1967/68	35,0	101,6	17,9	0,7	201,9	136,3	25,6	17,1	19,5	0,0	13,9	19,1	588,6
1968/69	24,1	162,4	79,1	126,3	163,9	160,5	41,4	60,5	33,8	0,0	0,0	28,6	880,6
1969/70	69,1	76,7	43,2	318,7	18,5	41,5	2,9	68,0	102,7	0,0	0,2	0,2	741,7
1970/71	4,0	38,4	42,6	156,3	2,3	48,1	163,7	85,5	52,8	0,5	5,1	0,0	599,3
1971/72	1,8	0,6	12,7	148,9	168,8	72,6	4,9	43,5	4,4	52,1	0,0	8,7	519,0
1972/73	99,7	65,6	82,1	89,1	10,6	39,9	9,5	83,4	24,1	4,4	0,0	0,0	508,4
1973/74	23,6	46,0	73,1	71,5	63,7	61,2	62,3	38,7	44,9	0,0	0,0	0,9	485,9
1974/75	0,0	94,6	18,6	54,8	90,0	122,3	32,5	54,6	11,0	0,0	0,0	19,2	497,6
1975/76	34,0	47,1	85,3	28,9	75,7	72,5	115,6	26,3	7,2	0,7	6,4	96,7	596,4
1976/77	125,2	85,4	175,9	149,4	178,2	19,5	5,3	4,9	50,3	0,5	0,4	45,0	840,0
1977/78	78,9	87,3	202,1	33,2	176,1	64,2	91,4	62,0	30,5	0,0	0,0	4,6	830,3
1978/79	61,7	39,0	242,6	105,9	198,7	77,2	87,0	5,0	0,0	11,7	0,0	4,3	833,1
1979/80	259,5	18,7	20,5	39,3	64,5	98,4	38,8	58,7	9,0	0,0	9,4	12,3	629,1
1980/81	69,7	60,6	4,2	0,4	41,6	64,4	87,6	30,6	5,6	0,0	0,0	25,0	389,7
1981/82	28,1	2,3	183,0	66,1	58,3	24,6	22,6	16,1	7,9	15,9	18,3	35,7	478,9
1982/83	16,4	111,5	37,3	1,2	46,1	12,5	78,4	27,2	19,7	0,0	0,0	43,6	393,9
1983/84	34,7	220,5	77,3	27,7	13,0	86,5	72,6	44,2	67,8	2,6	0,0	9,0	655,9
1984/85	61,7	121,7	67,8	181,0	93,2	13,3	117,6	50,5	5,0	0,0	0,0	30,0	741,8
1985/86	0,0	73,7	49,8	47,7	135,1	21,5	60,1	30,4	0,0	0,0	0,0	131,5	549,8
1986/87	41,6	51,7	39,5	161,1	102,5	16,3	108,2	3,2	5,2	18,2	34,2	9,2	590,9
1987/88	83,7	83,7	175,0	122,6	18,9	3,7	45,6	51,7	135,4	33,1	0,0	0,0	753,4
1988/89	85,9	99,9	12,8	65,2	50,2	42,3	109,0	90,8	6,5	0,0	17,6	46,8	627,0
1989/90	132,1	193,1	373,7	41,2	8,0	52,6	126,4	14,4	0,0	0,0	0,0	5,7	947,2
1990/91	176,3	67,4	41,3	32,1	81,7	109,3	33,1	1,7	21,4	0,5	0,0	26,6	591,4
1991/92	71,9	11,5	53,0	17,9	15,1	15,0	58,8	46,0	51,5	0,0	8,2	9,4	358,3
1992/93	43,5	10,2	99,6	22,3	60,2	31,9	50,4	116,6	8,4	0,0	5,2	34,8	483,1
1993/94	153,1	91,7	5,9	62,1	76,1	2,2	20,8	97,6	0,0	0,0	0,0	0,0	509,5
1994/95	47,6	47,5	31,0	41,8	46,8	28,7	25,1	55,1	6,1	6,7	0,0	15,5	351,9
1995/96	8,0	153,0	230,1	284,3	46,0	31,3	15,3	83,0	0,0	0,0	0,0	30,3	881,3
1996/97	41,3	56,0	235,7	128,4	0,0	0,0	51,3	47,0	39,0	33,3	12,4	89,0	733,4
1997/98													
1998/99													
1999/00													
2000/00													
2001/00	105,7	36,9	46,7	95,0	16,6	99,6	93,9	30,6	7,3	0,2	24,7	87,1	644,3
2002/00	61,0	90,9	117,2	69,3	59,9	21,2	0,3	0,3	0,0	0,0	0,4	9,6	430,1
2003/00	158,7	72,5	84,9	29,3	55,4	24,3	21,7	24,2	4,2	0,0	7,9	7,5	490,6
2004/00	152,5	16,7	23,8	0,8	4,1	25,9	19,2	52,6	0,7	0,2	0,6	0,8	297,9
<b>66,5</b>	<b>80,7</b>	<b>92,6</b>	<b>83,7</b>	<b>75,5</b>	<b>68,7</b>	<b>53,7</b>	<b>41,3</b>	<b>22,5</b>	<b>5,3</b>	<b>3,7</b>	<b>25,6</b>	<b>619,8</b>	

FONTE: SNIRH - Serviço Nacional de Informação de Recursos Hídricos - APA

**BARRAGEM DO RIBEIRO DO LOBO**  
**QUADRO 1.6 - ESCOAMENTOS MENSIS E ANUAIS (mm)**  
 ESTAÇÃO - SANTIAGO MAIOR - 22M/01UG

ANO	R													P		R
	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	ANUAL	ANUAL	ANUAL	
1949/50	3,2	39,7	39,9	24,6	28,2	33,5	7,3	37,7	10,2	0,2	0,0	0,0	224,5	595,9	127,8	
1950/51	0,0	14,3	26,7	54,8	49,3	50,5	17,8	8,8	0,0	0,0	0,0	0,0	222,2	572,5	112,1	
1951/52	6,7	133,7	7,1	35,5	19,1	90,2	25,2	27,4	13,3	9,5	0,0	14,9	382,6	902,3	332,4	
1952/53	20,8	20,9	51,2	25,9	7,8	39,7	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	178,8	480,4	50,6	
1953/54	42,3	21,6	58,0	3,4	1,6	61,2	11,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	199,4	491,4	58,0	
1954/55	0,0	46,2	3,6	78,5	63,7	39,5	0,0	5,6	0,0	0,0	0,0	0,0	237,1	549,4	96,7	
1955/56	15,1	44,5	79,8	60,5	18,6	93,4	45,5	0,0	0,0	0,0	0,0	33,8	391,1	868,5	309,9	
1956/57	13,7	2,7	10,9	0,0	32,5	19,6	25,2	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	109,6	363,2	0,0	
1957/58	14,5	24,1	13,8	41,1	0,6	42,7	14,5	10,5	0,0	0,0	0,0	0,0	161,9	451,6	31,4	
1958/59	0,0	0,0	173,3	40,3	23,0	57,5	16,6	5,5	0,0	0,0	0,0	1,7	317,8	732,3	218,9	
1959/60	8,5	45,1	55,5	32,3	78,8	64,5	10,6	46,3	7,2	0,0	0,0	0,5	349,5	824,0	280,1	
1960/61	90,2	66,2	26,9	17,5	0,0	18,3	27,3	36,8	25,9	5,3	0,0	23,0	337,5	800,5	264,4	
1961/62	20,4	75,5	31,9	25,1	24,1	74,7	0,0	2,0	14,2	0,0	0,0	0,0	267,9	659,2	170,0	
1962/63	35,4	31,6	39,8	93,1	71,7	33,0	38,8	0,0	6,6	0,0	0,0	9,9	360,0	830,4	284,4	
1963/64	0,0	95,2	107,5	16,7	87,3	50,7	3,9	4,1	9,3	0,0	0,0	0,0	374,8	871,5	311,9	
1964/65	0,0	20,8	17,7	23,6	36,0	53,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,5	188,1	469,8	43,5	
1965/66	91,8	43,7	23,6	57,9	65,9	0,0	60,7	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	344,9	777,6	249,1	
1966/67	65,5	10,2	0,6	32,8	34,9	7,7	20,8	19,2	17,1	0,0	0,0	0,0	208,8	538,6	89,5	
1967/68	10,0	45,6	0,9	0,0	99,2	64,1	5,0	0,4	1,7	0,0	0,0	1,5	228,5	588,6	122,9	
1968/69	4,2	78,1	33,6	58,8	78,9	77,1	13,4	23,6	9,4	0,0	0,0	6,6	383,6	880,6	317,9	
1969/70	28,2	32,3	14,4	161,6	1,2	13,5	0,0	27,6	46,2	0,0	0,0	0,0	325,0	741,7	225,2	
1970/71	0,0	11,8	14,1	74,8	0,0	17,0	78,8	37,0	19,5	0,0	0,0	0,0	253,0	599,3	130,0	
1971/72	0,0	0,0	0,0	70,9	81,5	30,1	0,0	14,5	0,0	19,1	0,0	0,0	216,2	519,0	76,4	
1972/73	44,6	26,4	35,2	38,9	0,0	12,6	0,0	35,9	4,2	0,0	0,0	0,0	197,7	508,4	69,3	
1973/74	3,9	15,9	30,4	29,5	25,3	24,0	24,6	12,0	15,3	0,0	0,0	0,0	180,9	485,9	54,3	
1974/75	0,0	41,9	1,2	20,6	39,4	56,7	8,7	20,5	0,0	0,0	0,0	1,6	190,5	497,6	62,1	
1975/76	9,5	16,5	36,9	6,7	31,8	30,0	53,1	5,4	0,0	0,0	0,0	43,0	232,8	596,4	128,1	
1976/77	58,2	36,9	85,3	71,1	86,5	1,7	0,0	0,0	18,2	0,0	0,0	15,4	373,4	840,0	290,8	
1977/78	33,5	38,0	99,3	9,0	85,4	25,6	40,1	24,4	7,6	0,0	0,0	0,0	363,0	830,3	284,3	
1978/79	24,3	12,1	120,9	47,9	97,5	32,6	37,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	373,1	833,1	286,2	
1979/80	130,0	1,3	2,3	12,3	25,8	43,9	12,0	22,7	0,0	0,0	0,0	0,0	250,2	629,1	149,9	
1980/81	28,6	23,7	0,0	0,0	13,5	25,7	38,1	7,7	0,0	0,0	0,0	4,7	141,9	389,7	0,0	
1981/82	6,3	0,0	89,1	26,6	22,5	4,5	3,4	0,0	0,0	0,0	1,1	10,4	163,8	478,9	49,6	
1982/83	0,1	50,9	11,2	0,0	15,9	0,0	33,2	5,8	1,8	0,0	0,0	14,6	133,6	393,9	0,0	
1983/84	9,8	109,1	32,6	6,1	0,0	37,5	30,1	14,9	27,5	0,0	0,0	0,0	267,8	655,9	167,8	
1984/85	24,3	56,3	27,5	88,0	41,1	0,0	54,1	18,3	0,0	0,0	0,0	7,3	317,1	741,8	225,2	
1985/86	0,0	30,7	17,9	16,8	63,5	2,8	23,4	7,5	0,0	0,0	0,0	61,6	224,2	549,8	97,0	
1986/87	13,5	18,9	12,4	77,4	46,1	0,0	49,1	0,0	0,0	1,0	9,6	0,0	228,1	590,9	124,4	
1987/88	36,0	36,0	84,8	56,8	1,4	0,0	15,7	18,9	63,7	9,0	0,0	0,0	322,4	753,4	233,0	
1988/89	37,2	44,7	0,0	26,1	18,1	13,9	49,6	39,8	0,0	0,0	0,7	16,3	246,5	627,0	148,5	
1989/90	61,9	94,5	191,0	13,3	0,0	19,4	58,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	439,0	947,2	362,4	
1990/91	85,5	27,3	13,4	8,5	35,0	49,7	9,0	0,0	2,7	0,0	0,0	5,5	236,6	591,4	124,8	
1991/92	29,7	0,0	19,6	0,9	0,0	0,0	22,7	15,9	18,8	0,0	0,0	0,0	107,7	358,3	0,0	
1992/93	14,5	0,0	44,5	3,2	23,5	8,4	18,2	53,6	0,0	0,0	0,0	9,9	175,9	483,1	52,4	
1993/94	73,1	40,3	0,0	24,5	32,0	0,0	2,4	43,5	0,0	0,0	0,0	0,0	215,8	509,5	70,1	
1994/95	16,7	16,7	7,9	13,6	16,3	6,6	4,7	20,7	0,0	0,0	0,0	0,0	103,4	351,9	0,0	
1995/96	0,0	73,1	114,3	143,2	15,9	8,0	0,0	35,7	0,0	0,0	0,0	7,5	397,6	881,3	318,4	
1996/97	13,4	21,2	117,3	59,9	0,0	0,0	18,7	16,4	12,1	9,1	0,0	38,9	307,0	733,4	219,6	
1997/98																
1998/99																
1999/00																
2000/00																
2001/00	47,8	11,0	16,3	42,1	0,2	44,5	41,5	7,7	0,0	0,0	4,5	37,8	253,3	644,3	160,1	
2002/00	23,9	39,9	53,9	28,3	23,3	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	172,0	430,1	17,0	
2003/00	76,1	30,0	36,7	7,0	20,9	4,3	2,9	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	182,1	490,6	57,4	
2004/00	72,8	0,2	4,0	0,0	0,0	5,1	1,6	19,4	0,0	0,0	0,0	0,0	103,2	297,9	0,0	
<b>TOTAL</b>	<b>27,8</b>	<b>34,9</b>	<b>41,1</b>	<b>36,7</b>	<b>32,4</b>	<b>28,7</b>	<b>20,9</b>	<b>14,7</b>	<b>6,8</b>	<b>1,0</b>	<b>0,3</b>	<b>7,8</b>	<b>253,1</b>	<b>619,8</b>	<b>147,2</b>	

$$Kc = 1,336$$

Nota: O Escoamento Mensal foi calculado através da expressão  $R = 6 - 11 \times Kc + 0,4 \times Kc \times P$  e o Escoamento Anual pela expressão  $R = 41 - 233 \times Kc + 0,5 \times Kc \times P$   
 (Correia, M.L.S. e Loureiro, J.M. - 1977)

## BARRAGEM DO RIBEIRO DO LOBO

### QUADRO 1.7 - PRECIPITAÇÕES E ESCOAMENTOS ANUAIS

ESTAÇÃO DE SANTIAGO MAIOR  
PÉRIODO DE 1949 A 2004

ÁREA DA BACIA HIDROGRÁFICA (Km<sup>2</sup>)- 9,416  
GRUPO DE SOLOS - 1  
TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)- 16

Probabilidade	Precipitação mm	Escoamento m <sup>3</sup>	Escoamento m <sup>3</sup>
ANO MAXIMO	947,2	380,9	3.586.887,9
Probab 90%	397,5	27,8	261.469,5
Probab 80%	480,9	81,4	766.138,4
Probab 70%	500,8	94,1	886.528,2
Probab 60%	549,6	125,5	1.181.271,3
Probab 50%	593,7	153,8	1.448.004,1
Probab 40%	638,2	182,4	1.717.640,8
Probab 30%	739,2	247,3	2.328.603,5
Probab 20%	819,3	298,8	2.813.126,8
Probab 10%	865,7	328,5	3.093.532,0
ANO MINIMO	297,9	0,0	0,0
ANO MÉDIO	619,8	170,6	1.606.181,4
<b>Probab 82,8%</b>	<b>476,8</b>	<b>78,7</b>	<b>741.358,5</b>

Probabilidade de Enchimento da Albufeira (%)

**82,8**

460/14  
Setembro

## BARRAGEM DO RIBEIRO DO LOBO

### QUADRO 1.8 - PRECIPITAÇÕES E ESCOAMENTOS ANUAIS

ESTAÇÃO DE SANTIAGO MAIOR  
PERÍODO DE 1949 A 2004

AREA DA BACIA HIDROGRAFICA (Km2)- 9,416  
GRUPO DE SOLOS - 1  
TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)- 16

Probabilidade	Precipitação mm	Escoamento mm	Escoamento m <sup>3</sup>
ANO MAXIMO	947,2	362,4	3.412.664,8
Probab 90%	397,5	0,0	0,0
Probab 80%	480,9	51,0	480.034,6
Probab 70%	500,8	64,3	605.199,4
Probab 60%	549,6	96,8	911.633,0
Probab 50%	593,7	126,3	1.188.945,4
Probab 40%	638,2	156,0	1.469.276,8
Probab 30%	739,2	223,5	2.104.472,5
Probab 20%	819,3	277,0	2.608.213,6
Probab 10%	865,7	308,0	2.899.740,7
ANO MINIMO	297,9	0,0	0,0
ANO MEDIO	619,8	143,7	1.353.396,6
<b>Probab 64,36%</b>	<b>522,5</b>	<b>78,7</b>	<b>741.358,5</b>

Probabilidade de Enchimento da Albufeira (%)- 64,4

Nota: O Escoamento foi calculado através da expressão  $R = 41 - 233 \times Kc + 0,5 \times Kc \times P$   
(A. Lencastre e F.M. Franco-" Lições de Hidrologia-UNL-Faculdade de Ciências e Tecnologia"

Kc= 1,34

(índice de Gravelius)

460/14  
Setembro

## BARRAGEM DO RIBEIRO DO LOBO

### QUADRO 1.9 - PRECIPITAÇÕES E ESCOAMENTOS MENSAIS

ESTAÇÃO DE SANTIAGO MAIOR  
PERÍODO DE 1949 A 2004

AREA DA BACIA HIDROGRAFICA (Km<sup>2</sup>)- 9,416  
GRUPO DE SOLOS - 1  
TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)- 16

	Precipitações Médias Mensais (mm)	Escoamento Mensal Médio (mm)	Escoamento Total (m <sup>3</sup> )
Outubro	66,5	26,8	252.784,2
Novembro	80,7	34,4	324.322,2
Dezembro	92,6	40,8	384.093,6
Janeiro	83,7	36,1	339.485,2
Fevereiro	75,5	31,7	298.176,4
Março	68,7	28,0	263.738,0
Abril	53,7	20,0	188.116,5
Maiο	41,3	13,4	125.839,0
Junho	22,5	3,4	31.561,4
Julho	5,3	0,0	0,0
Agosto	3,7	0,0	0,0
Setembro	25,6	5,0	46.743,7
<b>Total</b>	<b>619,8</b>	<b>239,5</b>	<b>2.254.860,1</b>

Nota: O Escoamento foi calculado através da expressão  $R = 6 - 11 \times Kc + 0,4 \times Kc \times P$   
(A. Lencastre e F.M. Franco-" Lições de Hidrologia-UNL-Faculdade de Ciências e Tecnologia"

Kc= 1,34

(índice de Gravelius)

460/14  
Setembro

**BARRAGEM DO RIBEIRO DO LOBO**

**QUADRO 1.10A - BALANÇO HIDRICO - AFLUÊNCIAS, CONSUMOS DE REGA, EVAPORAÇÃO**

**ANO MEDIO**

**ANO 1**

	evap (mm)	esc (m <sup>3</sup> )	esc (m <sup>3</sup> )	esc (m <sup>3</sup> )	esc (m <sup>3</sup> )	Vi (m <sup>3</sup> )	dotação (m <sup>3</sup> /ha)	rega (m <sup>3</sup> )	Vp (m <sup>3</sup> )	desc (m <sup>3</sup> )	cota (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Vevap (m <sup>3</sup> )	Vf (m <sup>3</sup> )	Pevap (m <sup>3</sup> )
Outubro	55,8	252.784	180.063		180.063	0			180.063	0	93,89	93.144	5.197	174.866	5.197
Novembro	30,0	324.322	231.021		231.021	174.866			405.899	0	95,70	160.173	4.805	401.082	4.805
Dezembro	15,5	384.094	273.597		273.597	401.082			679.831	0	97,09	232.392	3.602	671.077	3.602
Janeiro	8,4	339.485	241.822		241.822	671.077			808.299	94.868	97,67	231.949	1.948	818.031	0
Fevereiro	14,5	298.176	212.397		212.397	818.031		0	808.299	212.397	97,66	265.029	3.843	818.031	0
Março	46,5	263.738	187.866		187.866	818.031		0	808.299	187.866	97,65	264.855	12.316	818.031	0
Abril	96,0	188.117	133.999		133.999	818.031		0	808.299	133.999	97,62	262.529	25.203	818.031	0
Maio	120,9	125.839	89.638		89.638	818.031		82.934	785.937	6.704	97,61	261.819	31.654	799.785	24.950
Junho	156,0	31.561	22.482		22.482	799.785		114.034	623.559	0	97,16	236.039	36.822	671.411	36.822
Julho	176,7	0	0		0	671.411		114.034	465.546	0	96,47	197.898	34.969	522.409	34.969
Agosto	164,3	0	0		0	522.409		114.034	314.157	0	95,65	158.055	25.968	382.407	25.968
Setembro	117,0	46.744	33.296		33.296	382.407		93.300	230.424	0	95,10	135.488	15.852	306.551	15.852
Totais	1.001,6	2.254.860	1.606.181	0	1.606.181			518.335	818.031					306.551	152.166
	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>		<u>3A</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>	<u>11</u>	<u>12</u>	<u>13</u>

Plano Cultural:

inverno	0,0	0	0
verão	124,9	4.150	518.335
			518.335

1 - Valores médios da evaporação\*

2 - Escoamento Médio Mensal (ver quadro 1.9 - Santiago Maior)

3 - Escoamento Médio Mensal utilizado no balanço, por redução proporcional do anterior, para valores compatíveis com os critérios do projecto (Quadro 1.7)

3A - Sobras da barragem da Carreteira

3A - Escoamento Médio Mensal Total

4 - Volume armazenado no momento inicial, antes da contabilização das entradas, consumos e perdas

5 - dotações de rega mensais consideradas, originando os consumos mensais (6)

7 - Volume armazenado antes da evaporação, para determinação da cota (9) e área de evaporação (10) no período

8 - Descargas de escoamentos não contidos na albufeira

11 - Evaporação

12 - Volume armazenado no fim do período

13 - perdas por evaporação (não compensadas por aflúencias)

460/14

(Nota - As áreas inundadas foram adaptadas à capacidade total da barragem, simulando a escavação prevista)



**BARRAGEM DO RIBEIRO DO LOBO**

**QUADRO 1.11A - ESTIMATIVA ORÇAMENTAL**

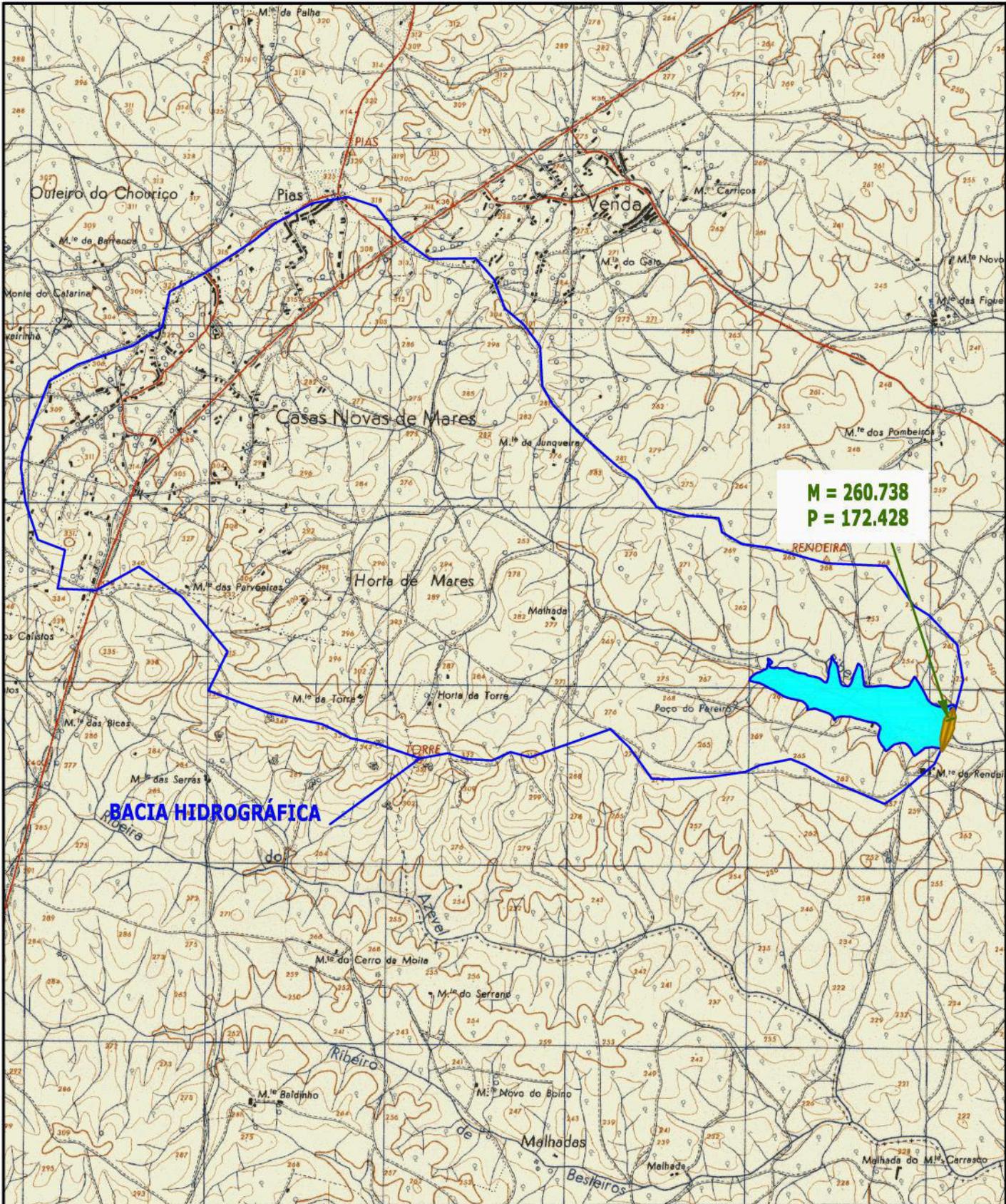
DESIGNAÇÃO	QUANTID.		PREÇOS	PREÇOS	PREÇOS
			UNITARIOS	PARCIAIS	TOTAIS
			€	€	€
<b><u>A) CORPO DA BARRAGEM</u></b>					
Escavação da vala de inserção .....	<b>8.861</b>	m <sup>s</sup>	2,20	19.494,20	
Saneamento .....	<b>3.205</b>	m <sup>s</sup>	2,00	6.410,00	
Aterro acima do terreno natural .....	<b>49.399</b>	m <sup>s</sup>	3,00	148.197,00	
Aterro em reposição de escavações .....	<b>12.066</b>	m <sup>s</sup>	3,00	36.198,00	
Abertura de vala para drenos .....	<b>238,00</b>	m	2,00	476,00	
Areia no Filtro de pé .....	<b>72,84</b>	m <sup>s</sup>	14,00	1.019,81	
Gravilha no Filtro de pé .....	<b>19,55</b>	m <sup>s</sup>	14,00	273,71	
Tubo PE corrugado SN4 parede dupla 100 mm .....	<b>238,00</b>	m	5,00	1.190,00	
Tubo PVC 110 mm .....	<b>35,10</b>	m	5,00	175,48	
Betão Armado na caixa de saída do filtro de pé .....	<b>0,32</b>	m <sup>s</sup>	250,00	80,00	3.215,00
Enrocamento no paramento montante.....	<b>5.436</b>	m <sup>l</sup>	6,50	35.334,00	
Cobertura vegetal paramento de juzante .....	<b>4.890</b>	m <sup>l</sup>	0,60	2.934,00	251.782,20
<b><u>B) CONDUITA DE FUNDO</u></b>					
Aterro Manual .....	<b>18,40</b>	m <sup>s</sup>	3,00	55,20	
Válvula de guilhotina, cardan, acessórios 400 mm .	<b>1,00</b>	un	2.487,43	2.487,43	
Tubo PVC 6 kg/cm2 de 400 mm incluindo abertura, e fecho de vala .....	<b>58,50</b>	m	73,28	4.287,11	
Betão na Conduita de Fundo .....	<b>25,41</b>	m <sup>s</sup>	225,00	5.716,95	
Cone de redução 400x200 mm flangeado .....	<b>1,00</b>	un	450,00	450,00	
Tê flangeado 200 mm PN10, incluindo ligações .....	<b>1,00</b>	un	233,04	233,04	
Flange cega 200 mm PN10, incluindo ligações .....	<b>1,00</b>	un	110,04	110,04	
Válvula jusante 200 mm, incluindo fixações .....	<b>1,00</b>	un	636,00	636,00	
Betão Armado nas caixas de entrada e saída .....	<b>6,24</b>	m <sup>s</sup>	300,00	1.873,01	
Betão Armado na Viga de Rigidez e nos pilaretes .....	<b>2,94</b>	m <sup>s</sup>	300,00	882,00	
Varões de accionamento e de arejamento em ferro galvanizado 1 1/4", com ligações .....	<b>58,50</b>	ml	12,50	731,25	17.462,03
<b>460/14</b>	<b>Total .....</b>				<b>272.459,23</b>
<b>Setembro</b>					

Capacidade (m <sup>3</sup> )	818.031
Cota do NPA	97,67
Cota do Coroamento	99,67

## BARRAGEM DO RIBEIRO DO LOBO

### QUADRO 1.11B - ESTIMATIVA ORÇAMENTAL

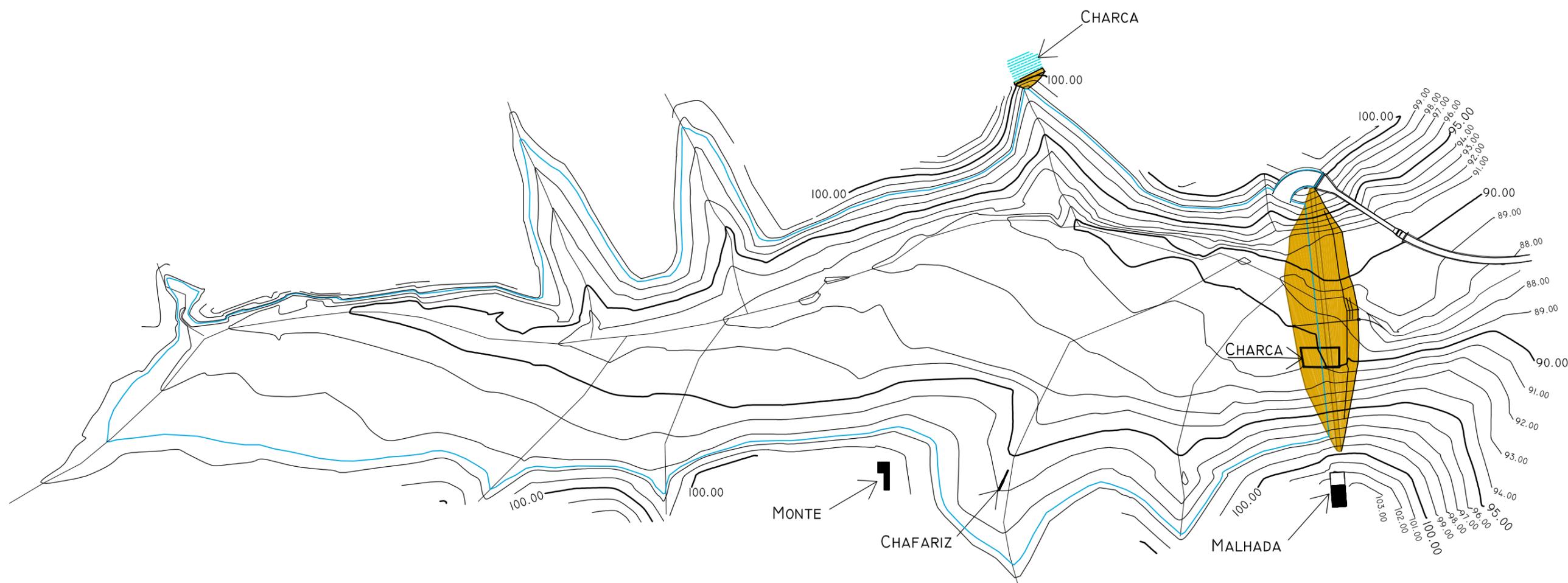
DESIGNAÇÃO	QUANTIDADE (m <sup>3</sup> )	PREÇOS UNITÁRIOS	PREÇOS PARCIAIS	PREÇOS TOTAIS
		€	€	€
<b><u>C) EVACUADOR DE CHEIAS</u></b>				
<b><u>c1) Escavação</u></b>				
Canal de chegada.....	E.	2.221	2,20	4.886,20
Canal de descarga.....	E.	1.389	2,20	3.055,80
Canal de restituição.....	E.	1.004	2,20	2.208,80
<b><u>c2) Descarregador</u></b>				
Soleira .....	B.S.	5,54	225,00	1.246,50
Lage .....	B.S.	13,37	250,00	3.342,50
Paredes .....	B.A.	3,66	300,00	1.098,00
Brita .....		0,60	30,00	18,00
<b><u>c3) Canal de Descarga</u></b>				
Paredes .....	B.A.	26,20	300,00	7.860,00
Lage .....	B.S.	68,34	250,00	17.085,00
<b><u>c4) Bacia de Dissipação</u></b>				
Paredes .....	B.A.	17,87	300,00	5.361,00
Lage .....	B.A.	16,93	250,00	4.232,50
Dentes .....	B.A.	2,76	300,00	828,00
Enrocamento .....		7,68	30,00	230,40
Brita .....		6,18	30,00	185,40
TOTAL - DESCARREGADOR EM BETÃO ARMADO .....				51.638,10
TOTAL 1.12A + 1.12B .....				324.097,33
PROJECTO .....				
TOTAL .....				324.097,33
 <i>B.S. - Betão simples</i>				
<i>B.A. - Betão armado</i>				
<i>A. - Alvenaria</i>				
<i>E. - Escavação</i>				
				<b>460/14</b>



**M = 260.738**  
**P = 172.428**

**BACIA HIDROGRÁFICA**

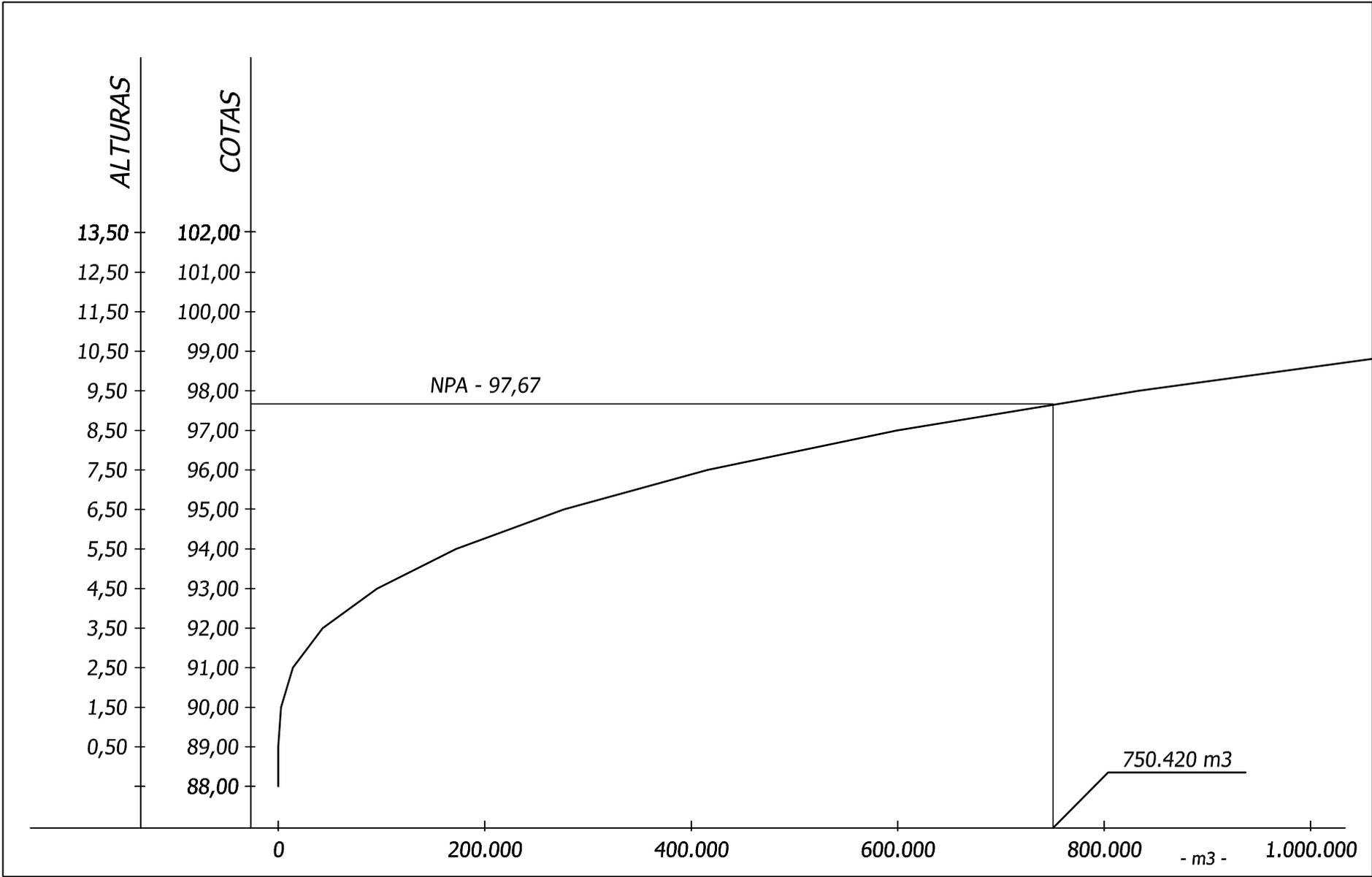
cliente:	HERDADE DA RENDEIRA, AGROPECUÁRIA S.A.	data:	Set .14	<b>G.E.S.</b>
<b>BARRAGEM DO RIBEIRO DE LOBO</b>		escala:	1/30.000	
		LOCALIZAÇÃO CM 462		alterações:
o técnico responsável:		referência:	460/14	<b>1.1</b>



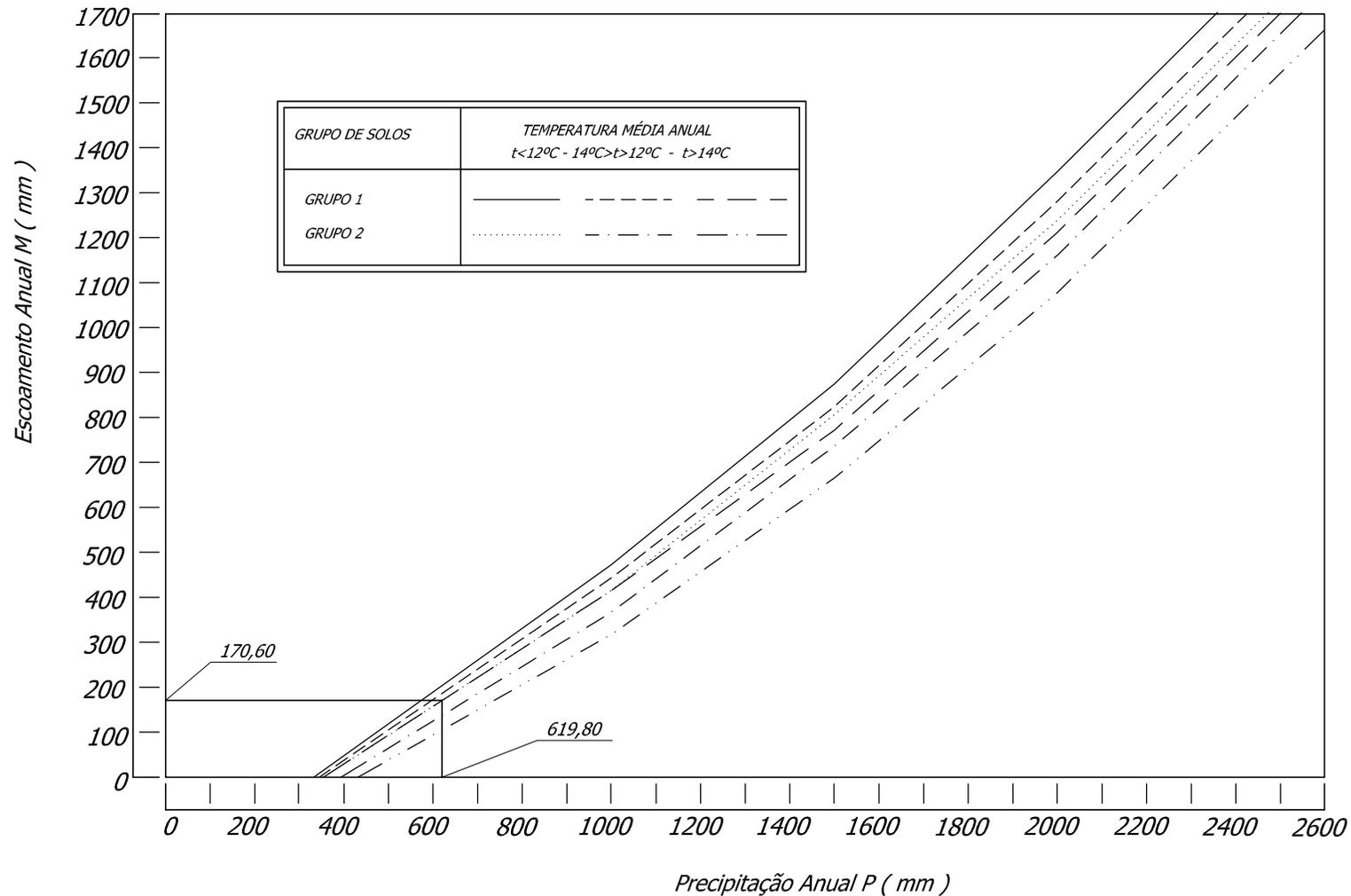
— N.P.A. (97,67)

<i>cliente:</i> HERDADE DA RENDEIRA, AGROPECUÁRIA S.A.	<i>data:</i> Set .14	<b>G.E.S.</b>
<b>BARRAGEM DO RIBEIRO DE LOBO</b>	<i>escala:</i> 1/4.000	
IMPLANTAÇÃO E ÁREA DE REGOLFO	<i>alterações:</i>	<i>desenho n.º:</i>
<i>o técnico responsável:</i>	<i>referência:</i> 460/14	<b>1.2</b>

CURVA DE CAPACIDADE NATURAL DA ALBUFEIRA



## RELAÇÕES MÉDIAS ENTRE O ESCOAMENTO ANUAL E A PRECIPITAÇÃO ANUAL



Grupo 1 - Grupo de solos dando origem a escoamento anual de médio a elevado.

Grupo 2 - Grupo de solos dando origem a escoamento anual de médio a baixo.

# **BARRAGEM DO RIBEIRO DO LOBO**

PROJECTO DE CONSTRUÇÃO

**2 - PROJECTO DE EXECUÇÃO**

**proprietário:**

Herdade da Rendeira, Agropecuária S.A.

Aldeia da Venda

7200-020 SANTIAGO MAIOR

**Setembro**

**2014**

## 2 - PROJECTO DE EXECUÇÃO

### 2.1) ESCAVAÇÕES E ATERROS

O perfil transversal tipo pretendido apresenta-se no desenho nº 2.2, portanto com uma altura máxima de 11,17 metros, uma largura do coroamento mínima de 4,00 metros, e os taludes montante e jusante com inclinações de respectivamente 3,00/1 e 2,50/1.

Será realizada a limpeza prévia da área de implantação do corpo da barragem, com uma espessura média estimada em 0,30 m, com o objectivo de remover todos os solos que apresentem vestígios vegetais. Os solos assim obtidos, bem como os resultantes da decapagem da mancha de empréstimo, poderão em principio ser utilizados no remate final do talude jusante uma vez que são os que apresentam as melhores características agrónomicas para suportar a sementeira da sua cobertura vegetal, ficando acima da linha de saturação da barragem, portanto sem funções de impermeabilização do aterro.

A escavação da vala corta-águas, com as dimensões definidas no desenho 2.2, atingirá em princípio uma profundidade média de 6,00 metros, criando uma cortina subterrânea que deverá intersectar eventual percolação sob a barragem, ao atingir o fixe, ou aumentar os caminhos de percolação nesta zona fazendo reduzir os caudais perdidos por percolação através das fundações.

O fixe encontra-se presumivelmente próximo da cota do fundo do poço existente no interior da charca que se encontra aberta na margem direita do vale, sensivelmente no alinhamento do eixo da barragem, recomendando-se o início das escavações deste ponto e desta cota para cada uma das margens, e servindo a observação do comportamento do escoamento nas fracturas postas a descoberto pela limpeza da charca como exemplo do tipo de alteração do xisto que deverá ser identificado e intersectado ao longo de todo o perfil, mesmo que actualmente sem percolação, atendendo ao aumento da carga hidráulica que a albufeira produzirá nesses locais.

Esta profundidade será variável ao longo do perfil longitudinal tendendo a ser superior na zona do vale ou em zonas apresentando características particulares, e deverá ser definida com o maior cuidado pois constitui a peça mais importante da obra, responsável pela maior parte dos problemas que ocorrem neste tipo de obras e de mais difícil reparação. Assim, e apesar quer da boa qualidade que se prevê para as fundações existentes quer da reduzida carga hidráulica da albufeira, recomenda-se que esta vala não seja fechada antes do seu visionamento por técnico experiente.

Parte dos solos obtidos da abertura desta vala poderão eventualmente ser reaproveitados nas áreas mais a jusante e a cotas mais elevadas do corpo da barragem.

Deverão ainda ser removidos todos os solos remexidos, como os resultantes da escavação da charca, e todos os que similarmente não apresentem condições para suporte dos aterros a executar, até profundidades superiores à definida para a limpeza geral, quando necessário.

O interior da charca deverá ser adequadamente limpo de todos os terrenos soltos e cuidadosamente aterrado e compactado conforme de seguida descrito, pois constitui um caminho preferencial de acesso da água da albufeira aos níveis de rocha mais degradada e atendendo à necessidade de suporte do peso do aterro do corpo da barragem.

No desenho nº 2.1 delimita-se uma área de 69.000 m<sup>2</sup> escolhida para a escavação dos solos a reutilizar no aterro (mancha de empréstimo), após limpeza superficial, admitindo-se que terá uma profundidade média de 0,80 m e um coeficiente de empolamento de 10%. Esta área foi definida nas proximidades do aterro a executar, para reduzir as distâncias de transporte, e totalmente no interior da futura albufeira para reduzir o impacte paisagístico da escavação e produzir um aumento da sua capacidade da albufeira, que se estima em cerca de 67.000 m<sup>3</sup>.

Recomenda-se a execução dos trabalhos de escavação do descarregador de cheias em fase inicial da construção no sentido de tentar reaproveitar para o aterro alguns destes solos.

A construção do aterro será realizada pela colocação de camadas longitudinais dos solos devidamente escolhidos com espessuras não superiores a 40 cm, que após o correcto humedecimento serão compactadas com cilindro vibrador. Antes da colocação da camada superior deverá a inferior ser passada por um equipamento do tipo escarificador para que não existam superfícies lisas por onde a percolação seria facilitada. Nos remates com o terreno dos encontros deverá ser executado um “denteado” conseguido pelo desfaseamento das camadas (ver desenho 2.3) para que a compactação resulte eficaz.

A sua compactação em obra deverá respeitar os parâmetros de compactação obtidos laboratorialmente, designadamente o teor em humidade óptimo ( $\omega_{opt}$ ) com um desvio não superior a 2% e o valor da compactação relativa igual ou superior a 95% (Proctor normal)

$$\omega_{opt} = 13,70 \%$$
$$\gamma_{dm} = 1,88 \text{ g/cm}^2$$

Estes parâmetros correspondem a uma mistura a 50% dos solos recolhidos para análise laboratorial, de acordo com as recomendações apresentadas no Reconhecimento Geológico, em resultado da constatação de que os solos que se encontram mais próximos do local da obra (ML) são ligeiramente inferiores, em termos de trabalhabilidade, compressibilidade e resistência, que os solos existentes no topo montante da futura albufeira (CL), embora mantendo boas características no que se refere à permeabilidade.

## **2.2) FILTRO DE PÉ**

Após o saneamento da área de implantação dos novos aterros da barragem, e preferivelmente antes do início da sua execução, deverá ser aberta uma vala destinada à colocação deste filtro de pé conforme representado nos desenhos nº 2.4 a 2.6, constituído por três tubos de drenagem em polietileno, com parede dupla e classe SN4, com diâmetro mínimo de 100 mm revestido por gravilha lavada de 5 a 15 mm envolvida por areia, colocados em vala com 0,50 m de profundidade e largura de fundo, escavada no terreno natural, após limpeza, aberta a uma distância do pé de talude próxima da altura da barragem nessa secção.

Cada dreno descarregará para uma mesma caixa em betão a construir no ponto mais baixo da base do talude jusante, sendo o tubo de drenagem inserido, na zona de ligação a esta caixa, num tubo estanque de PVC  $\phi$  110 mm. Deverão ser instaladas grelhas de protecção conforme representado.

Os três drenos são totalmente independentes até à descarga conforme explicitado nos desenhos, cada um drenando separadamente cada lado da barragem ou a sua faixa central.

## **2.3) CONDUITA DE FUNDO**

A conduta de fundo a instalar será constituída por tubagem em PVC de 400 mm com uma classe de pressão mínima de  $6 \text{ kg/cm}^2$ , integralmente revestida a betão armado, conforme se representa nos desenhos. A sua execução será realizada sem recurso a cofragem, mediante a colocação da tubagem e armadura em vala a abrir no aterro entretanto executado, dentro da qual será realizada betonagem (colocação e vibração do betão) de forma a eliminar superfícies lisas que propiciem eventuais percolações e protegendo a conduta do trabalho da maquinaria durante a execução das camadas de aterro superiores.

Conforme representado nos desenhos 2.7 a 2.9, esta conduta terá a tomada de água à cota 91,00 com a comporta fechada e saída á cota 88,38, ao eixo, sendo o seu comprimento em planta, medido à base dos taludes, de 61,23 metros, o comprimento de PVC de 58,50 metros, e a sua inclinação de 3,28%.

A largura mínima da vala a executar será de 0,70 metros de forma a permitir o devido revestimento da tubagem com betão nos termos projectados, implicando a utilização de larguras superiores gastos desnecessários de betão.

A betonagem e sua vibração serão realizadas por fases para evitar a “flutuação” da tubagem uma vez que, sobretudo com betão pronto, se verificará uma forte impulsão nesse sentido.

O processo construtivo proposto permitirá a dispensa da execução de muretes corta águas e ajudará a garantir a protecção da conduta relativamente à circulação da maquinaria na fase de execução dos aterros superiores, que deverá ocorrer sempre no sentido transversal ao da conduta.

A vala referida terá uma profundidade tal que após a betonagem fique sobre o betão de recobrimento uma altura dentro da vala com um mínimo de 0,50 metros, para preenchimento com aterro a ser compactado manualmente ou com um pequeno vibrador que possa trabalhar no sentido longitudinal da vala.

Para que se verifiquem as condições descritas o aterro deverá atingir aproximadamente a cota 91,15 na face montante antes do início da abertura desta vala, resultando que, caso a camada de aterro esteja integralmente executada até esta cota, a profundidade mínima desta vala na extremidade jusante deveria ser cerca de 3,17 metros, situação que tornaria complexa a instalação da conduta e posterior compactação da vala.

Para o evitar recomenda-se que as primeiras camadas de aterro sejam executadas em patamares longitudinais desnivelados até que seja colocada a conduta de fundo, sendo que a cota mínima da camada de jusante deverá rondar o valor de 89,23.

Na sua câmara de entrada será montada uma válvula de guilhotina  $\phi$  400 mm, manobrável a partir do coroamento da barragem, inserida em caixa de betão armado com entrada superior protegida por grelha em ferro galvanizado, amovível de forma a permitir eventual manutenção, e disporá de comporta frontal em chapa do mesmo material, para limpeza periódica do fundo da albufeira (ver desenho nº 2.9). A cota da base desta comporta (90,35) define aproximadamente o “volume morto” da albufeira.

O varão de accionamento da válvula de guilhotina será constituído por tubo galvanizado de 1 ¼” apoiado em pilaretes de betão armado sobre viga de rigidez destinada a absorver eventuais assentamentos diferenciais do aterro.

Uma vez que a câmara de entrada se apoia no terreno natural, encontra-se desligada da viga de rigidez, não sendo afectada por eventuais assentamentos no aterro.

Fazendo face a esta eventualidade e facilitando acertos na fase de montagem, criou-se uma articulação no varão de accionamento na zona de ligação à câmara de entrada, constituída por um cardan em alumínio protegido no interior de uma protecção em borracha, a preencher com material lubrificante do tipo massa consistente.

A válvula de guilhotina deve ser escolhida com um sistema de funcionamento tal que o varão de accionamento funcione apenas em rotação e possa dilatar livremente para a extremidade superior, em que se adapta o volante de comando. Com este cuidado evitar-se-ão esforços laterais sobre os pilaretes e empenos do varão de accionamento, garantido a sua duração em condições de operacionalidade.

Com o apoio nos mesmos pilaretes e inferiormente ao varão de comando será instalado um dispositivo de arejamento da conduta constituído por tubo galvanizado de 1 ¼”.

Na extremidade jusante da conduta será instalada uma válvula de cunha elástica  $\phi$  200 mm, após redução, no interior de uma caixa de betão armado com ligação a vala de descarga protegida por enrocamento.

Esta caixa foi dimensionada de forma a produzir alguma dissipação da energia através do direccionamento do jacto de água contra a sua laje, embora que como já referido não seja recomendável a sua abertura total com a albufeira cheia. Inclui-se derivação lateral a utilizar para efeitos de rega, deixando livre a saída frontal para utilização rápida em caso de emergência.

A vala de restituição encontra-se representada nos desenhos 2.1 e 2.7 e deverá ter uma inclinação mínima de 0,34 % ao longo do seu percurso, sendo protegida por enrocamento igual ao utilizado no revestimento do talude montante numa extensão de 2 m a partir do seu início.

#### **2.4) PROTECÇÃO DOS TALUDES**

Na fase final dos aterros poderá o alisamento do talude jusante ser realizado com o aproveitamento pelo menos parcial dos solos resultantes da decapagem inicial, aproveitando os solos mais orgânicos que serão um bom suporte para as sementeiras de protecção do talude a realizar. Esta cobertura vegetal será à base de festuca, panasco, trevo subterrâneo ou outras gramíneas em consociação e será realizada preferencialmente no início do período chuvoso, evitando a necessidade de a regar após a instalação.

O paramento de montante será integralmente protegido da acção das ondas pela colocação de uma protecção em enrocamento (“rip-rap”), espalhada com recurso a máquina giratória, sobre o aterro, constituído por pedras angulosas com uma dimensão média de 37 cm e um máximo de 55 cm, constituindo uma camada com uma espessura mínima de 0,60 m. A dimensão mínima recomendada é da ordem dos 25 cm, devendo porém ser inferior nos locais de preenchimento dos espaços maiores, protegendo o aterro do contacto directo com a ondulação, para que possa ser dispensada a execução de filtro entre o enrocamento e o aterro.

Recomenda-se a execução de pequenas valas de cintura, eventualmente a realizar com equipamento tipo charrua agrícola, para desviar deste talude os escorrimentos quer do coroamento quer dos encontros laterais, devendo o coroamento da barragem ser executado com um ligeiro pendente para montante.

#### **2.5) DESCARREGADOR DE CHEIAS**

O descarregador de cheias a executar consiste numa estrutura em betão armado enquadrada por duas valas a escavar no terreno natural, o canal de chegada e o canal de restituição à linha de água natural a jusante, e será localizado na margem esquerda da barragem.

A secção de controlo é uma soleira em betão simples com crista à cota 97,67 enquadrada por dois muros de ala em betão armado à cota do coroamento da barragem, dispondo de um dente de fundação destinado a evitar infiltrações inferiores, cuja largura mínima terá o valor de 14,50 m.

Esta soleira terá um paramento com uma altura de 0,40 m do lado montante e a forma do seu perfil destina-se a evitar sub e sobrepensões durante a descarga das cheias que reduziriam a sua capacidade de descarga e a sua duração, e deverá ser executada como indicado no desenho 2.13.

O canal de descarga em betão armado é rectangular com largura de 4,00 metros, alargando para 6,00 metros no final ao constituir uma bacia de dissipação da energia com blocos de impacto. As suas paredes terão alturas de 1,12 e de 0,97 m, com espessuras de 0,20 m ou 0,15 m consoante a localização. A altura máxima em paredes corresponde à bacia de dissipação (3,44 m), e disporão de drenagem posterior nos locais indicados (bacia de dissipação e zona de entrada).

Nos desenhos 2.1 e 2.10 a 2.16 apresenta-se a geometria pretendida e suas cotas de implantação, bem como os necessários pormenores construtivos como as armaduras e os drenos.

Ficando toda a estrutura abaixo do terreno natural, resultarão solos sobranes da escavação necessária que poderão em parte ser reutilizados nas zonas menos críticas do aterro, a jusante e nas cotas mais altas, pelo que se recomenda que a realização desta escavação seja feita no início da construção, por forma a poder avaliar a qualidade dos solos assim produzidos para reaproveitamento, evitando mais escavações na mancha de empréstimo e reduzindo o trabalho final de espalhamento dos solos sobranes.

As cotas mais determinantes para o seu bom funcionamento e duração são a inicial e final, devendo ser rigorosamente respeitada a cota da soleira (97,67), que define a folga e a segurança da barragem ao galgamento (2 metros), e a cota do fundo da bacia de dissipação (87,50), para evitar fenómenos de erosão regressiva que possam causar o descalçamento desta bacia e a sua rotura progressiva para montante.

**BARRAGEM DO RIBEIRO DO LOBO**

**QUADRO 2.1A - MEDIÇÕES**

DESIGNAÇÃO	QUANTID.		PREÇOS	PREÇOS	PREÇOS
			UNITÁRIOS	PARCIAIS	TOTAIS
			€	€	€
<b><u>A) CORPO DA BARRAGEM</u></b>					
Escavação da vala de inserção .....	8.861	m <sup>3</sup>			
Saneamento .....	3.205	m <sup>3</sup>			
Aterro acima do terreno natural .....	49.399	m <sup>3</sup>			
Aterro em reposição de escavações .....	12.066	m <sup>3</sup>			
Abertura de vala para drenos .....	238,00	m			
Areia no Filtro de pé .....	72,84	m <sup>3</sup>			
Gravilha no Filtro de pé .....	19,55	m <sup>3</sup>			
Tubo PE corrugado SN4 parede dupla 100 mm .....	238,00	m			
Tubo PVC 110 mm .....	35,10	m			
Betão Armado na caixa de saída do filtro de pé ....	0,32	m <sup>3</sup>			
Enrocamento no paramento montante.....	5.436	m <sup>2</sup>			
Cobertura vegetal paramento de juzante .....	4.890	m <sup>2</sup>			
<b><u>B) CONDUITA DE FUNDO</u></b>					
Aterro Manual .....	18,40	m <sup>3</sup>			
Válvula de guilhotina, cardan, acessórios 400 mm .	1,00	un			
Tubo PVC 6 kg/cm2 de 400 mm incluindo abertura, e fecho de vala .....	58,50	m			
Betão na Conduita de Fundo .....	25,41	m <sup>3</sup>			
Cone de redução 400x200 mm flangeado .....	1,00	un			
Tê flangeado 200 mm PN10, incluindo ligações .....	1,00	un			
Flange cega 200 mm PN10, incluindo ligações .....	1,00	un			
Válvula jusante 200 mm, incluindo fixações .....	1,00	un			
Betão Armado nas caixas de entrada e saída .....	6,24	m <sup>3</sup>			
Betão Armado na Viga de Rigidez e nos pilaretes .....	2,94	m <sup>3</sup>			
Varões de accionamento e de arejamento em ferro galvanizado 1 1/4", com ligações .....	58,50	ml			
<b>Total .....</b>					

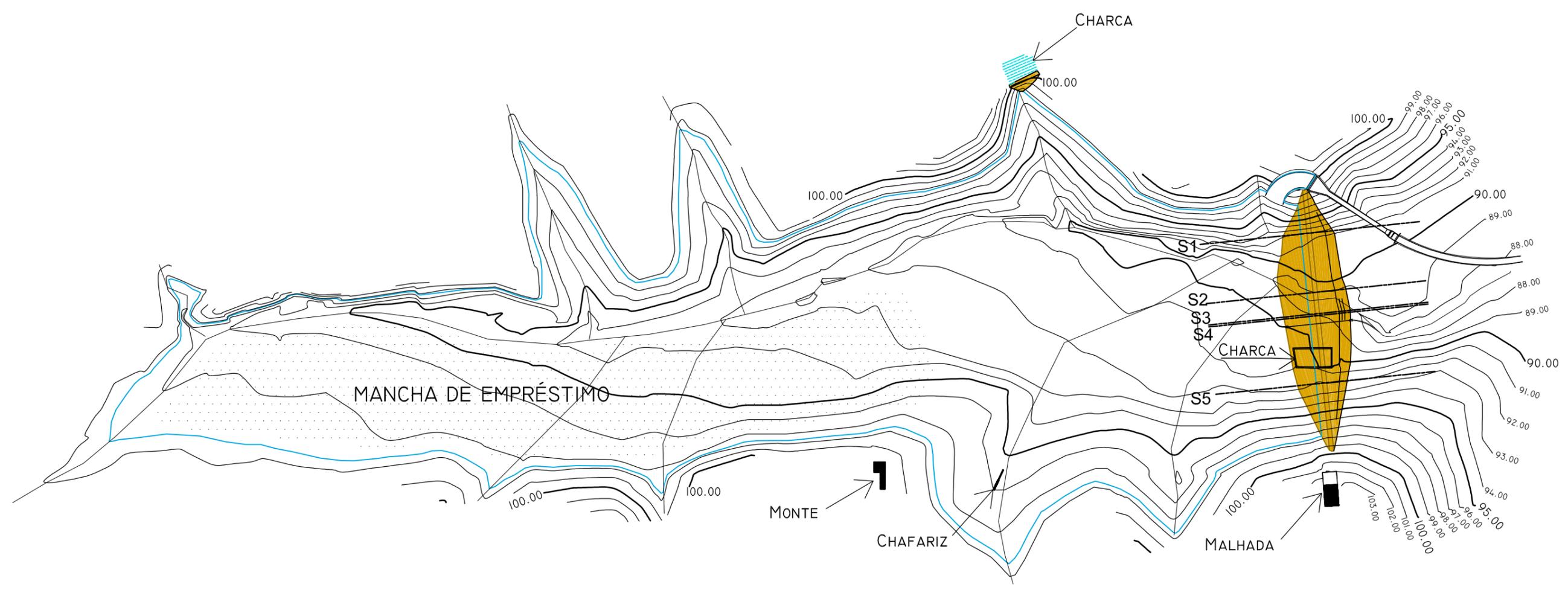
460/14  
Setembro

Capacidade (m <sup>3</sup> )	818.031
Cota do NPA	97,67
Cota do Coroamento	99,67

**BARRAGEM DO RIBEIRO DO LOBO**

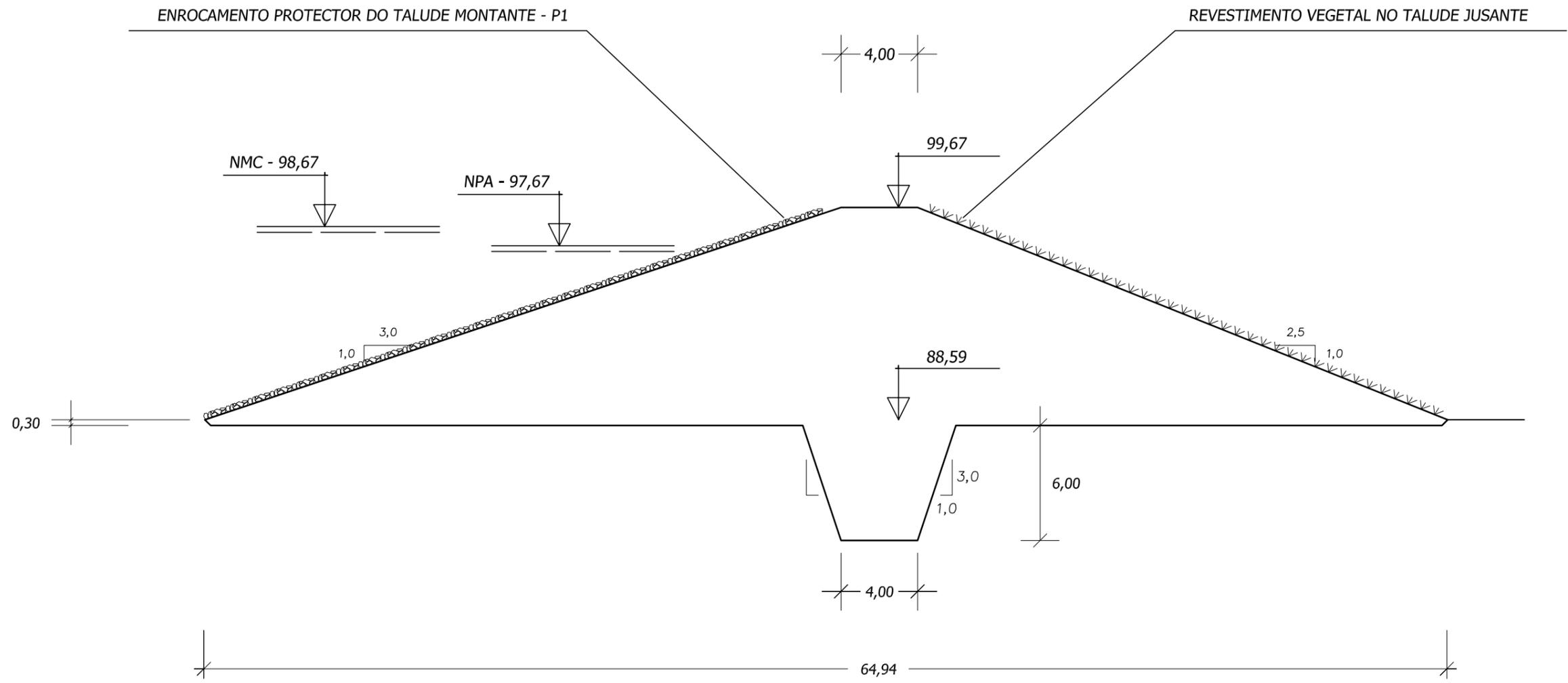
**QUADRO 2.1B - MEDIÇÕES**

DESIGNAÇÃO	QUANTIDADE (m³)	PREÇOS UNITÁRIOS	PREÇOS PARCIAIS	PREÇOS TOTAIIS
		€	€	€
<b><u>C) EVACUADOR DE CHEIAS</u></b>				
<b><u>c1) Escavação</u></b>				
Canal de chegada.....	E.	2.221		
Canal de descarga.....	E.	1.389		
Canal de restituição.....	E.	1.004		
<b><u>c2) Descarregador</u></b>				
Soleira .....	B.S.	5,54		
Lage .....	B.S.	13,37		
Paredes .....	B.A.	3,66		
Brita .....		0,60		
<b><u>c3) Canal de Descarga</u></b>				
Paredes .....	B.A.	26,20		
Lage .....	B.S.	68,34		
<b><u>c4) Bacia de Dissipação</u></b>				
Paredes .....	B.A.	17,87		
Lage .....	B.A.	16,93		
Dentes .....	B.A.	2,76		
Enrocamento .....		7,68		
Brita .....		6,18		
<b>TOTAL - DESCARREGADOR EM BETÃO ARMADO .....</b>				
<b>TOTAL 1.12A + 1.12B .....</b>				
<b>PROJECTO .....</b>				
<b>TOTAL .....</b>				
<i>B.S. - Betão simples</i>				
<i>B.A. - Betão armado</i>				
<i>A. - Alvenaria</i>				
<i>E. - Escavação</i>				

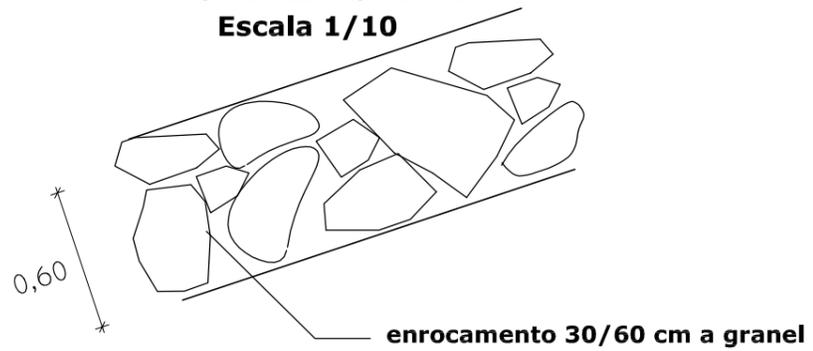


— N.P.A. ( 97,67 )

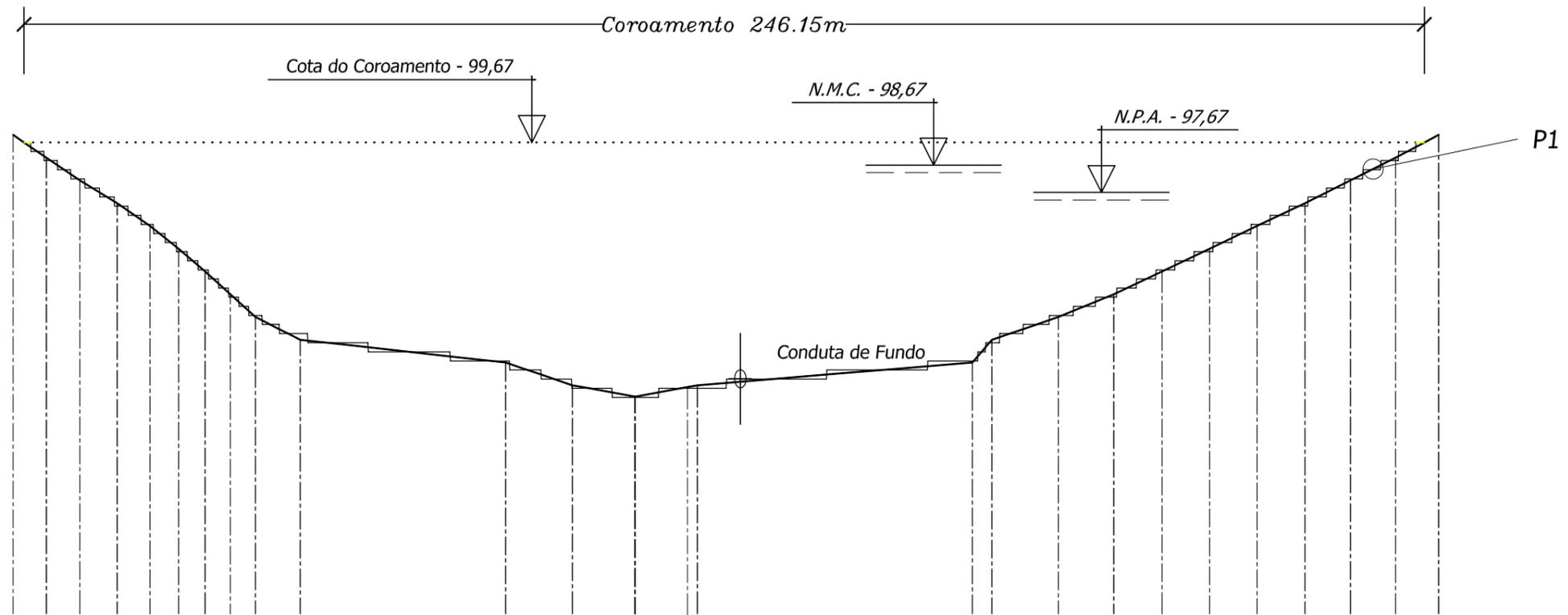
<i>cliente:</i> HERDADE DA RENDEIRA, AGROPECUÁRIA S.A.	<i>data:</i> Set .14	<b>G.E.S.</b>
<b>BARRAGEM DO RIBEIRO DE LOBO</b>	<i>escala:</i> 1/4.000	
IMPLANTAÇÃO E ÁREA DE REGOLFO	<i>alterações:</i>	<i>desenho n.º:</i>
<i>o técnico responsável:</i>	<i>referência:</i> 460/14	<b>2.1</b>



**PORMENOR P1**  
Escala 1/10

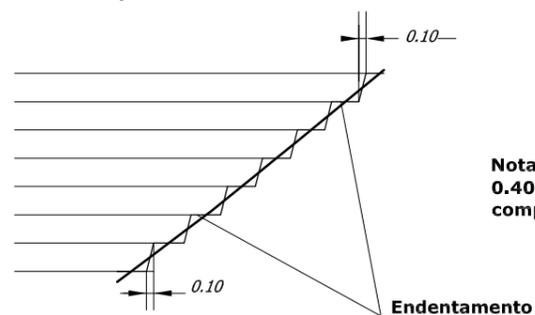


cliente:	HERDADE DA RENDEIRA, AGROPECUÁRIA S.A.	data:	SET. 14	<b>G.E.S.</b>
<b>BARRAGEM DO RIBEIRO DE LOBO</b>		escala:	1/250	
PERFIL TIPO		alterações:		desenho n.º:
o técnico responsável:		referência:	460/14	<b>2.2</b>



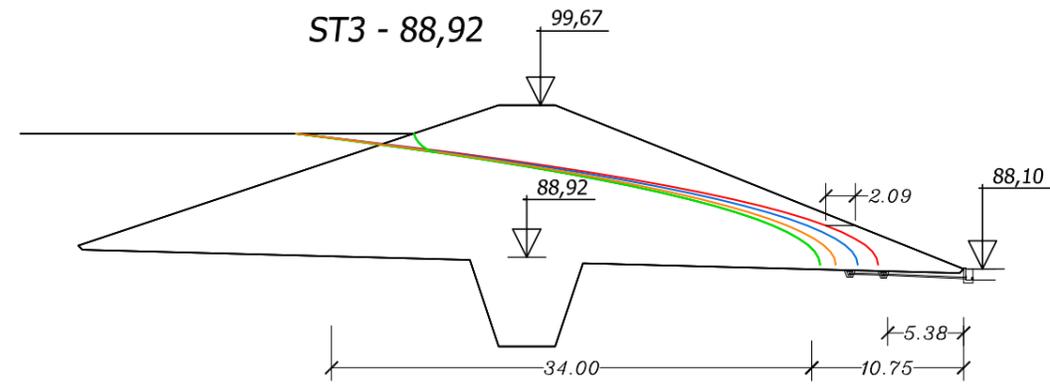
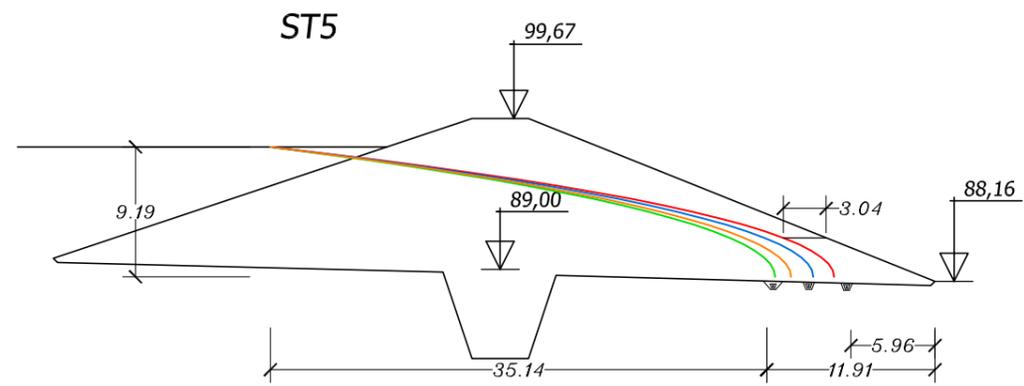
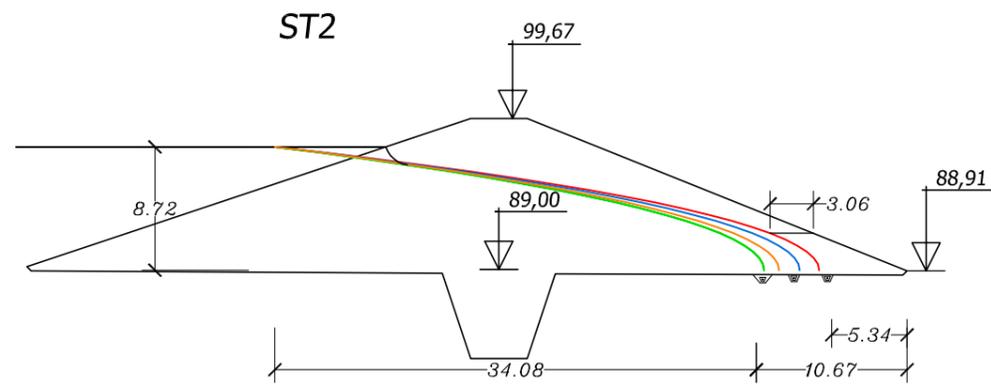
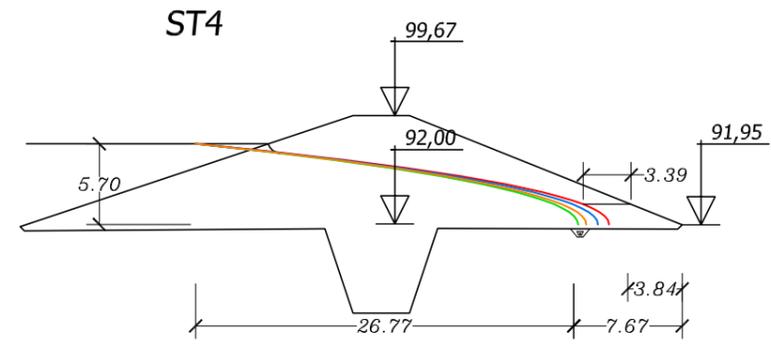
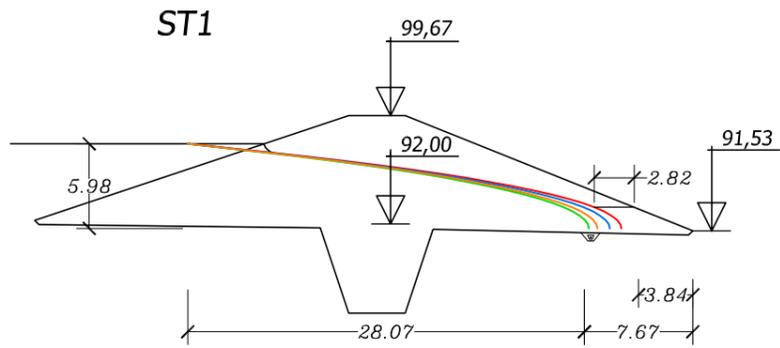
COTA DO TERRENO	100.00	98.00	96.00	94.00	92.00	91.00	90.00	89.00	88.50	89.00	91.00	93.00	95.00	97.00	99.00	100.00														
	99.00	97.00	95.00	93.00	91.00			88.92			90.00	92.00	94.00	96.00	98.00	99.00														
DISTÂNCIA A ORIGEM	0.00	5.84	11.72	18.30	24.04	29.09	33.75	38.19	42.62	50.48	86.57	98.32	109.37	118.53	120.29	168.61														
NUMERO DO PONTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16														
DIST. ENTRE PONTOS		5.84	5.88	6.58	5.74	5.06	4.44	4.42	7.87	36.09	11.75	11.04	9.16	1.76	48.32	3.45														
SECCÕES TRANSVERSAIS						ST1					ST2					ST3					ST4					ST5				
DIST. ENTRE SECCÕES											55.71					20.21					1.76					63.42				

P1 - Pormenor do endentamento  
Esc. 1/100



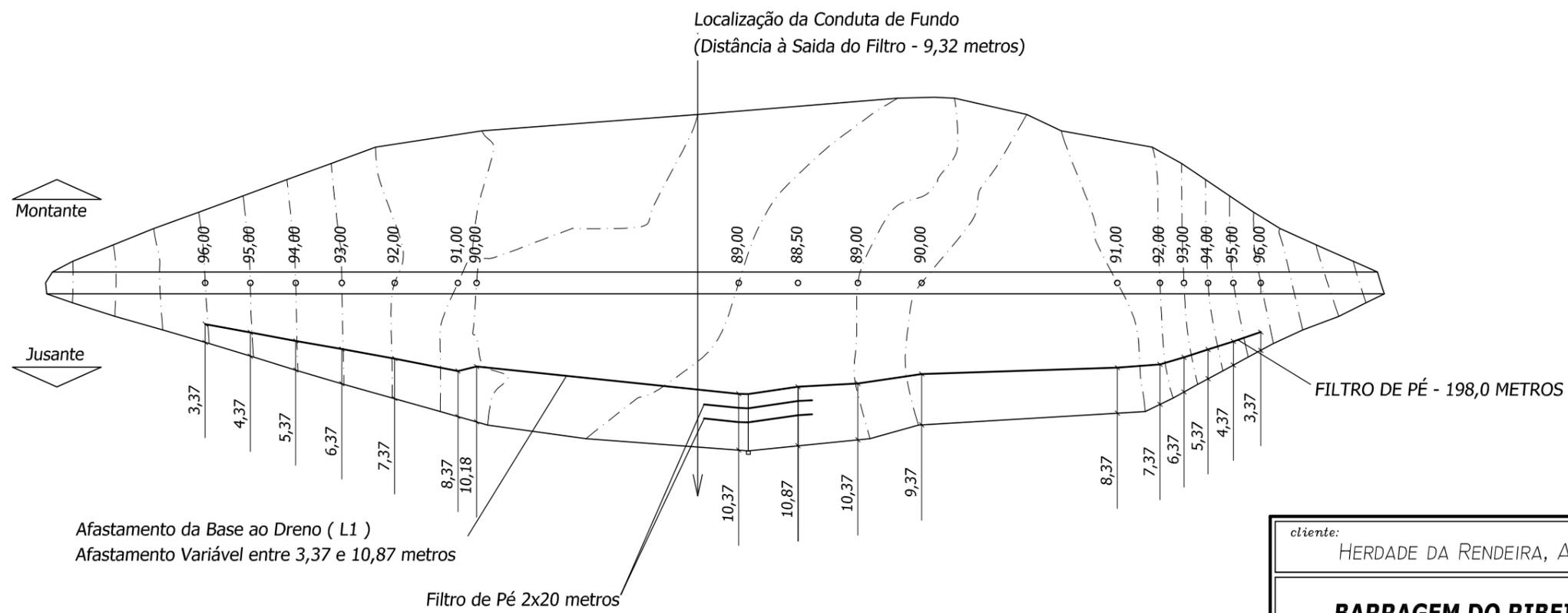
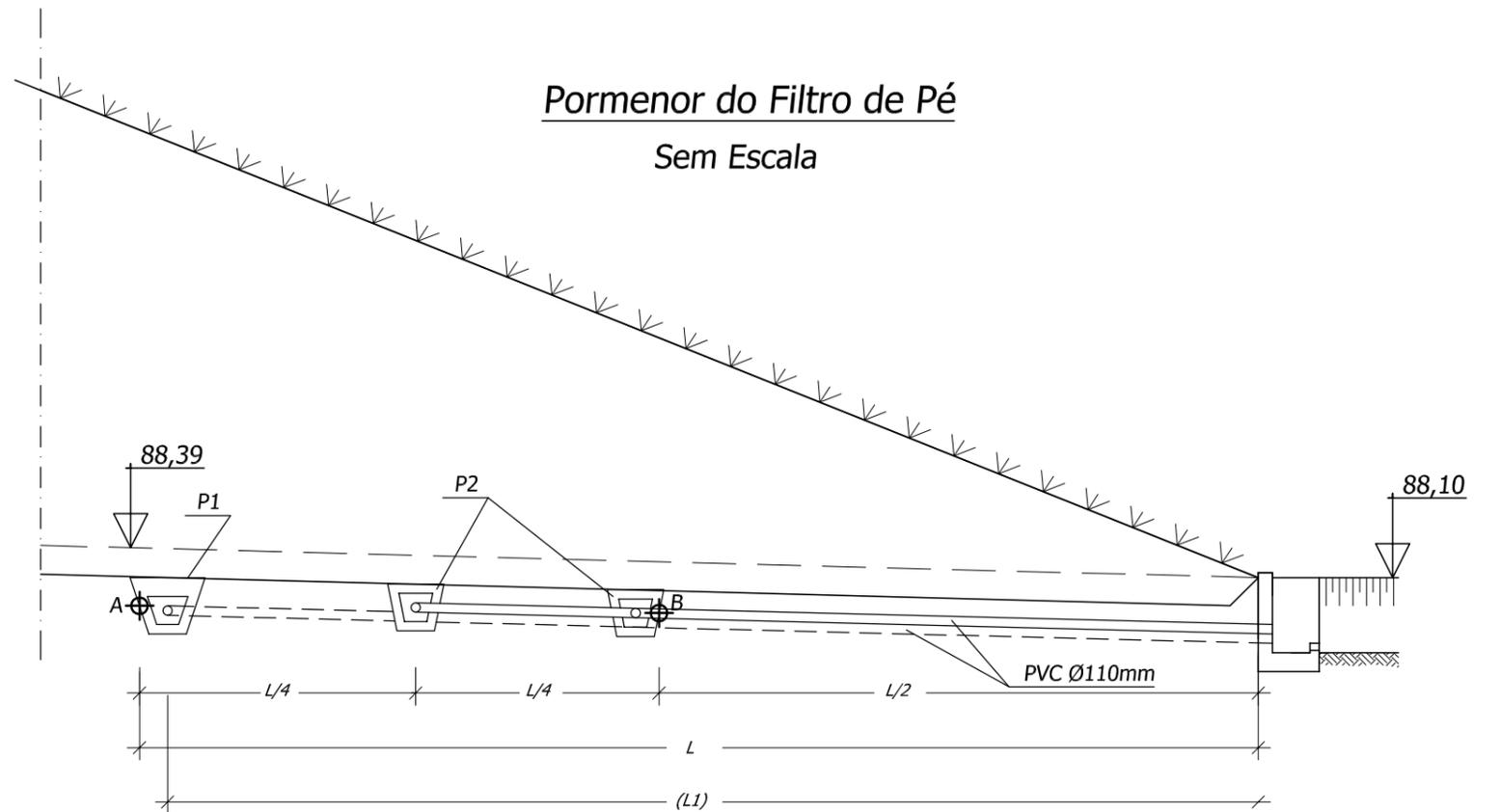
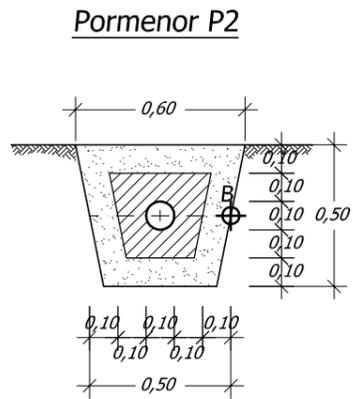
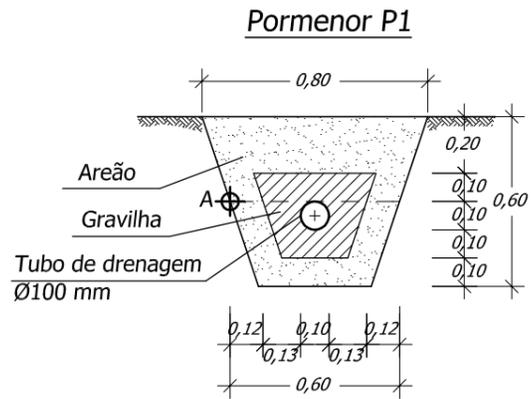
Nota: Patamares horizontais com 0.40m de espessura máxma, compactados com cilindro vibrador.

cliente:	HERDADE DA RENDEIRA, AGROPECUÁRIA S.A.	data:	SET. 14	<b>G.E.S.</b>
<b>BARRAGEM DO RIBEIRO DE LOBO</b>		escala: $v=1/250$ $H=1/1.000$	alterações:	
PERFIL LONGITUDINAL NO EIXO DA BARRAGEM		o técnico responsável:	referência:	<b>2.3</b>
			460/14	

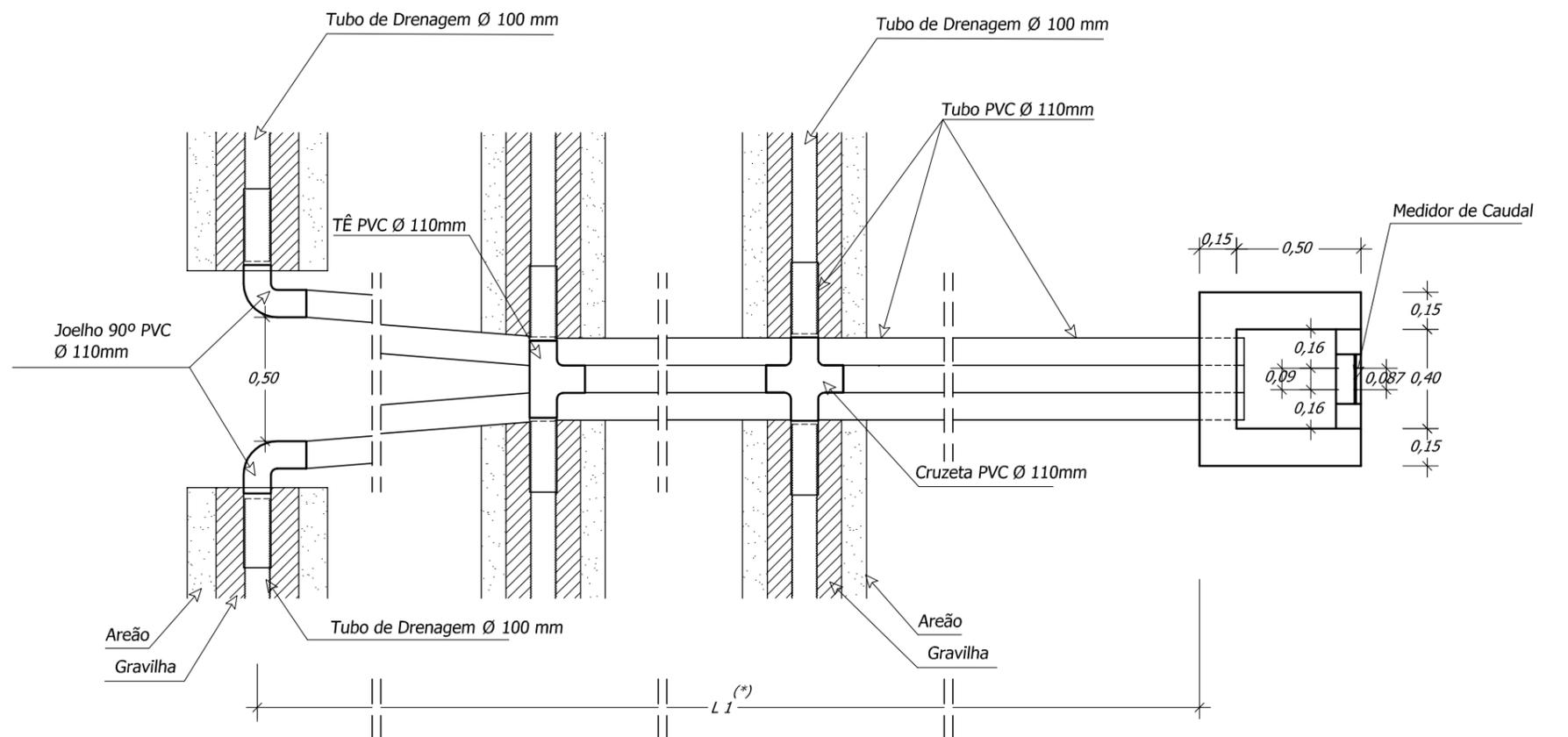


- Factor de ANISOTROPIA = 1
- Factor de ANISOTROPIA = 3
- Factor de ANISOTROPIA = 6
- Factor de ANISOTROPIA = 9

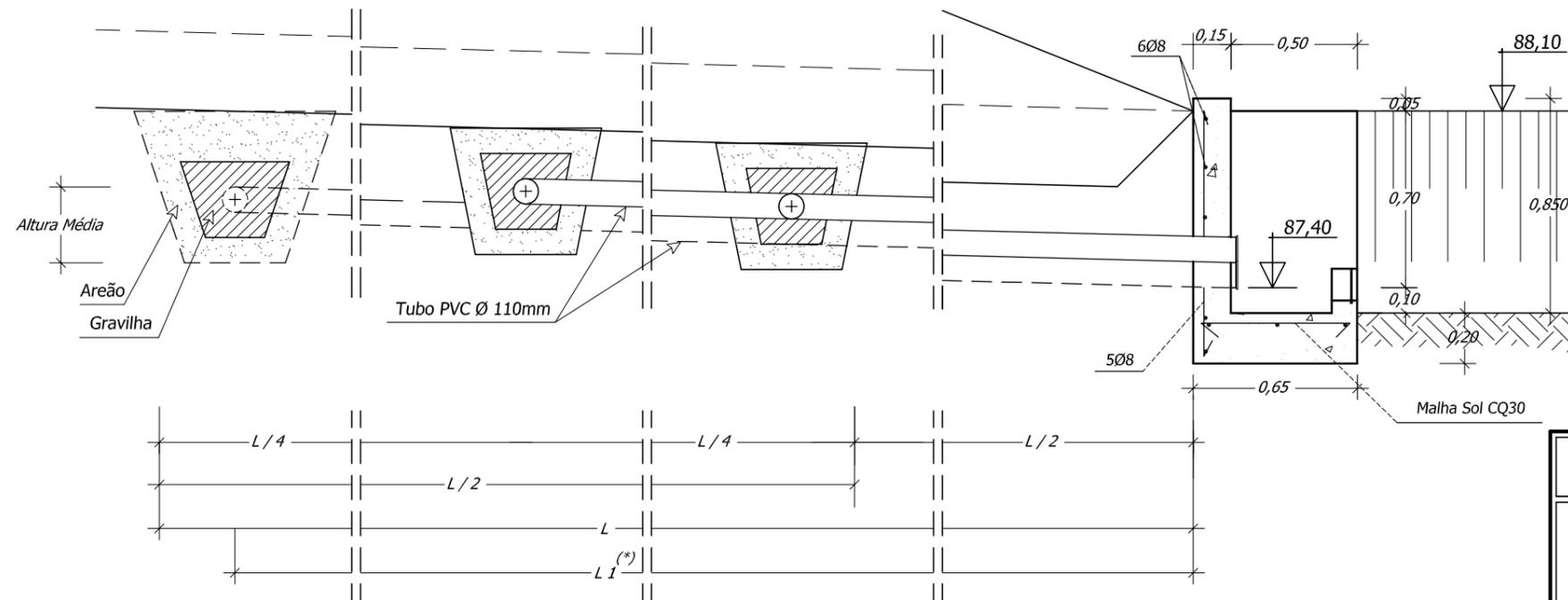
cliente: HERDADE DA RENDEIRA, AGROPECUÁRIA S.A.	data: SET. 14	<b>G.E.S.</b>
<b>BARRAGEM DO RIBEIRO DE LOBO</b>		
PERFIS DE PERCOLAÇÃO - SECÇÕES TRANSVERSAIS		escala: 1/500
o técnico responsável:	referência: 460/14	desenho n°: <b>2.4</b>



cliente: HERDADE DA RENDEIRA, AGROPECUÁRIA S.A.	data: SET. 14	<b>G.E.S.</b>
<b>BARRAGEM DO RIBEIRO DE LOBO</b>	escala: 1/1.000	
FILTRO DE PÉ	alterações:	desenho n°:
o técnico responsável:	referência: 460/14	<b>2.5</b>

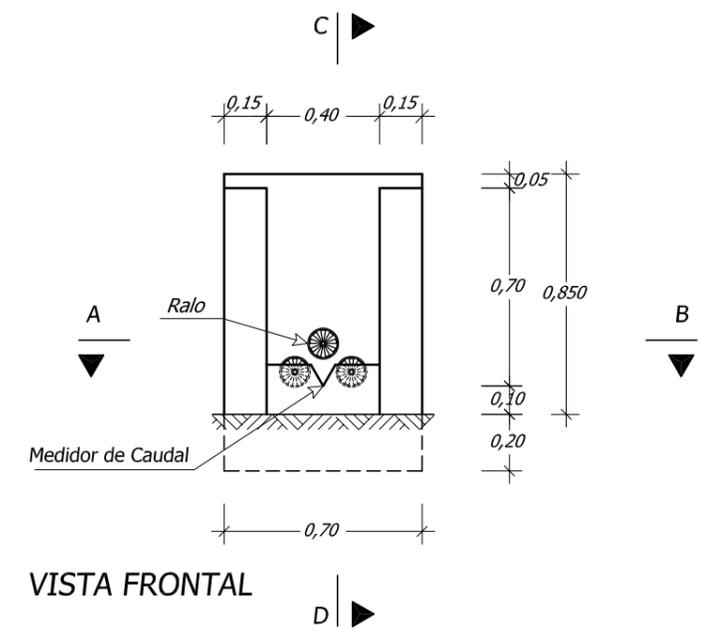


CORTE A - B



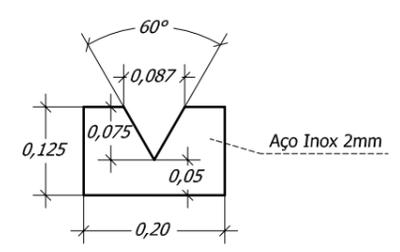
CORTE C - D

(\*) - Ver Desenho 2.5



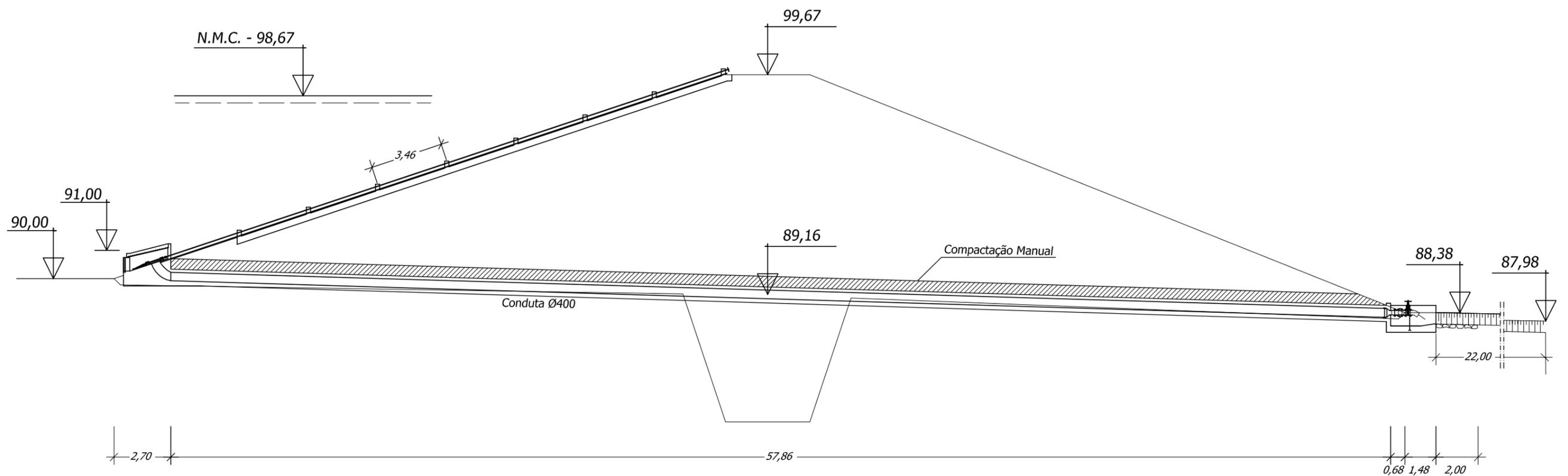
VISTA FRONTAL

Medidor de Caudal  
Esc. 1/10

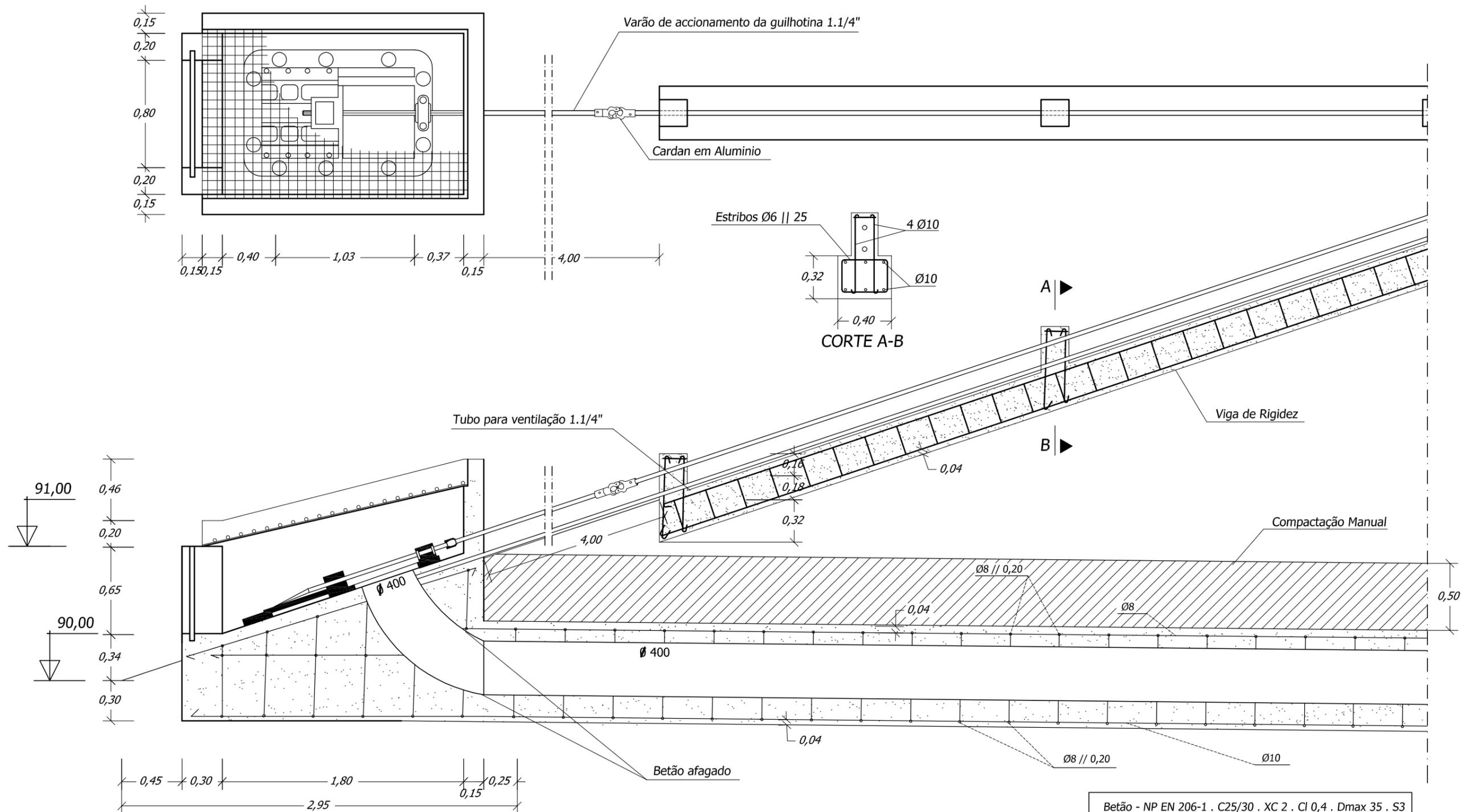


Betão - NP EN 206-1 . C25/30 . XC 2 . Cl 0,4 . Dmax 35 . S3  
Aço - A 400 NR  
Recobrimento - 0,04m

cliente: HERDADE DA RENDEIRA, AGROPECUÁRIA S.A.	data: SET. 14	<b>G.E.S.</b>
<b>BARRAGEM DO RIBEIRO DE LOBO</b>	escala: 1/25	
PORMENORES DO FILTRO DE PÉ	alterações:	desenho n°:
o técnico responsável:	referência: 460/14	<b>2.6</b>



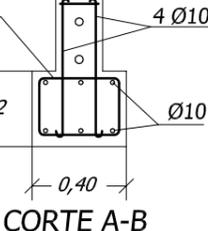
cliente: HERDADE DA RENDEIRA, AGROPECUÁRIA S.A.	data: SET. 14	<b>G.E.S.</b>
<b>BARRAGEM DO RIBEIRO DE LOBO</b>	escala: 1/200	
SECÇÃO NO EIXO DA CONDUTA DE FUNDO	alterações:	desenho n.º:
o técnico responsável:	referência: 460/14	<b>2.7</b>



Varão de accionamento da guilhotina 1.1/4"

Cardan em Alumínio

Estribos Ø6 || 25



CORTE A-B

Tubo para ventilação 1.1/4"

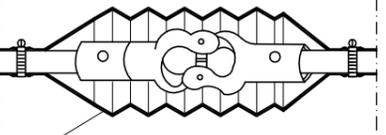
Viga de Rigidez

Compactação Manual

Betão afagado

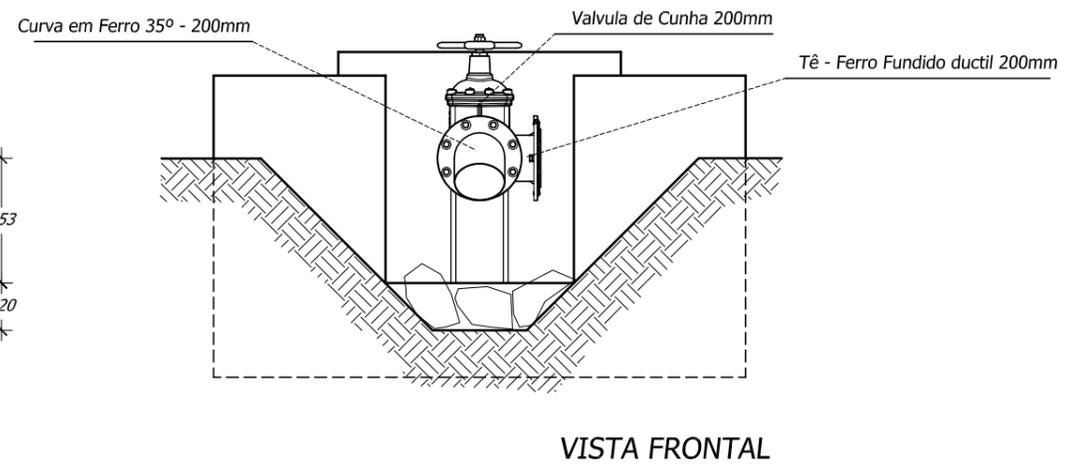
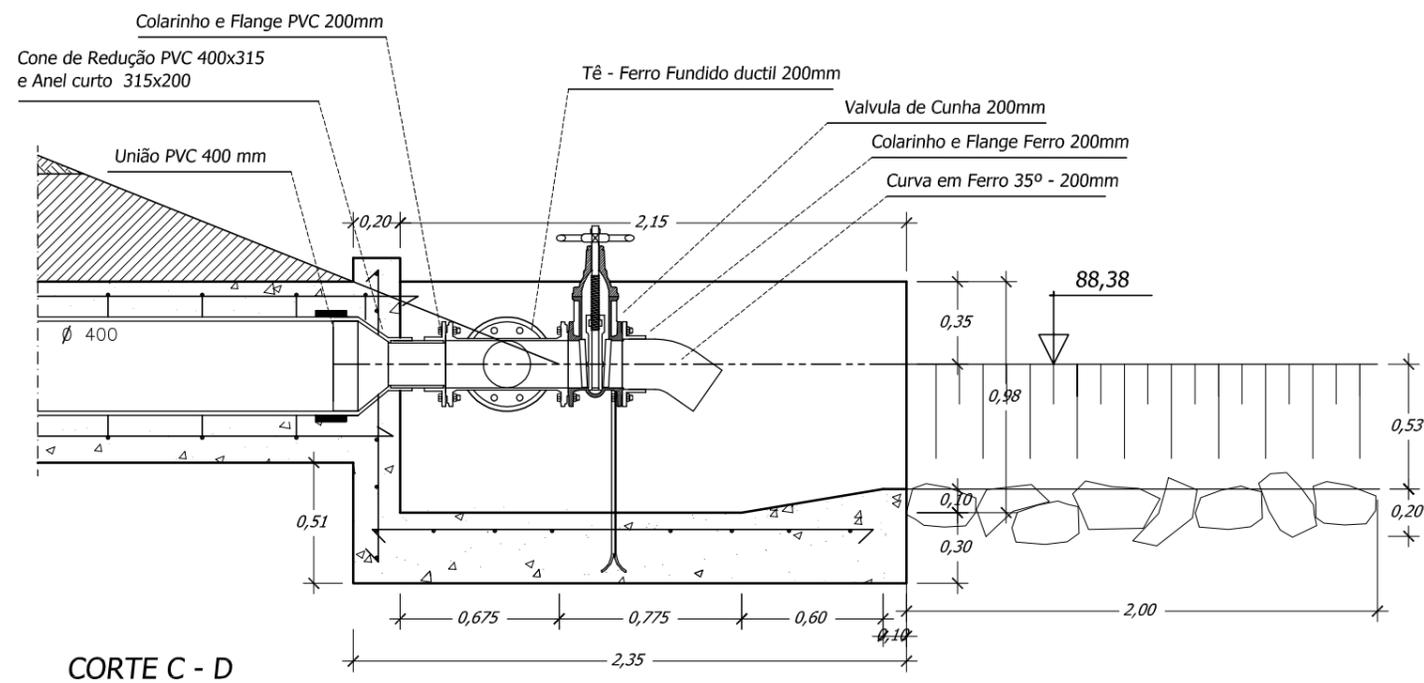
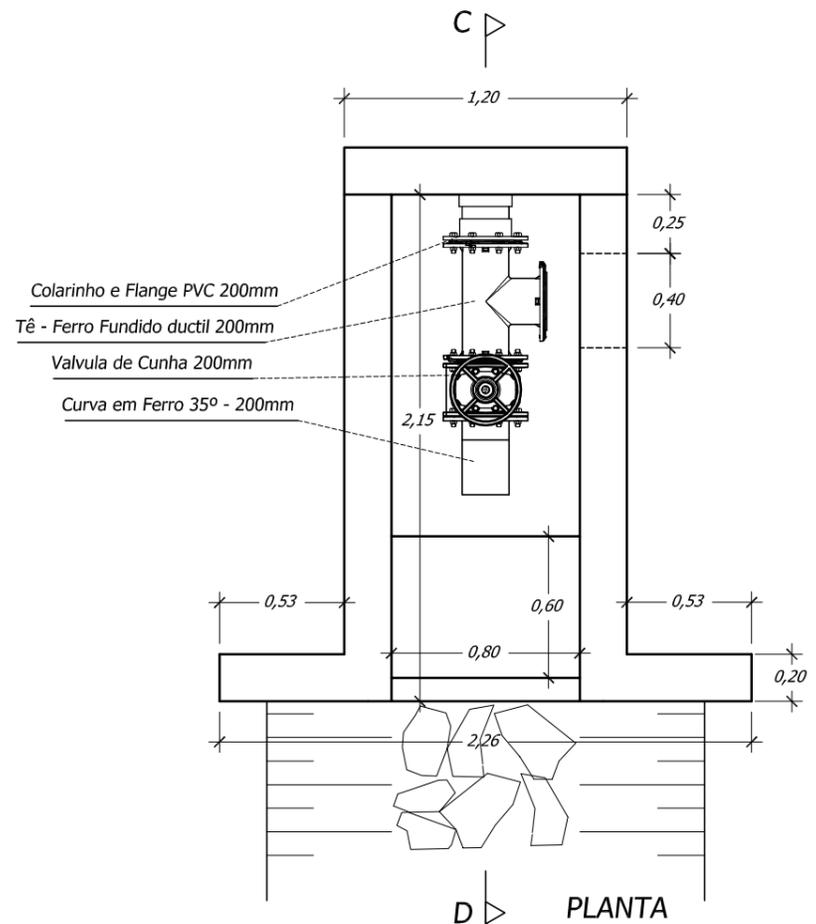
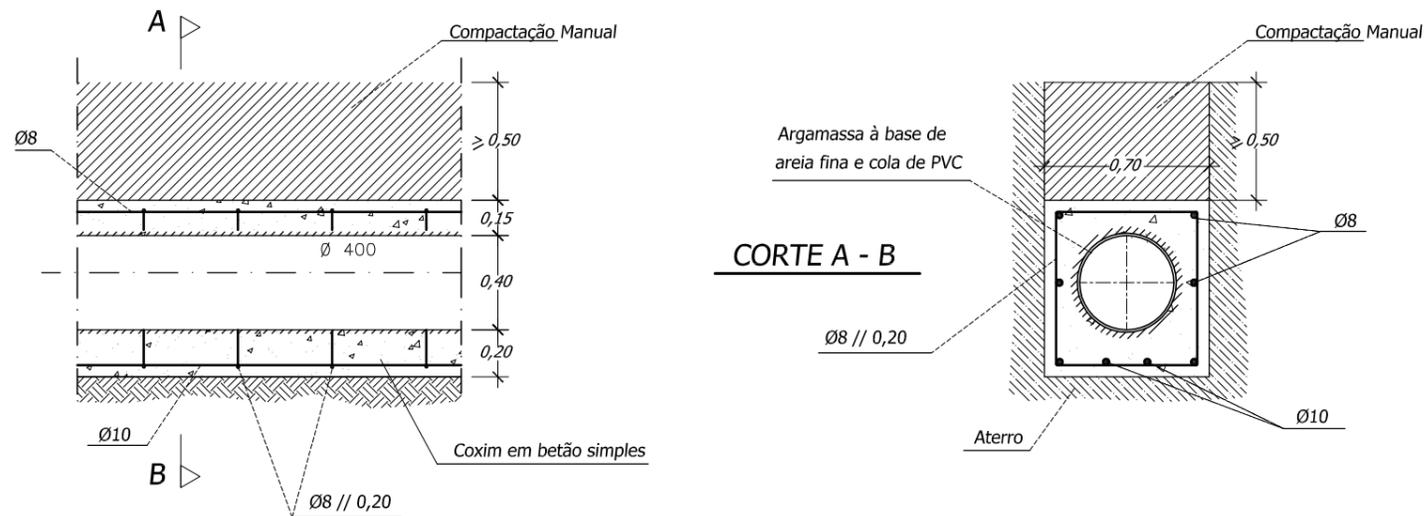
Betão - NP EN 206-1 . C25/30 . XC 2 . Cl 0,4 . Dmax 35 . S3  
 Aço - A 400 NR  
 Recobrimento - 0,04m

PORMENOR DO CARDAN



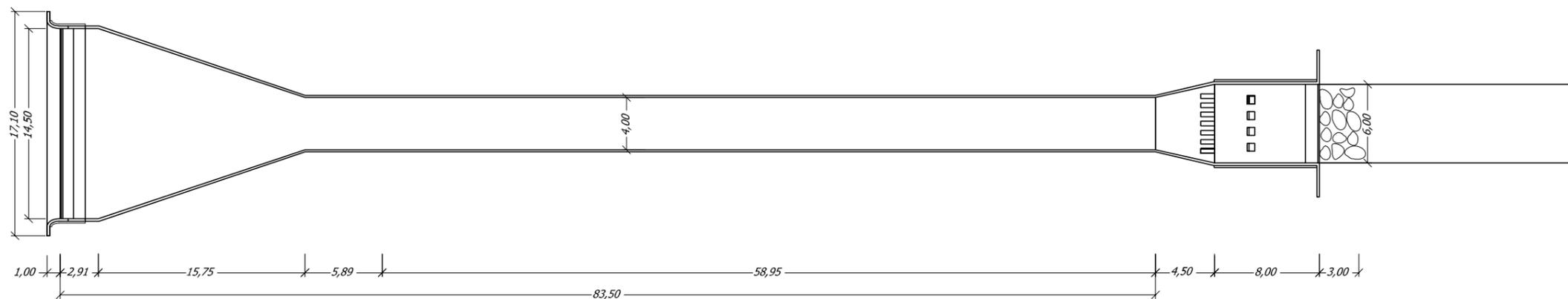
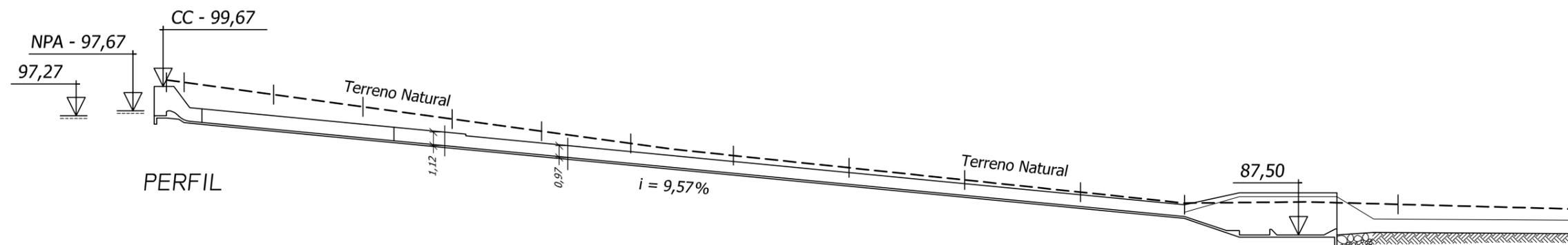
Fole para protecção e Lubrificação

cliente: HERDADE DA RENDEIRA, AGROPECUÁRIA S.A.	data: SET. 14	<b>G.E.S.</b>
<b>BARRAGEM DO RIBEIRO DE LOBO</b>	escala: 1/30	
PORMENORES DA VALVULA DE GUILHOTINA	alterações:	desenho n°:
o técnico responsável:	referência: 460/14	<b>2.8</b>



Betão - NP EN 206-1 . C25/30 . XC 2 . Cl 0,4 . Dmax 35 . S3  
 Aço - A 400 NR  
 Recobrimento - 0,04m

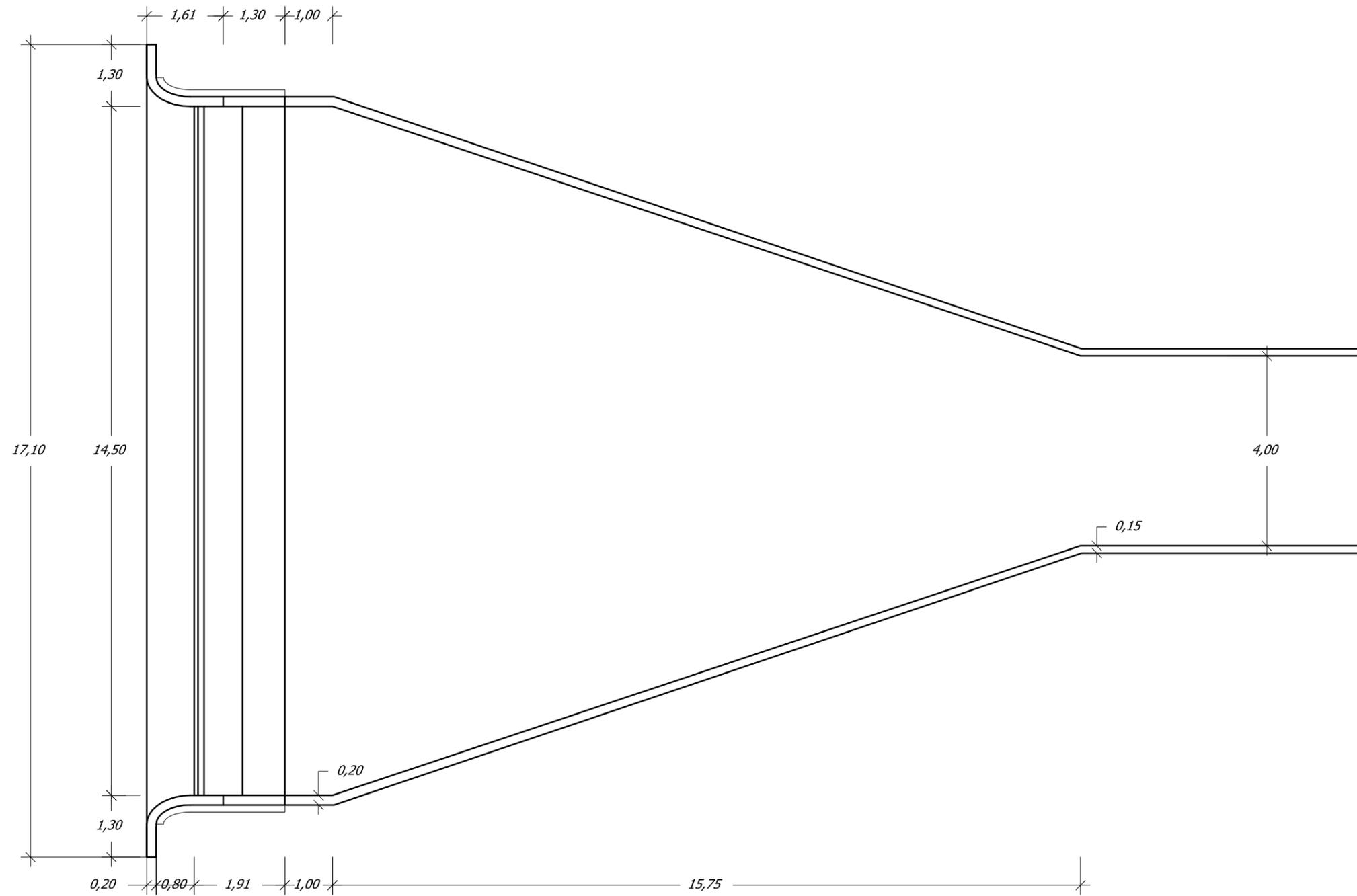
cliente: HERDADE DA RENDEIRA, AGROPECUÁRIA S.A.	data: SET. 14	<b>G.E.S.</b>
<b>BARRAGEM DO RIBEIRO DE LOBO</b>	escala: 1/30	
PORMENOR DA CONDUTA DE FUNDO	alterações:	desenho n.º:
o técnico responsável:	referência: 460/14	<b>2.9</b>



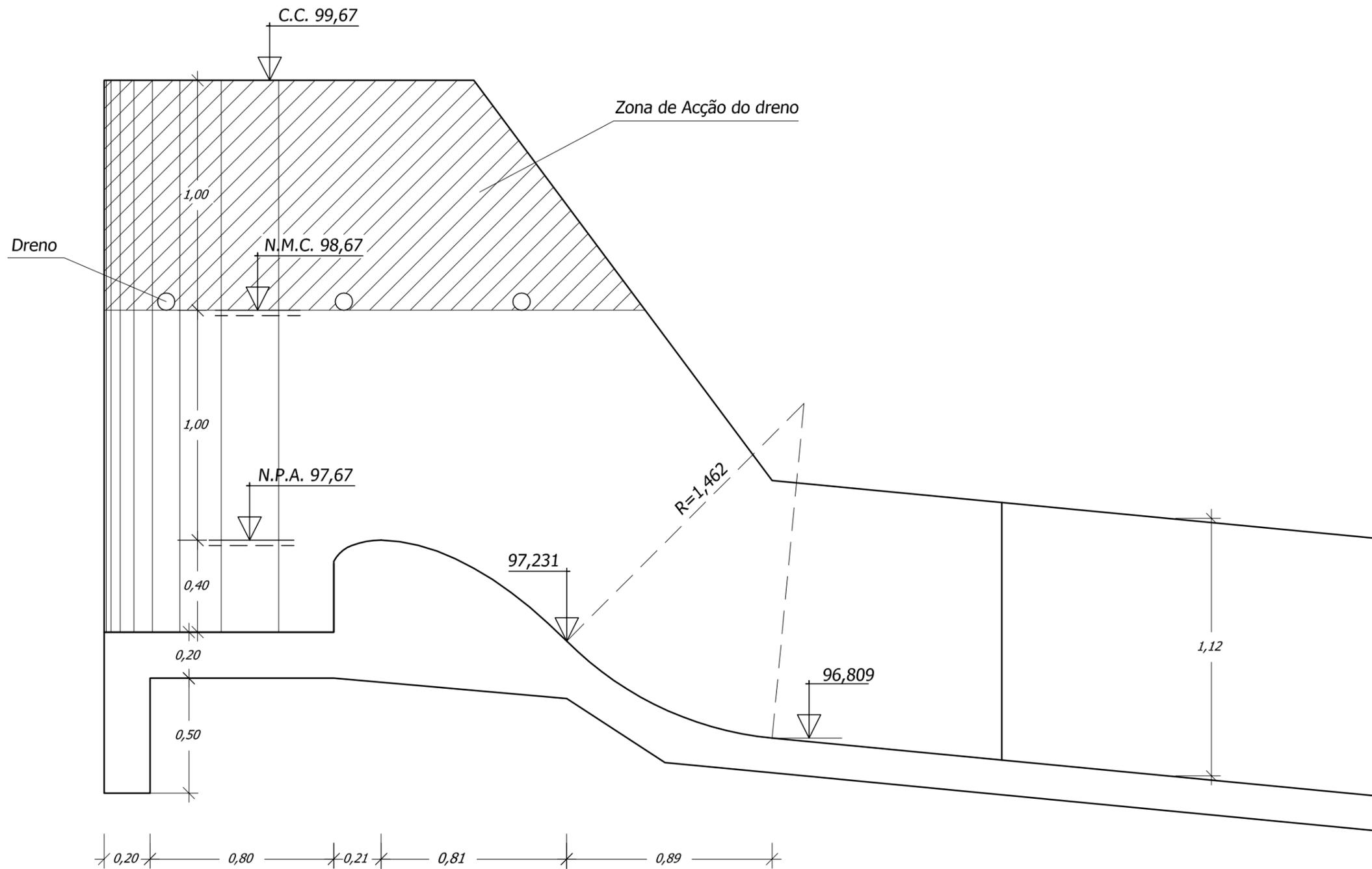
PLANTA

COTA DO TERRENO	100,20	100,00	99,00	98,00	97,00	96,00	95,00	94,00	93,00	92,00	91,00	90,10	90,17	90,00	89,60
COTA DO CANAL	97,67	96,85	96,15	95,45	94,75	94,05	93,35	92,54	91,63	90,73	89,82	89,00	87,50	87,69	87,60
DISTÂNCIA À SOLEIRA	0,00	1,46	8,79	16,11	23,44	30,76	38,09	46,49	55,98	65,47	74,96	83,50	90,30	101,00	115,99
INCLINAÇÃO DO CANAL (%)	9,57														

cliente: HERDADE DA RENDEIRA, AGROPECUÁRIA S.A.	data: SET. 14	<b>G.E.S.</b>
<b>BARRAGEM DO RIBEIRO DE LOBO</b>	escala: 1/400	
DESCARREGADOR DE CHEIAS - PERFIL LONGITUDINAL	alterações:	desenho n°:
o técnico responsável:	referência: 460/14	<b>2.10</b>

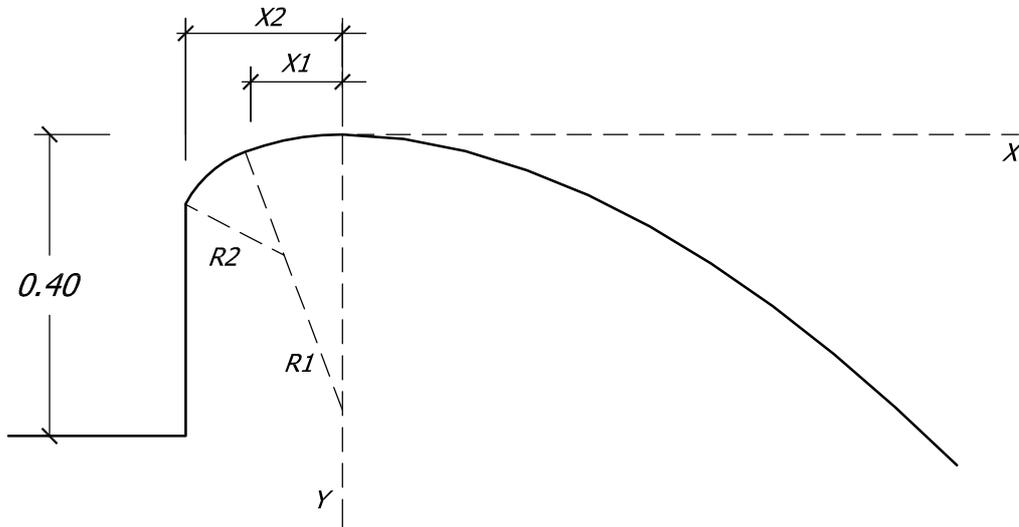


cliente: HERDADE DA RENDEIRA, AGROPECUÁRIA S.A.	data: SET. 14	<b>G.E.S.</b>
<b>BARRAGEM DO RIBEIRO DE LOBO</b>	escala: 1/100	
DESCARREGADOR DE CHEIAS - PLANTA	alterações:	desenho n°:
o técnico responsável:	referência: 460/14	<b>2.11</b>



cliente: HERDADE DA RENDEIRA, AGROPECUÁRIA S.A.	data: SET. 14	<b>G.E.S.</b>
<b>BARRAGEM DO RIBEIRO DE LOBO</b>	escala: 1/20	
DESCARREGADOR DE CHEIAS - PERFIL DA SOLEIRA	alterações:	desenho n°:
o técnico responsável:	referência: 460/14	<b>2.12</b>

## PERFIL DA SOLEIRA



Esc. 1/10

$$Y = \frac{X^n}{K \times Hd^{n-1}}$$

CARGA = 0,914

### PARAMENTO MONTANTE VERTICAL

$N = 1,85$

$K = 2,00$

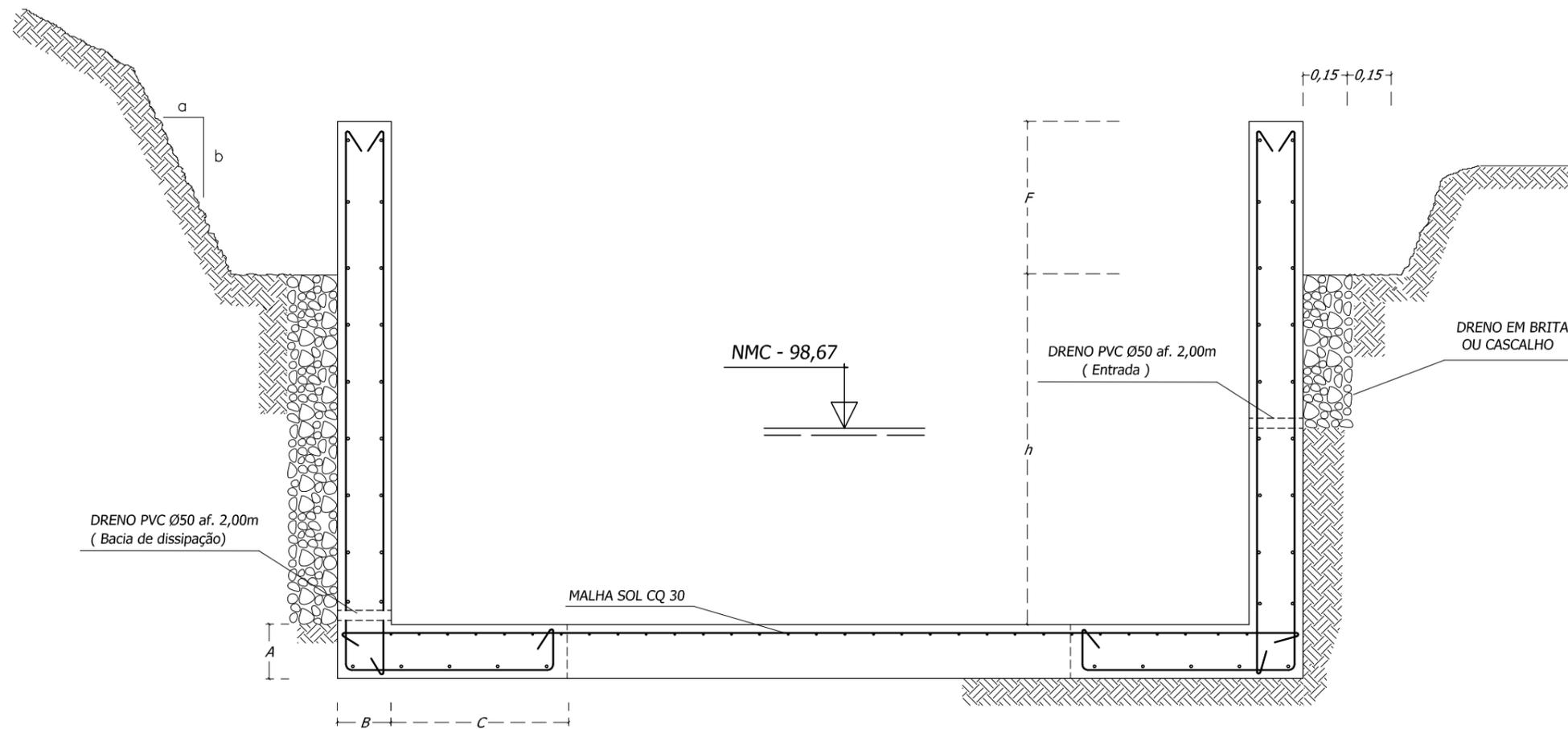
$R1 = 0,50 \quad \times \quad 0,731 = 0,366$

$R2 = 0,20 \quad \times \quad 0,731 = 0,146$

$X1 = 0,175 \quad \times \quad 0,731 = 0,128$

$X2 = 0,282 \quad \times \quad 0,731 = 0,206$

$X (m)$	$Y (m)$
0,00	0,000
0,10	0,009
0,20	0,033
0,30	0,070
0,40	0,120
0,50	0,181
0,60	0,254
0,70	0,337
1,00	0,652
1,20	0,914
1,40	1,216
1,60	1,557

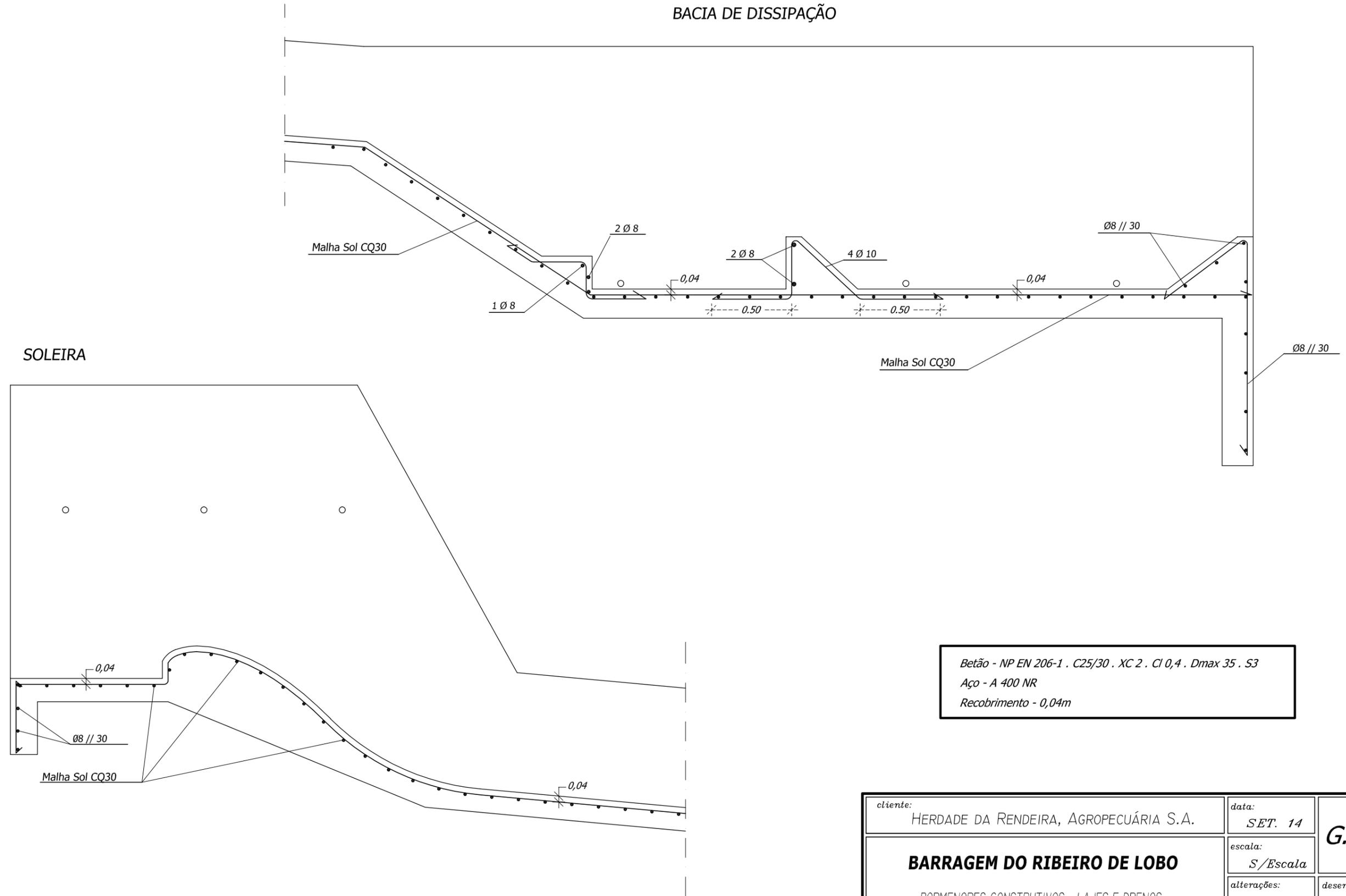


MUIROS DE SUPORTE	DIMENSÕES					INCL. a/b	AÇO		DRENO s/n
	A	B	C	F	h		HORIZONTAL	VERTICAL	
CANAL DE CHEGADA E SOLEIRA	0,20	0,20	1,80	0,00	2,45	1/3	4Ø6/m	Ø10/20cm	SIM
CANAL DE DESCARGA	0,15	0,15	0,90	0,25	0,87	1/3	4Ø6/m	Ø8/20cm	NÃO
BACIA DE DISSIPACÃO	0,20	0,20	2,00	0,80	2,64	1/1,5	4Ø6/m	Ø12/20cm	SIM

Betão - NP EN 206-1 . C25/30 . XC 2 . Cl 0,4 . Dmax 35 . S3  
 Aço - A 400 NR  
 Recobrimento - 0,04m

cliente: HERDADE DA RENDEIRA, AGROPECUÁRIA S.A.	data: SET. 14	<b>G.E.S.</b>
<b>BARRAGEM DO RIBEIRO DE LOBO</b>	escala: S/ escala	
PORMENORES CONSTRUTIVOS - MUROS DE SUPORTE	alterações:	desenho n°:
o técnico responsável:	referência: 460/14	<b>2.14</b>

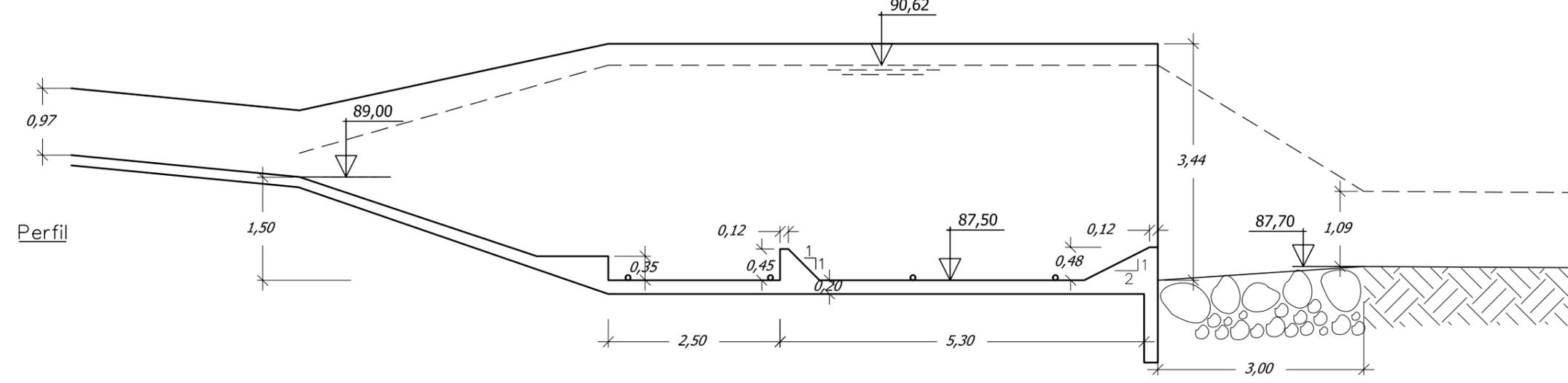
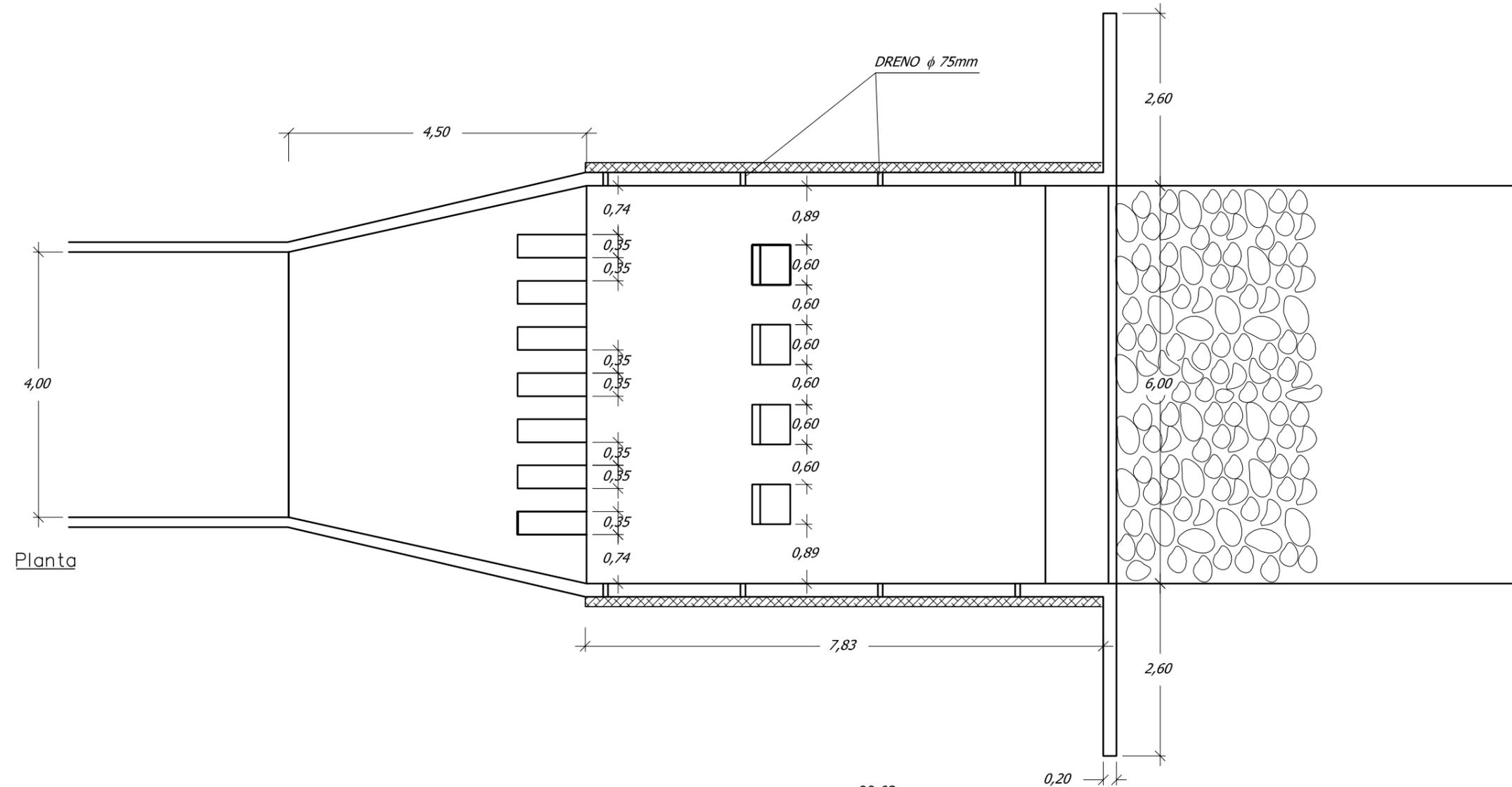
BACIA DE DISSIPACÃO



SOLEIRA

Betão - NP EN 206-1 . C25/30 . XC 2 . Cl 0,4 . Dmax 35 . S3  
 Aço - A 400 NR  
 Recobrimento - 0,04m

cliente: HERDADE DA RENDEIRA, AGROPECUÁRIA S.A.	data: SET. 14	<b>G.E.S.</b>
<b>BARRAGEM DO RIBEIRO DE LOBO</b>	escala: S/Escala	
PORMENORES CONSTRUTIVOS - LAJES E DRENOS	alterações:	desenho n°:
o técnico responsável:	referência: 460/14	<b>2.15</b>



cliente: HERDADE DA RENDEIRA, AGROPECUÁRIA S.A.	data: SET. 14	<b>G.E.S.</b>
<b>BARRAGEM DO RIBEIRO DE LOBO</b>	escala: 1/75	
DESCARREGADOR DE CHEIAS - BACIA DE DISSIPAÇÃO	alterações:	desenho n.º:
o técnico responsável:	referência: 460/14	<b>2.16</b>

# **BARRAGEM DO RIBEIRO DE LOBO**

PROJECTO DE CONSTRUÇÃO

## **3 - PROJECTO TÉCNICO JUSTIFICATIVO**

**proprietário:**

Herdade da Rendeira, Agropecuária S.A.

Aldeia da Venda

7200-020 SANTIAGO MAIOR

**Setembro**

**2014**

### 3 - PROJECTO TÉCNICO JUSTIFICATIVO

#### 3.1) ESCAVAÇÕES E ATERROS

O reconhecimento geológico realizado ao local e apresentado no **Anexo II** permitiu confirmar que estamos na presença de um de maciço essencialmente xistoso com intercalações quartzofílicas, atribuído à formação de Ossa, bastante decomposto na sua parte superficial e com algumas intercalações quartzíticas.

Na sequência deste reconhecimento foram dadas instruções para a limpeza integral de charca existente na margem direita do vale, coincidindo com o alinhamento do eixo proposto para a barragem.

A sua posterior análise permitiu uma melhor visualização do perfil do terreno e identificar a presença de fracturação com água a uma profundidade de cerca de 4 metros, alimentando a referida charca. No seu topo montante existe um poço que atinge a profundidade de 5 metros.

Na sequência destas observações foi estipulada uma profundidade média para a vala corta-águas de 6 metros, tendo-se insistido na manutenção do eixo da barragem sobre esta charca de forma a obrigar ao seu adequado tratamento e poder utilizar a profundidade do seu fixe como referência para as escavações que partem daí para os encontros, reforçando-se a recomendação do acompanhamento destes trabalhos por técnico experiente.

As análises laboratoriais realizadas a duas amostras de solo recolhidas na zona previamente escolhida para mancha de empréstimo permitiram apurar que os mesmos se incluem nas classes SM e SC da classificação unificada e obter alguns parâmetros classificativos para além dos que definem as condições a respeitar na compactação do aterro e, indirectamente, os necessários à verificação da estabilidade dos taludes propostos e no dimensionamento do filtro de pé.

Com base nestes resultados e na observação directa foi definida uma profundidade média de 0,80 metros para a escavação na mancha de empréstimo que, para um coeficiente de empolamento de 10%, deverá abranger uma área de cerca de 69.000 m<sup>2</sup> totalmente no interior da albufeira, que se representa no desenho nº 2.1.

Apresentam-se no Capítulo 2 as recomendações necessárias à boa execução do saneamento, fundações e aterros, pelo sistema de camadas e endentamento nos encontros.

### **3.2) FILTRO DE PÉ**

Prevê-se a instalação de um filtro de pé conforme descrito no Capítulo 2 e representado nos desenhos nº 2.3 a 2.6, consistindo basicamente em tubo de drenagem de 100 mm revestido a gravilha e areia inserido em vala a escavar no terreno natural, ficando localizado sob o aterro jusante a uma distância do seu pé próxima da altura da barragem nessa secção, e desenvolvendo-se até à cota 96,00.

O sistema encontra-se idealizado com separação dos caudais recolhidos por cada uma das margens da barragem descarregando em caixa de recepção dispondo de um descarregador triangular com abertura a 60° permitindo uma leitura do caudal total descarregado.

A forma e as dimensões deste sistema de filtragem foram estabelecidas atendendo a critérios objectivos adaptados à especificidade da obra, que:

- é uma barragem destinada a constituir um armazenamento de água para efeitos de rega, com um regime de exploração anual, implicando a manutenção do seu nível máximo por um reduzido período de tempo;
- sendo muito reduzidos a sua bacia hidrográfica e os caudais pluviais esperados, única fonte de abastecimento da albufeira, é imposto que não sofra de importantes perdas por percolação quer pelo seu corpo quer sob a sua fundação, pois caso contrário não constituiria um investimento economicamente viável;
- encontra-se assim implantada em local que reúne as condições para o efeito, e projectada de forma que adequada execução de uma vala corta-águas total elimine qualquer percolação significativa sob o seu corpo e consequentemente a eventualidade de ocorrência pressões negativas no seu talude jusante;
- destinando-se portanto o filtro projectado quase exclusivamente a recolher caudais percolados pelo aterro, o que fundamenta a exclusão de soluções do tipo tapete drenante tradicional, que se destinam, com o seu dreno de pé de talude de dimensões consideráveis e penetrando em profundidade, a intersectar e recolher os caudais circulando sob a barragem, neste caso praticamente inexistentes, por exigência do cumprimento dos objectivos estabelecidos para a obra;
- justifica-se a adopção de medidas que valorizem o sistema de drenagem em termos da segurança da barragem, possibilitando futuros diagnósticos e a facilitação de eventuais correcções caso por deficiência construtiva venham a ocorrer caudais anormais, designadamente valorizando a possibilidade de separação dos caudais originários de uma ou outra margem por drenos independentes, que soluções do tipo tapete drenante efectivamente não permitem;
- atendendo ao facto de se tratar de obra em que o aterro assenta essencialmente sobre os encontros do vale, dispondo de uma reduzida extensão assentando sobre um estreito vale central onde ocorrem as cargas hidráulicas mais significativas, e de o seu fundo não ser plano em secção transversal, factores que condicionam fortemente o sentido preferencial do escoamento a captar pelo sistema de drenagem, nesta situação tendencialmente paralelo ao eixo da barragem;

- atendendo à real geometria do perfil transversal, caracterizado por grandes dimensões transversais relativamente à altura de água em NPA, essencialmente em resultado do elevado valor do seu bordo livre.

Para a definição dos critérios referidos, considerou-se, no enquadramento da classe de risco prevista para a barragem, que o sistema de drenagem deve ser projectado atendendo ao valor dos caudais percolados e à distância horizontal prevista entre a linha de percolação e o talude jusante, de forma a controlar quer a probabilidade quer a magnitude de eventuais ressurgências neste talude num cenário de albufeira totalmente cheia, bem como o risco de erosão interna na barragem.

Para o efeito, após a implantação preliminar de um dreno transversal, avaliaram-se para todas as secções os valores dos caudais esperados e do afastamento ao talude jusante.

A avaliação referida foi realizada considerando um cenário de solo isotrópico ou com anisotropias caracterizadas por relações entre a permeabilidade horizontal e vertical de 3, 6 e 9, apresentando-se no quadro 3.1 um resumo dos parâmetros de cálculo utilizados e dos resultados finais obtidos, e no desenho 2.4 o traçado das linhas de percolação correspondentes para 6 das secções da barragem.

Quer o desenho das linhas de saturação quer o cálculo dos caudais foram realizados, por exigências de compatibilização com as expressões de cálculo adoptadas, para perfis mais desfavoráveis que os reais, consistindo na adopção de perfis de fundo horizontal à cota do dreno, calculada sobre o terreno real, considerado impermeável.

Para o valor da permeabilidade foi utilizado um valor muito mais elevado que o máximo indicado<sup>11</sup> para o solo mais permeável dos existentes e identificados pelos ensaios laboratoriais (ML e CL), conforme explicitado no quadro seguinte:

Permeabilidade (K)	pés/ano		cm/s	
	médio	máximo	médio	máximo
Classe ML	0,59	0,82	$5,70 \times 10^{-7}$	$7,93 \times 10^{-7}$
Classe CL	0,08	0,11	$7,73 \times 10^{-8}$	$1,06 \times 10^{-7}$
Valor médio	0,34	0,47	$3,24 \times 10^{-7}$	$4,49 \times 10^{-7}$
valor utilizado (classe SM)	7,5		$7,25 \times 10^{-6}$	

Simulando eventual anisotropia dos solos, os caudais foram nestes casos avaliados com base na permeabilidade equivalente obtida a partir das permeabilidades horizontal e vertical pela expressão

$$K_e = (K_v \cdot K_h)^{0,5},$$

considerando  $K_e$  igual ao valor de projecto, portanto sem redução por efeito da compactação que estará na base do aumento da diferença entre as permeabilidades horizontal e vertical, à segurança.

<sup>11</sup> Design of Small Dams; BUREC

O traçado da linha de percolação nestas situações, bem como a obtenção dos parâmetros de cálculo necessários à avaliação do caudal correspondente, foi realizado através do processo<sup>12</sup> consistindo na redução da escala horizontal do perfil pelo factor

$$(K_v / K_h)^{0,5}$$

Neste processo, dada a efectiva existência de dreno, foi considerada à segurança a inexistência de uma faixa a jusante do perfil transversal, cortando graficamente o mesmo desde a extremidade jusante do coroamento até à extremidade montante do dreno (foco da parábola), para adequação ao modelo de cálculo.

Para o traçado da linha de percolação foi utilizado o processo<sup>13</sup> consistindo no desenho de parábola com foco na localização montante do dreno proposto, obedecendo à equação

$$x = (y^2 - S^2) / 2 \cdot S$$

$$\text{com } S = (d^2 + h_t^2)^{0,5} - d$$

A avaliação dos caudais percolados foi realizada com base nas expressões apresentadas pelos autores referidos:

$$q = K \cdot S \quad (\text{em caso de isotropia do solo})$$

$$q = K_e \cdot a \cdot \text{sen}^2 \beta \quad (\text{com anisotropia})$$

Face aos resultados obtidos, designadamente o afastamento mínimo ao talude jusante na situação da anisotropia maior, foi revista a localização inicialmente estabelecida, de forma a corrigir situações pontuais resultantes da real topografia do terreno e normalizar o valor deste parâmetro.

No quadro seguinte resumem-se os resultados finais obtidos, com apresentação quer do mínimo afastamento horizontal entre a linha de percolação e o talude jusante, quer do caudal total percolado pela barragem, somatório do caudal de cada secção pela sua largura de influência.

<i>Kh / Kv</i>		<b>1,0</b>	<b>3,0</b>	<b>6,0</b>	<b>9,0</b>
Caudal dreno esquerdo	l/h	17,54	27,03	28,57	28,19
Caudal dreno direito	l/h	22,46	34,51	36,40	35,87
Caudal total	l/h	39,99	61,54	64,97	64,06
Caudal total anual	m <sup>3</sup> /ano	350,3	539,1	569,1	561,2
Caudal máximo por secção	l/h.m	0,31	0,47	0,50	0,49
Distância mínima ao talude		2,91	2,80	2,64	2,49

Uma vez que os caudais calculados são muito reduzidos, existem condições para tomar como aceitáveis distâncias menores, sobretudo se forem as mesmas relacionadas com a carga hidráulica efectiva em cada secção (valor  $L/h_t$  no quadro 3.1).

<sup>12</sup> Gupta (2008)

<sup>13</sup> Casagrande (1937)

A interpretação destes resultados obtidos permite concluir que:

a) caudais

O valor do caudal anual mesmo no cenário em situação  $K_h/K_v = 9$  é muito reduzido e não compromete a viabilidade ou a segurança da obra.

De facto o valor máximo obtido ( $\approx 570\text{m}^3/\text{ano}$ ) representa apenas 0,07% da capacidade da albufeira, e será muito menor em situação de utilização normal dado o abaixamento do seu nível ao longo do ano.

O valor máximo descarregado avaliado em cerca de  $70 \text{ l/h} \approx 0,02 \text{ l/s}$  corresponderá aproximadamente a cerca de 1,4 cm de altura no descarregador triangular da caixa de restituição<sup>14</sup>, em situação de pleno enchimento.

De notar que adoptando para a permeabilidade o valor máximo proposto para o mais desfavorável dos solos identificados no local, estes valores seriam apenas cerca de 10% dos apresentados.

Para o dimensionamento e verificação da capacidade de captação dos drenos será utilizado o valor da secção mais desfavorável, e para a verificação da sua capacidade de transporte o valor acumulado da margem mais desfavorável.

b) distâncias entre a linha de percolação e o talude jusante

Face aos reduzidos valores obtidos para os caudais, não será preocupante a eventual ocorrência de ressurgências no talude jusante em resultado de eventual deficiência na compactação dos solos.

Constata-se ainda assim que para o perfil e para a anisotropia mais desfavoráveis não há intersecção da linha de percolação com este talude, sendo o valor mínimo desse afastamento de 2,49 metros ou, relativamente à altura  $h_t$ , apenas 33%.

Apesar do reduzido valor do caudal em causa, comprova-se que para anisotropias desta ordem de grandeza existe a possibilidade de que a linha de saturação se afaste para jusante da localização do dreno principal, fazendo reduzir a zona seca para cerca de metade do valor inicialmente previsto em condições de isotropia.

Justifica-se assim, assumindo estes valores para a anisotropia, a adopção de medidas que permitam a captação deste caudal mais a jusante sobretudo na faixa central da barragem.

Pretendendo-se manter a funcionalidade da separação dos caudais captados em cada margem, e após constatação de que persistirá sempre uma zona seca considerável desenvolvendo-se perpendicularmente ao sentido preferencial do escoamento captado, aponta-se como solução a instalação de dois drenos adicionais a jusante do dreno principal, interessando a área identificada como possivelmente húmida nesta situação.

---

<sup>14</sup> fórmula de Gourley e Climp :  $q = 1,32 \text{ tg} (\alpha/2) \cdot h^{2,47}$

Este segundo conjunto de filtros de drenagem é separado do principal e interligado entre si, correspondendo-lhe uma saída única na caixa de restituição, cuja observação permitirá aferir a situação específica da eventual ocorrência de anisotropia no aterro, reforçando a possibilidade de diagnóstico futuro de eventuais ocorrências.

Apesar da necessária distribuição dos caudais percolados pelos vários sistemas de drenagem, adoptam-se para este sistema secundário dimensões ligeiramente inferiores ao anterior, pelo que terá capacidade para absorver por si só a totalidade dos caudais de cada uma das secções envolvidas no pior cenário. A diferença entre as dimensões adoptadas para os dois sistemas deve-se a razões de ordem construtiva relacionadas com a necessidade de os desnivelar nas zonas de cruzamento.

Este segundo sistema de drenagem será restrito à zona central da barragem alcançando as proximidades da cota 88,50 uma vez que não se encontra fundamento para a sua extensão às zonas dos encontros nas quais o afastamento da linha de percolação ao talude é muito maior, sobretudo de relacionado com a carga hidráulica efectiva, onde o valor médio do afastamento é superior a 70% de  $h_t$ .

O sistema secundário de drenagem destina-se assim a controlar os efeitos de eventual anisotropia dos solos na faixa da barragem em que tal cenário poderá ter consequências com mais significado.

De referir que, para além dos factores de segurança já indicados, existe ainda outro associado ao pressuposto inicial de que o solo é impermeável. Na realidade à solução construtiva da vala corta-águas não correspondem trabalhos de impermeabilização da fundação da barragem mais a jusante do seu eixo, por se tornarem desnecessários, assentando assim designadamente a zona do talude jusante em solo tendencialmente seco mas não necessariamente impermeável.

Pode assim prever-se que toda a área de implantação jusante funcione, geral ou localizadamente, como um dreno natural, alimentado apenas superiormente por caudais percolados pelo aterro, não geradores de subpressões no aterro, que como se viu são muito reduzidos, porém com o efeito inevitável e positivo do rebaixamento da linha de saturação.

#### DIMENSIONAMENTO E VERIFICAÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM

O dreno será constituído por tubo corrugado HPDE totalmente perfurado de parede dupla e diâmetro exterior de 100 mm, revestido por uma dupla camada de gravilha de 5 a 10 mm e de areia média lavada e bem graduada (0,2 a 0,6 mm) com espessuras não inferiores ao diâmetro do tubo, com o objectivo de drenar o solo adjacente retendo as suas partículas finas, instalado em vala trapezoidal a abrir no terreno natural, sem utilização de geotextil cuja possibilidade de colmatação a prazo, independentemente do valor dos caudais percolados, é desaconselhada.

Uma vez que se prevê a sua colocação sob a faixa jusante do aterro, deverá o mesmo apresentar classe de resistência SN4 ( $> 4 \text{ KN/m}^2$ ) e ser fornecido em rolos de forma a reduzir o número de uniões a utilizar, dispondo de uma superfície de captação superior a  $30 \text{ cm}^2/\text{m}$ .

A secção composta por gravilha destina-se a evitar entrada de areia para o interior do dreno, cujo diâmetro de perfuração não deverá ultrapassar 1 mm, podendo adoptar-se a forma rectangular caso se opte pela sua colocação por meio de caixões deslizantes.

A secção composta por areia destina-se a evitar o arrastamento das partículas mais finas do solo eliminando riscos de erosão interna no aterro e entrada de material para o dreno.

A largura média do filtro ao nível do eixo do dreno (0,60 m) foi estabelecida à segurança de forma a respeitar o valor de metade da distância focal da parábola correspondente à linha de percolação<sup>15</sup> em situação de isotropia dos solos ficando o filtro com as dimensões apresentadas no desenho nº 2.6, e portanto com uma profundidade mínima de 0,60 m.

A sua capacidade de vazão foi verificada para esta largura média através da lei de Darcy e para a menor permeabilidade presente (areia), tendo-se considerado  $k=0,01$  cm/s e uma carga hidráulica igual à espessura da camada ( $h=L$ ), obtendo-se:

$$q = k \cdot A = 0,01 \times 100 \times 60 = 60 \text{ cm}^3/\text{s.m} = 216 \text{ l/h.m}$$

valor este bastante superior ao caudal máximo calculado para a secção e anisotropia mais desfavorável cujo valor foi de 0,50 l/h.m, correspondendo-lhe assim um factor de segurança superior a 400.

A inclinação mínima do dreno mais desfavorável é de 0,01 m/m (margem esquerda) tendo de transportar, considerando a barragem cheia e a anisotropia mais desfavorável, um caudal máximo da ordem dos 28,6 l/h.

A capacidade de transporte do tubo HPDE de 100 mm nestas condições ronda os 22 m<sup>3</sup>/h, sendo assim cerca de 750 vezes superior ao máximo necessário.

---

<sup>15</sup> Casagrande (1937)

### 3.3) CONDUITA DE FUNDO

O diâmetro adoptado para a conduta de fundo foi estabelecido atendendo à sua dupla função de condução de caudais para rega e para permitir o esvaziamento da albufeira em caso de necessidade em tempo razoável, tendo-se considerado uma velocidade máxima de 4 m/s para o caudal de exploração.

Considerando uma área máxima a regar de 124,9 ha e um caudal instantâneo de 1,30 l/s.ha, verifica-se que o critério da velocidade máxima é cumprido com uma conduta em PVC de 6 kg/cm<sup>2</sup> cujo diâmetro interno seja superior a 227,40 mm.

O tempo total de esvaziamento é função do desenho de pormenor da conduta, suas válvulas e acessórios, e das correspondentes perdas localizadas. No quadro seguinte apresentam-se os tempos de esvaziamento em dias para vários diâmetros da conduta e da válvula de seccionamento final, considerando sempre uma válvula de guilhotina a montante de diâmetro equivalente ao da conduta:

Tempo para esvaziamento da conduta de fundo (dias)

Conduta \ válvula jusante	150	200	250
250	54,3	39,1	33,7
315	48,0	30,2	23,1
400	45,7	26,6	18,4

Face a estes resultados adopta-se uma conduta de PVC de 400 mm 6 kg/cm<sup>2</sup>, com diâmetro interno de 376,7 mm, e uma válvula a jusante de 200 mm, fazendo-se baixar a velocidade máxima do escoamento na conduta durante a exploração (584,5 m<sup>3</sup>/h) para cerca de 1,46 m/s.

De forma a verificar que toda a capacidade útil da albufeira possa ser aproveitada para efeitos de rega, calculou-se o caudal correspondente ao gradiente hidráulico mínimo (2,62 m) tendo-se obtido o valor de 719,5 m<sup>3</sup>/h, valor que portanto satisfaz os critérios estabelecidos.

Conforme os cálculos apresentados, o tempo de esvaziamento total da albufeira com as suas válvulas totalmente abertas será portanto de cerca de 26,6 dias, o que corresponde a uma velocidade de rebaixamento variável entre 77,5 e 13,6 cm/dia, com uma média de cerca de 25,1 cm/dia, o que corresponde a um esvaziamento brusco<sup>16</sup>.

As implicações desta opção em termos da segurança da barragem foram verificadas designadamente através do cálculo da curva de vazão da descarga de fundo e da verificação da estabilidade dos taludes, que se apresentam de seguida, sendo apresentadas recomendações operacionais para a mesma.

O processo de cálculo utilizado para o cálculo da curva de vazão da descarga de fundo considera que o caudal escoado pela mesma é função da energia potencial disponível (altura de água sobre a secção de saída) e das diversas perdas de carga contínuas e localizadas ao longo da conduta, sendo:

---

<sup>16</sup> nos termos do antigo RPBT, definindo como bruscos esvaziamentos mais rápidos que 15 cm/dia

a) Perdas Contínuas:

Tratando-se de uma tubagem em PVC a perda contínua será dada pela expressão :

$$p_c = ( Q / 54 \times \phi^{2.69} )^{(1 / 0.56)}$$

sendo:  $p_c$  = perda contínua (m/m);  $Q$  = caudal escoado ( $m^3/s$ ) e  $\phi$  o diâmetro interno da conduta em metros.

b) Perdas localizadas:

As diversas perdas localizadas traduzem-se pela expressão geral :

$$\Delta H = K * U^2 / ( 2 * g )$$

com valores de  $K$  em função do tipo de situação existente e das velocidades do escoamento a montante e a jusante do mesmo.

Interessando, para maior facilidade de cálculo, referir todas estas perdas à velocidade na conduta, teremos<sup>17</sup>:

	$k'$	$\phi_{ref}$	$s_1/s_2$	$k$
b1 - Entrada	0,50	400	0,79	0,39
b2 - Redução cónica	0,01	400	0,79	0,01
b3 - Curva de Entrada	0,20	376,7	1,00	0,20
b4 - Cone	0,01	200	12,59	0,13
b5 - Válvula	0,07	200	12,59	0,88
b6 - Saída Final	1,00	200	12,59	12,59
				14,19

No quadro nº 3.2, em anexo, indicam-se os caudais a que, para determinada energia disponível, correspondem perdas totais de valor idêntico ao da carga existente e, considerando os volumes médios armazenados correspondentes a cada altura de água na albufeira, os tempos necessários para o seu esvaziamento.

Verificam-se assim, considerando a abertura total da válvula de controle, as seguintes condições de descarga:

- tempo necessário para o esvaziamento total da albufeira	<u>646,0</u>	horas
- abaixamento médio diário	24,8	cm

Conforme referido em 3.2, o dimensionamento da caixa de restituição a jusante destina-se a promover de forma simples uma razoável dissipação de energia mesmo no cenário não recomendado de abertura total da válvula com a albufeira em NPA, sem criar impedimentos a uma eventual necessidade de remoção das peças ali instaladas, para efeitos de vistoria à conduta, manutenção ou reparação.

<sup>17</sup> Nota - " $\phi_{ref}$ " sendo o diâmetro a que corresponde o coeficiente " $k'$ "; " $s_1/s_2$ " a relação entre as secções da conduta (376,7 mm) e de referência; e " $k$ " o coeficiente final correspondente à velocidade uniformizada na conduta.

As dimensões da caixa de descarga e da vala de restituição foram estabelecidas com o objectivo de que, mesmo para caudal máximo (1.346,9 m<sup>3</sup>/h), a válvula de seccionamento não sofresse de afogamento, tendo-se calculado uma altura do escoamento<sup>18</sup> sobre a soleira na face jusante da caixa de cerca de 0,33 m para a largura estabelecida (0,80 m), e verificadas as condições de escoamento na vala de restituição definindo a sua extensão e inclinação de forma a respeitar este nível do escoamento<sup>19</sup>, definindo-se um comprimento da ordem dos 22 metros até à ligação da linha de água a jusante sensivelmente à cota 87,78, ou a cota inferior, com uma inclinação mínima de 0,34 % ao longo do seu percurso.

O seu troço inicial com uma extensão de 2 m será revestido a enrocamento idêntico ao proposto para o talude montante da barragem.

Nota:

As válvulas de seccionamento da conduta de fundo foram seleccionadas atendendo ainda a que esta conduta não terá funções de descarga de caudais de cheia, uma vez que o máximo caudal que pode descarregar é inferior a 1,5% do caudal de cheias descarregado, não se justificando assim a instalação de dispositivos permitindo a sua manobra à distância com energia de duas origens distintas como os referidos no n.º 4 do art.º 15º do R.S.B.

---

<sup>18</sup> descarregador rectangular, fórmula de Rehbock, Manual de Hidráulica Geral, A. Lencastre

<sup>19</sup> fórmula de Manning-Strickler, com  $K_s = 50 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$

### 3.4) PROTECÇÃO DOS TALUDES

Propõe-se o recobrimento do talude montante com enrocamento sem filtro e o revestimento do talude jusante com uma cobertura vegetal conforme descrito, para contrariar o efeito erosivo dos escoamentos pluviais e os efeitos da acção das ondas e do eventual esvaziamento brusco da albufeira.

De acordo com os dados da Estação Climatológica de Évora, no período de 1951/80<sup>20</sup>, os ventos dominantes na região são de NW, apresentando este rumo uma frequência de 27,9% e uma velocidade máxima, em termos de médias mensais, de 19,2 km/h (Abril), com média anual de 18,4 km/h.

Os ventos de maior intensidade, em termos médios, (18,3 km/h - Fevereiro) ocorrem essencialmente na direcção W, portanto sensivelmente paralelos ao corpo da barragem, correspondendo-lhes um fetch inferior a 0,25 km, bastante inferior ao fetch máximo de cerca de 1,2 km no sentido N-S que a albufeira apresenta em situação de pleno enchimento.

Para ventos de 80 km/h e 120 km/h a altura máxima prevista para a ondulação<sup>21</sup> na albufeira é de respectivamente 0,61 m e 0,68 m,

Nestas condições, a dimensão recomendada<sup>22</sup> para o enrocamento (ondas até 1,00m de altura) será definida por:

$$\begin{aligned}D_{50} &= 0,37 \text{ m} \\D_{100} &= 0,55 \text{ m} \\D_{\text{mín}} &= 0,25 \text{ m}\end{aligned}$$

A espessura mínima da camada (0,60 m) foi estabelecida para que não seja inferior nem a  $D_{100}$  nem a  $1,5 \times D_{50}$ .

Dada a grande dimensão destas pedras, e no sentido de justificar a dispensa de um filtro entre o enrocamento e o aterro, recomenda-se a colocação de pedras de menores dimensões preenchendo os espaços maiores de forma a reduzir o contacto directo da ondulação com o aterro.

Esta dispensa baseia-se ainda na suavidade do talude em causa face à altura da barragem e à facilidade de acesso para eventual reparação na eventualidade da ocorrência de ventos anormais.

---

<sup>20</sup> O CLIMA DE PORTUGAL, Fascículo XLIX, Normais Climatológicas da região “Alentejo e Algarve”

<sup>21</sup> DESIGN OF SMALL DAMS, United States Department of the Interior Bureau of Reclamation,

<sup>22</sup> Fell, Magregor, Stapledon - Geotechnical Engineering of Embankment Dams, 1992

### 3.5) DESCARREGADOR DE CHEIAS

O descarregador de cheias projectado é do tipo frontal com soleira tipo Creager com uma largura de 14,50 m descarregando para um canal rectangular em betão e dispondo de uma bacia de dissipação, conforme se representa nos desenhos nº 2.10 a 2.16.

O cálculo da sua capacidade de vazão, para obtenção do valor da carga correspondente à máxima cheia apresenta-se no Anexo I, tendo-se obtido os valores para a carga e caudal amortecido  $H = 0,914$  m e  $Q_a = 25,809$  m<sup>3</sup>/s considerando o amortecimento de cheias para a precipitação mais desfavorável correspondente a um período de retorno de 1.000 anos.

Nestas condições a folga mínima acima do NMC terá o valor de 1 metro, aumentando para cerca de 1,20 m caso se considere um período de retorno de 100 anos.

Foram verificadas as condições de escoamento no canal de descarga de forma a definir a altura dos seus muros de ala, e obtidos os parâmetros necessários ao dimensionamento da bacia de dissipação e vala de restituição.

Para avaliação dos impulsos dos solos sobre os muros de suporte do descarregador de superfície foi aplicada a teoria de Rankine à geometria dos referidos muros utilizando valores das características dos solos considerados seguros:

$$\begin{aligned} \gamma &= 19 \text{ KN/m}^2 \\ \gamma_{\text{sat}} &= 21 \text{ KN/m}^2 \\ \gamma_{\text{água}} &= 10 \text{ KN/m}^2 \\ \phi' &= 20^\circ \end{aligned}$$

Nas condições existentes o coeficiente de impulso activo é dado por :

$$K_a = 1 - \frac{\sin \phi'}{1 + \sin \phi'} = 0,333$$

O impulso dos solos normal à superfície do paramento interior do muro, sendo H a altura do solo acima da laje em metros e  $\delta = \frac{2}{3} \cdot \phi'$ , é dado por:

$$I = \gamma \cdot K_a \cdot \cos \delta \cdot H^2 / 2$$

Foi considerado, à segurança o peso específico saturado dos solos excepto nos extractos localizados acima das descargas dos sistemas posteriores de drenagem, quando aplicados, caso em que se considerou o peso específico seco.

Os valores obtidos para os impulsos, os correspondentes momentos flectores (Msd\*) e áreas de ferro necessárias (A) sintetizam-se no quadro seguinte, para aço A400 e betão B20:

	Ka	I	h	Msd*	d	b	mSd	wS	A
Soleira	0,333	17,84	2,45	21,86	0,17	1	0,756	0,230	3,912
Canal	0,333	2,49	0,87	1,08	0,12	1	0,075	0,064	0,766
Bacia	0,333	19,63	2,64	25,89	0,17	1	0,896	0,275	4,667
<i>unidades</i>		<i>KN/m</i>	<i>m</i>	<i>KN.m/m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>Mpa</i>	<i>%</i>	<i>cm<sup>2</sup>/m</i>

sendo,

I - Impulso dos solos secos ou saturados, quando não drenados

h - altura do terreno acima da laje

Msd\* - Momento Flector, majorado de  $1.50 = I \cdot h / 2$

d, b - espessura útil e largura do muro

$mSd = Msd^* / (b \cdot d^2)$

A - área mínima da armadura principal

O quadro seguinte sintetiza os resultados obtidos no relativo à estabilidade dos muros ao derrubamento, sendo a, b, c, f e h, em metros, as suas medidas e parâmetros, e Md e Me respectivamente os Momentos derrubantes e estabilizantes, e K o coeficiente de segurança obtido.

	b	a	c	f	h	Md	Me	K
Soleira	0,20	0,20	1,80	0	2,45	0,20	33,28	1,83
Canal	0,15	0,15	0,90	0,25	0,87	0,15	6,16	5,63
Bacia	0,20	0,20	2,00	0,80	2,64	0,20	48,21	2,28

As armaduras adoptadas e restantes pormenores estão representadas no desenho nº 2.14.

### 3.6) ESTABILIDADE DOS TALUDES

A Barragem Do Ribeiro Do Lobo terá uma altura máxima de 11,17 metros e uma capacidade de 818.031 m<sup>3</sup>, não lhe correspondendo riscos potenciais significativos a jusante.

Para maior segurança e também por serem pouco fiáveis os resultados esperados de eventuais ensaios de solos destinados a fornecer os parâmetros da resistência dos solos, como o peso específico aparente seco máximo, a resistência ao corte (tensões efectivas) e o ângulo de atrito, optou-se pela obtenção destes valores de bibliografia<sup>23</sup> para as classes em que os ensaios laboratoriais os permitiram enquadrar, com um coeficiente de segurança adicional, tendo a verificação sido realizada para o mais desfavorável dos solos identificados.

Os parâmetros de base a utilizar serão assim:

$$c' = 1,120 \text{ t/m}^2$$

$$\theta = 30,96^\circ$$

$$\rho = 1,840 \text{ t/m}^3$$

Para maior segurança, majorou-se em 10% o valor do peso específico e minorou-se igualmente em 10% o valor da coesão, resultando:

$$c' = 1,008 \text{ t/m}^2$$

$$\rho = 2,024 \text{ t/m}^3$$

A verificação da estabilidade do novo paredão foi realizada com estes parâmetros e admitindo que a mesma está fundada sobre base rígida e impermeável, por recurso aos ábacos de N.Morgenstern e A.W.Bishop, considerando os perfis mais desfavoráveis a montante e a jusante, definidos por:

Cota do coroamento	99,67
Cota do N.P.A	97,67
Cota da base do talude montante	88,95
Cota da base do talude jusante	88,10
Altura do talude montante	10,72 m
Altura do talude jusante	11,57 m
Nível de Submersão	L = 1,00

---

<sup>23</sup> DESIGN OF SMALL DAMS, United States Department of the Interior Bureau of Reclamation, Washington DC.

### 3.6.1) Estabilidade do Talude Montante para Esvaziamento Brusco da Albufeira

$$\frac{c'}{\gamma \cdot H} = \frac{1,008}{2,024 * 10,72} = 0,046$$

Obtendo-se, para  $\beta_m=3,00 : 1$

$$F = 1,496 > 1,20$$

### 3.6.2) Estabilidade do Talude Jusante em Pleno Armazenamento

$$\frac{c'}{\gamma \cdot H} = \frac{1,008}{2,024 * 11,57} = 0,043$$

Considerando  $D = 1,00$  obtém-se:

$$\text{para } \beta_j = 2,50 : 1 \Rightarrow m = 2,210; n = 1,945$$

Considerado que o coeficiente de segurança é dado por  $F = m - \gamma_u * n$ , com  $\gamma_u = 0,20$ , obtém-se:

$$F = 1,821 > 1,50$$

### 3.6.3) Verificação da estabilidade para diferentes classes de solos

Para as classes de solos mais semelhantes, foram obtidos, pelos mesmos critérios, os resultados apresentados no quadro seguinte, verificando-se que são cumpridas as normas de segurança para qualquer deles:

Classe de Solo	Factor de Segurança	
	Montante	Jusante
SM	1,653	2,415
SM-SC	1,637	2,096
SC	1,496	1,821
ML	1,478	1,818
ML-CL	1,572	2,441

São assim respeitados os coeficientes de segurança a montante e a jusante nos perfis mais desfavoráveis e para a generalidade dos tipos de solos habituais.

### 3.7) ÁREA INUNDADA EM CASO DE COLAPSO DA BARRAGEM E PROPOSTA DE CLASSE

Em cumprimento ao disposto no Regulamento de Segurança de Barragens, foi calculada a onda de cheia resultante da eventual rotura da barragem, no cenário mais desfavorável: a barragem totalmente cheia até à cota do seu coroamento, e ocorrendo nesse momento o hidrograma de cheias seguinte:

Tempo (horas)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
0,00	0
3,5	4,9
4,13	32,1
6,04	4,9
16,53	0

Este hidrograma corresponde ao utilizado no dimensionamento do descarregador com um período de retorno de 1.000 anos sem qualquer amortecimento: por razões relacionadas com o bom desempenho da programação utilizada<sup>24</sup> foi ainda necessário atribuir um caudal fictício permanente (turbinado) de 5 m<sup>3</sup>/s.

Assim, cumulativamente à muito reduzida probabilidade de ocorrência das condições iniciais desta avaliação (quer pelo facto de se situar a obra numa zona de baixa sismicidade<sup>25</sup> quer de cumprir o projecto as normas regulamentares), obter-se-ão resultados por excesso, o que deverá ser tomado em linha de conta na avaliação final.

Nesta perspectiva, a morfologia do vale a jusante da barragem foi definida pelo traçado do perfil longitudinal e de 20 secções transversais sobre a carta à escala 1/25.000 dos Serviços Cartográficos do Exército, definindo este vale até uma extensão de 16 km. As características da brecha resultante da rotura e restantes parâmetros utilizados são <sup>26</sup>:

Largura da Base da Brecha	24,56 m
Tempo de Rotura	0,36 horas
Taludes da Brecha	1/1
Cota do ponto mais alto da brecha	245,17
Cota do ponto mais baixo da brecha	234
Volume armazenado no momento inicial	1.326.106 m <sup>3</sup>
Área inundada no momento inicial	333.500 m <sup>2</sup>

<sup>24</sup> - “BOSSDAMBRK 3,5”, comercializado pela Boss International, Madison, USA, baseado em versões optimizadas do programa DAMBRK do National Weather Service, NOAA, Silverspring.

<sup>25</sup> - zona 4 - intensidade máxima 7/10 - escala internacional - Serviço Meteorológico Nacional

<sup>26</sup> - Relatório 67/95 - NHE (LNEC) - “Simulação Computacional do Escoamento em Regime Variável através de Barragens em Rotura”

O quadro seguinte sintetiza os resultados obtidos nas secções utilizadas: altura e cota máximas do escoamento, caudais e velocidades máximas atingidos e seu tempo de ocorrência.

Perfil	Distância (Km)	Caudal Máximo (m <sup>3</sup> /s)	Cota do Nível da Água (m)	Altura Máxima da Água (m)	Tempo de Ocorrência de Q. máx. (h)	Velocidade (m/s)
1	0,00	1248	245,16		0,00	3,96
2	0,39	1248	234,35	4,52	0,36	3,78
3	0,69	1192	232,48	4,28	0,38	3,62
4	1,60	1082	227,38	3,68	0,45	2,63
5	2,00	1028	225,53	4,03	0,49	2,10
6	2,43	998	223,12	3,97	0,52	3,22
7	3,74	928	215,51	3,61	0,61	2,96
8	4,20	903	213,02	3,72	0,67	2,88
9	4,98	851	209,23	4,23	0,73	3,71
10	5,80	833	203,75	3,95	0,76	3,51
11	6,90	782	198,25	4,25	0,87	3,56
12	7,98	738	192,66	3,66	0,94	2,75
13	8,29	728	190,51	4,51	0,98	3,97
14	9,57	683	183,74	4,14	1,09	3,18
15	10,80	635	177,93	4,93	1,16	4,63
16	11,44	627	173,84	4,14	1,23	3,23
17	12,77	592	167,39	4,39	1,32	5,11
18	13,34	582	164,49	4,49	1,38	2,97
19	15,10	517	159,54	2,94	1,52	2,61
20	16,08	502	154,67	3,17	1,64	2,76
				<b>4,93</b>		

No desenho 3.6 representa-se a área inundada pela onda de cheias calculada e no desenho 3.7 apresentam-se os diagramas de alturas e escoamentos correspondentes a algumas destas secções.

A área de inundação estudada, com um total de cerca de 33 ha, é caracterizada por actividade agrícola extensiva, predominantemente sequeiro, com reduzida ocupação humana.

Para além de uma habitação localizada na margem esquerda do Ribeiro de Lobo junto à secção nº 7, prevê-se a eventual afectação apenas da Estrada Municipal nº 546, ligando as povoações Venda e Cabeça do Carneiro, designadamente em três localizações onde se encontram algumas pontes, junto às secções 4, 7 e 9, sendo que a ponte da secção nº 9 cruza uma linha de água afluyente e não o ribeiro referida.

Através de levantamento topográfico específico foram obtidas as dimensões destas infra-estruturas:

	ponte p4	ponte p7	ponte p9
Altura livre ao talvegue (m)	3,60	3,20	1,55
Altura do talvegue ao tabuleiro (m)	4,10	4,50	3,45
Vão livre (m)	10,60	9,10	3,45
Altura máxima do escoamento (m)	3,68	4,23	2,60*

Apesar de se encontrar o tabuleiro das pontes p4 e p7 a cotas superiores às previstas para a onda de cheia, deverá admitir-se a possibilidade do seu galgamento com reduzida altura de água dado o estrangulamento que representam.

A ponte p9 não será em princípio galgada dadas a suas cotas em referência à ribeira, não configurando qualquer obstrução ao escoamento para jusante (\* a altura máxima do escoamento encontra-se referida ao talvegue sob a ponte).

É também de admitir, à segurança, a possibilidade de inundação suave na zona de implantação da habitação junto à secção p7, uma vez que a sua cota de implantação é semelhante à do tabuleiro da ponte p7.

De referir ainda que a máxima altura do escoamento (4,93 m) ocorrerá nas proximidades da secção p15, que foi desenhada no local que apresenta o maior ravinamento da série, traduzindo o que ocorre sensivelmente desde a secção p11 até ao fim da área estudada.

Nestes termos, e atendendo ainda à muito reduzida probabilidade de ocorrência de uma rotura da barragem, as condições iniciais bastante desfavoráveis consideradas no respectivo estudo, propõe-se nos termos do nº 4 do Anexo ao Regulamento de Segurança de Barragens que seja atribuída à obra a classe III referida no (danos potenciais mínimos).

O técnico  
nº 67-A da ex. DGRAH  
Eng. Falcão Estrada  
Setembro 2014

**BARRAGEM DO RIBEIRO DO LOBO**

**QUADRO 3.1A**

		Kv / Kh = 1		Cotas da Secção														
	eixo	jusante	dreno (F)	af. dreno	h <sub>t</sub>	d	S	β	a	k	k <sub>e</sub>	q	esp.	q	q total	L	L/h <sub>t</sub>	
Margem Esquerda	88,50	88,47	88,48	11,17	9,19	35,10	1,18			7,25E-06	7,25E-06	0,31	5,52	1,70	17,54	6,86	0,75	Margem Esquerda
	89,00	88,91	88,94	10,67	8,73	34,08	1,10			7,25E-06	7,25E-06	0,29	11,40	3,27	15,83	6,61	0,76	
	90,00	90,01	90,01	9,67	7,66	31,36	0,92			7,25E-06	7,25E-06	0,24	23,92	5,76	12,56	6,34	0,83	
	91,00	90,88	90,92	8,67	6,75	29,39	0,76			7,25E-06	7,25E-06	0,20	21,98	4,39	6,81	5,79	0,86	
	92,00	91,53	91,69	7,67	5,98	28,07	0,63			7,25E-06	7,25E-06	0,16	6,15	1,01	2,42	4,98	0,83	
	93,00	92,44	92,63	6,67	5,04	25,94	0,49			7,25E-06	7,25E-06	0,13	4,43	0,56	1,41	4,45	0,88	
	94,00	93,42	93,60	5,67	4,07	23,63	0,35			7,25E-06	7,25E-06	0,09	4,55	0,41	0,85	3,95	0,97	
	95,00	94,42	94,60	4,67	3,07	21,23	0,22			7,25E-06	7,25E-06	0,06	4,86	0,28	0,44	3,43	1,11	
	96,00	95,50	95,65	3,67	2,02	18,57	0,11			7,25E-06	7,25E-06	0,03	5,40	0,15	0,15	2,91	1,44	
												0,31	5,76	17,54	2,91	0,75		
Margem Direita	88,50	88,47	88,48	11,17	9,19	35,10	1,18			7,25E-06	7,25E-06	0,31	5,46	1,69	22,46	6,86	0,75	Margem Direita
	89,00	88,16	88,48	11,91	9,19	35,14	1,18			7,25E-06	7,25E-06	0,31	29,62	9,13	20,77	6,83	0,74	
	90,00	90,23	90,15	9,67	7,52	30,69	0,91			7,25E-06	7,25E-06	0,24	25,88	6,14	11,64	6,60	0,88	
	91,00	90,63	90,76	8,67	6,91	30,15	0,78			7,25E-06	7,25E-06	0,20	7,55	1,54	5,50	5,52	0,80	
	92,00	91,95	91,97	7,67	5,70	26,77	0,60			7,25E-06	7,25E-06	0,16	10,70	1,68	3,96	5,45	0,96	
	93,00	93,05	93,03	6,67	4,64	24,07	0,44			7,25E-06	7,25E-06	0,12	9,12	1,06	2,28	5,11	1,10	
	94,00	94,05	94,03	5,67	3,64	21,65	0,30			7,25E-06	7,25E-06	0,08	8,43	0,67	1,23	4,62	1,27	
	95,00	95,07	95,05	4,67	2,62	19,19	0,18			7,25E-06	7,25E-06	0,05	8,35	0,39	0,56	4,09	1,56	
	96,00	96,09	96,06	3,67	1,61	16,74	0,08			7,25E-06	7,25E-06	0,02	8,37	0,17	0,17	3,47	2,15	
												0,31	9,13	22,46	3,47	0,74		

\*  $q = K \cdot S$  ou  $q = K_e \cdot a \cdot \text{sen}^2 \beta$  para  $K_v/K_h = 1$  ou  $K_v/K_h \neq 1$

\*\* valores "a" e "β" referidos à escala reduzida

\*\*\*  $S = (d^2 + h_t^2)^{0,5} - d$

\*\*\*\*  $a = S \cdot (0,5 - \beta/360^\circ) / (1 - \cos\beta)$

**BARRAGEM DO RIBEIRO DO LOBO**  
**QUADRO 3.1B**

		Kv / Kh = 3		Cotas da Secção														
	eixo	jusante	dreno (F)	af. dreno	h <sub>t</sub>	d	S	B	a	k	ke	q	esp.	q	q total	L	L/h <sub>t</sub>	
Margem Esquerda	88,50	88,47	88,48	11,17	9,19	20,27		0,86	3,62	7,25E-06	6,28E-06	0,47	5,52	2,61	27,03	5,84	0,64	Margem Esquerda
	89,00	88,91	88,94	10,67	8,73	19,68		0,85	3,38	7,25E-06	6,28E-06	0,44	11,40	5,02	24,42	5,65	0,65	
	90,00	90,01	90,01	9,67	7,66	18,11		0,86	2,81	7,25E-06	6,28E-06	0,37	23,92	8,84	19,40	5,54	0,72	
	91,00	90,88	90,92	8,67	6,75	16,97		0,85	2,36	7,25E-06	6,28E-06	0,31	21,98	6,77	10,56	5,12	0,76	
	92,00	91,53	91,69	7,67	5,98	16,21		0,83	2,03	7,25E-06	6,28E-06	0,26	6,15	1,57	3,79	4,41	0,74	
	93,00	92,44	92,63	6,67	5,04	14,98		0,82	1,59	7,25E-06	6,28E-06	0,20	4,43	0,88	2,21	4,00	0,79	
	94,00	93,42	93,60	5,67	4,07	13,64		0,81	1,15	7,25E-06	6,28E-06	0,14	4,55	0,65	1,34	3,62	0,89	
	95,00	94,42	94,60	4,67	3,07	12,26		0,80	0,74	7,25E-06	6,28E-06	0,09	4,86	0,44	0,69	3,22	1,05	
	96,00	95,50	95,65	3,67	2,02	10,72		0,80	0,37	7,25E-06	6,28E-06	0,05	5,40	0,25	0,25	2,80	1,39	
													0,47	8,84	27,03	2,80	0,64	
Margem Direita	88,50	88,47	88,48	11,17	9,19	20,27		0,86	3,62	7,25E-06	6,28E-06	0,47	5,46	2,58	34,51	5,84	0,64	Margem Direita
	89,00	88,16	88,48	11,91	9,19	20,29		0,85	3,63	7,25E-06	6,28E-06	0,47	29,62	13,99	31,93	5,80	0,63	
	90,00	90,23	90,15	9,67	7,52	17,72		0,87	2,71	7,25E-06	6,28E-06	0,36	25,88	9,41	17,94	5,80	0,77	
	91,00	90,63	90,76	8,67	6,91	17,41		0,84	2,48	7,25E-06	6,28E-06	0,32	7,55	2,38	8,53	4,83	0,70	
	92,00	91,95	91,97	7,67	5,70	15,46		0,85	1,84	7,25E-06	6,28E-06	0,24	10,70	2,60	6,15	4,90	0,86	
	93,00	93,05	93,03	6,67	4,64	13,89		0,86	1,34	7,25E-06	6,28E-06	0,18	9,12	1,64	3,55	4,70	1,01	
	94,00	94,05	94,03	5,67	3,64	12,50		0,86	0,91	7,25E-06	6,28E-06	0,12	8,43	1,04	1,91	4,33	1,19	
	95,00	95,07	95,05	4,67	2,62	11,08		0,86	0,53	7,25E-06	6,28E-06	0,07	8,35	0,61	0,87	3,92	1,49	
	96,00	96,09	96,06	3,67	1,61	9,67		0,87	0,23	7,25E-06	6,28E-06	0,03	8,37	0,27	0,27	3,39	2,10	
													0,47	13,99	34,51	3,39	0,63	

\*  $q = K \cdot S$  ou  $q = K_e \cdot a \cdot \text{sen}^2 B$  para  $K_v/K_h = 1$  ou  $K_v/K_h \neq 1$

\*\* valores "a" e "B" referidos à escala reduzida

\*\*\*  $S = (d^2 + h_t^2)^{0,5} - d$

\*\*\*\*  $a = S \cdot (0,5 - B/360^\circ) / (1 - \cos B)$

**BARRAGEM DO RIBEIRO DO LOBO**  
**QUADRO 3.1C**

		Kv / Kh = 6		Cotas da Secção														
	eixo	jusante	dreno (F)	af. dreno	h <sub>t</sub>	d	S	B	a	k	ke	q	esp.	q	q total	L	L/h <sub>t</sub>	
Margem Esquerda	88,50	88,47	88,48	11,17	9,19	35,10		1,02	3,85	7,25E-06	5,07E-06	0,50	5,52	2,74	28,57	4,40	0,48	Margem Esquerda
	89,00	88,91	88,94	10,67	8,73	34,08		1,02	3,60	7,25E-06	5,07E-06	0,46	11,40	5,28	25,83	4,31	0,49	
	90,00	90,01	90,01	9,67	7,66	31,36		1,02	3,00	7,25E-06	5,07E-06	0,39	23,92	9,32	20,56	4,40	0,57	
	91,00	90,88	90,92	8,67	6,75	29,39		1,01	2,52	7,25E-06	5,07E-06	0,33	21,98	7,17	11,23	4,15	0,61	
	92,00	91,53	91,69	7,67	5,98	28,07		1,00	2,14	7,25E-06	5,07E-06	0,27	6,15	1,67	4,06	3,59	0,60	
	93,00	92,44	92,63	6,67	5,04	25,94		0,99	1,68	7,25E-06	5,07E-06	0,21	4,43	0,94	2,38	3,37	0,67	
	94,00	93,42	93,60	5,67	4,07	23,63		0,98	1,22	7,25E-06	5,07E-06	0,15	4,55	0,70	1,45	3,15	0,77	
	95,00	94,42	94,60	4,67	3,07	21,23		0,97	0,79	7,25E-06	5,07E-06	0,10	4,86	0,48	0,75	2,91	0,95	
	96,00	95,50	95,65	3,67	2,02	18,57		0,97	0,39	7,25E-06	5,07E-06	0,05	5,40	0,27	0,27	2,64	1,31	
													0,50	9,32	28,57	2,64	0,48	
Margem Direita	88,50	88,47	88,48	11,17	9,19	35,10		1,02	3,85	7,25E-06	5,07E-06	0,50	5,46	2,71	36,40	4,40	0,48	Margem Direita
	89,00	88,16	88,48	11,91	9,19	35,14		1,02	3,85	7,25E-06	5,07E-06	0,50	29,62	14,69	33,69	4,37	0,48	
	90,00	90,23	90,15	9,67	7,52	30,69		1,03	2,92	7,25E-06	5,07E-06	0,38	25,88	9,91	19,00	4,69	0,62	
	91,00	90,63	90,76	8,67	6,91	30,15		1,00	2,62	7,25E-06	5,07E-06	0,33	7,55	2,53	9,10	3,83	0,55	
	92,00	91,95	91,97	7,67	5,70	26,77		1,02	1,98	7,25E-06	5,07E-06	0,26	10,70	2,76	6,57	4,13	0,72	
	93,00	93,05	93,03	6,67	4,64	24,07		1,02	1,45	7,25E-06	5,07E-06	0,19	9,12	1,75	3,81	4,12	0,89	
	94,00	94,05	94,03	5,67	3,64	21,65		1,03	1,00	7,25E-06	5,07E-06	0,13	8,43	1,12	2,06	3,92	1,08	
	95,00	95,07	95,05	4,67	2,62	19,19		1,03	0,59	7,25E-06	5,07E-06	0,08	8,35	0,66	0,94	3,67	1,40	
	96,00	96,09	96,06	3,67	1,61	16,74		1,03	0,26	7,25E-06	5,07E-06	0,03	8,37	0,29	0,29	3,28	2,03	
													0,50	14,69	36,40	3,28	0,48	

\*  $q = K \cdot S$  ou  $q = K_e \cdot a \cdot \text{sen}^2 B$  para  $K_v/K_h = 1$  ou  $K_v/K_h \neq 1$

\*\* valores "a" e "B" referidos à escala reduzida

\*\*\*  $S = (d^2 + h_t^2)^{0,5} - d$

\*\*\*\*  $a = S \cdot (0,5 - B/360^\circ) / (1 - \cos B)$

**BARRAGEM DO RIBEIRO DO LOBO**  
**QUADRO 3.1D**

		Kv / Kh = 9		Cotas da Secção														
	eixo	jusante	dreno (F)	af. dreno	h <sub>t</sub>	d	S	B	a	k	ke	q	esp.	q	q total	L	L/h <sub>t</sub>	
Margem Esquerda	88,50	88,47	88,48	11,17	9,19	35,10		1,11	4,12	7,25E-06	4,35E-06	0,49	5,52	2,69	28,19	3,07	0,33	Margem Esquerda
	89,00	88,91	88,94	10,67	8,73	34,08		1,10	3,85	7,25E-06	4,35E-06	0,45	11,40	5,18	25,50	3,06	0,35	
	90,00	90,01	90,01	9,67	7,66	31,36		1,11	3,23	7,25E-06	4,35E-06	0,38	23,92	9,18	20,32	3,33	0,43	
	91,00	90,88	90,92	8,67	6,75	29,39		1,10	2,72	7,25E-06	4,35E-06	0,32	21,98	7,09	11,14	3,22	0,48	
	92,00	91,53	91,69	7,67	5,98	28,07		1,08	2,30	7,25E-06	4,35E-06	0,27	6,15	1,66	4,05	2,82	0,47	
	93,00	92,44	92,63	6,67	5,04	25,94		1,08	1,80	7,25E-06	4,35E-06	0,21	4,43	0,94	2,39	2,76	0,55	
	94,00	93,42	93,60	5,67	4,07	23,63		1,07	1,31	7,25E-06	4,35E-06	0,15	4,55	0,70	1,45	2,69	0,66	
	95,00	94,42	94,60	4,67	3,07	21,23		1,06	0,85	7,25E-06	4,35E-06	0,10	4,86	0,48	0,75	2,61	0,85	
	96,00	95,50	95,65	3,67	2,02	18,57		1,06	0,43	7,25E-06	4,35E-06	0,05	5,40	0,27	0,27	2,49	1,23	
													0,49	9,18	28,19	2,49	0,33	
Margem Direita	88,50	88,47	88,48	11,17	9,19	35,10		1,11	4,12	7,25E-06	4,35E-06	0,49	5,46	2,66	35,87	3,07	0,33	Margem Direita
	89,00	88,16	88,48	11,91	9,19	35,14		1,10	4,12	7,25E-06	4,35E-06	0,49	29,62	14,42	33,21	3,04	0,33	
	90,00	90,23	90,15	9,67	7,52	30,69		1,12	3,15	7,25E-06	4,35E-06	0,38	25,88	9,75	18,80	3,64	0,48	
	91,00	90,63	90,76	8,67	6,91	30,15		1,09	2,81	7,25E-06	4,35E-06	0,33	7,55	2,50	9,04	2,89	0,42	
	92,00	91,95	91,97	7,67	5,70	26,77		1,10	2,14	7,25E-06	4,35E-06	0,26	10,70	2,74	6,54	3,39	0,59	
	93,00	93,05	93,03	6,67	4,64	24,07		1,11	1,58	7,25E-06	4,35E-06	0,19	9,12	1,74	3,81	3,56	0,77	
	94,00	94,05	94,03	5,67	3,64	21,65		1,11	1,09	7,25E-06	4,35E-06	0,13	8,43	1,12	2,07	3,52	0,97	
	95,00	95,07	95,05	4,67	2,62	19,19		1,11	0,65	7,25E-06	4,35E-06	0,08	8,35	0,66	0,95	3,42	1,30	
	96,00	96,09	96,06	3,67	1,61	16,74		1,12	0,28	7,25E-06	4,35E-06	0,03	8,37	0,29	0,29	3,17	1,96	
													0,49	14,42	35,87	2,89	0,33	

\*  $q = K \cdot S$  ou  $q = K_e \cdot a \cdot \text{sen}^2 B$  para  $Kv/Kh = 1$  ou  $Kv/Kh \neq 1$

\*\* valores "a" e "B" referidos à escala reduzida

\*\*\*  $S = (d^2 + h_t^2)^{0,5} - d$

\*\*\*\*  $a = S \cdot (0,5 - B/360^\circ) / (1 - \cos B)$

## BARRAGEM DO RIBEIRO DO LOBO

### QUADRO Nº 3.2 - CURVA DE VAZÃO NA CONDUTA DE FUNDO

Cota	Área	Cota Média	Volume (m3)	Carga (m)	Caudal (m3/h)	Tempo (horas)	Perda Cont.	Perda Local.	cm/dia
97,67	243.344								
97,50	234.444	97,585	40.612	9,20	1.358,5	29,9	0,901	8,302	13,65
97,00	208.269	97,250	110.678	8,87	1.333,3	83,0	0,871	7,997	14,46
96,50	183.238	96,750	97.877	8,37	1.294,8	75,6	0,827	7,541	15,87
96,00	158.207	96,250	85.361	7,87	1.255,1	68,0	0,782	7,086	17,64
95,50	139.415	95,750	74.406	7,37	1.214,1	61,3	0,737	6,631	19,58
95,00	120.624	95,250	65.010	6,87	1.171,7	55,5	0,692	6,176	21,63
94,50	104.263	94,750	56.222	6,37	1.127,8	49,8	0,646	5,722	24,07
94,00	87.902	94,250	48.041	5,87	1.082,2	44,4	0,600	5,268	27,03
93,50	76.607	93,750	41.127	5,37	1.034,5	39,8	0,554	4,814	30,18
93,00	65.313	93,250	35.480	4,87	984,6	36,0	0,507	4,361	33,30
92,50	52.563	92,750	29.469	4,37	932,1	31,6	0,460	3,908	37,96
92,00	39.813	92,250	23.094	3,87	876,5	26,3	0,412	3,456	45,55
91,50	28.827	91,750	17.160	3,37	817,2	21,0	0,363	3,004	57,15
91,00	17.842	91,250	11.667	2,87	753,4	15,5	0,314	2,554	77,49
<b>Tempo para Esvaziamento Total .....</b>						<b>637,76</b>	<b>horas</b>		

#### Caudal mínimo:

<b>91,00</b>	<b>2,62</b>	<b>719,45</b>	<b>0,29</b>	<b>2,33</b>
--------------	-------------	---------------	-------------	-------------

#### 460/14

Cota do NPA .....	97,67
Cota de Entrada da Caixa de Montante .....	91,00
Cota de Saída da Conduta de Fundo (terreno) .....	88,38
Comprimento da Conduta (PVC) (m) .....	58,50

**k = 14,193**

Diâmetro Exterior Conduta (mm) .....	400
Secção Válvula de Controle (mm) .....	200
Diâmetro da Válvula de Guilhotina (mm) .....	400
Abaixamento diário médio (cm)	25,1

## BARRAGEM DO RIBEIRO DO LOBO

### QUADRO 3.3 - AMORTECIMENTO DE CHEIAS

- HIDROGRAMA DE GIANDOTTI -

Tempo de Ocorrência (horas)	Caudal Afluente (m <sup>3</sup> /seg)	Altura de água (m)	Volume Armazenado (m <sup>3</sup> )	Caudal Descarregado (m <sup>3</sup> /seg)
0,413	0,584	0,002	435,6	0,002
0,826	1,168	0,007	1.732,6	0,018
1,240	1,752	0,016	3.861,7	0,059
1,653	2,336	0,028	6.776,0	0,137
2,066	2,920	0,043	10.414,1	0,260
2,479	3,504	0,060	14.702,8	0,435
2,893	4,088	0,080	19.561,4	0,666
3,306	4,672	0,101	24.905,3	0,954
3,719	14,455	0,151	37.207,9	1,731
4,132	32,121	0,271	67.625,6	4,174
4,546	32,121	0,422	106.475,8	8,087
4,959	32,121	0,546	139.504,3	11,934
5,372	32,121	0,649	167.031,6	15,433
5,785	32,121	0,731	189.664,0	18,479
6,199	32,121	0,798	208.092,1	21,059
6,612	32,121	0,851	222.990,8	23,205
7,025	32,121	0,894	234.972,4	24,967
7,438	26,232	<b>0,914</b>	240.621,1	25,809
7,852	20,343	0,902	237.238,3	25,304
8,265	14,455	0,864	226.619,7	23,736
8,678	8,566	0,805	210.161,6	21,354
9,091	4,867	0,734	190.393,4	18,579
9,505	4,672	0,666	171.674,8	16,046
9,918	4,478	0,608	156.070,0	14,011
10,331	4,283	0,559	142.925,8	12,356
10,744	4,088	0,517	131.741,6	10,993
11,158	3,894	0,481	122.129,8	9,858
11,571	3,699	0,449	113.787,8	8,902
11,984	3,504	0,422	106.476,9	8,087
12,397	3,310	0,397	100.007,5	7,385
12,811	3,115	0,375	94.227,9	6,774
13,224	2,920	0,355	89.015,5	6,236
13,637	2,726	0,336	84.271,0	5,758
14,050	2,531	0,319	79.913,1	5,329
14,464	2,336	0,304	75.874,9	4,940
14,877	2,142	0,289	72.101,4	4,585
15,290	1,947	0,275	68.546,5	4,258
15,703	1,752	0,262	65.171,9	3,954
		0,914		

## BARRAGEM DO RIBEIRO DO LOBO

### QUADRO 3.4 - AMORTECIMENTO DE CHEIAS

- HIDROGRAMA UNITÁRIO -

Tempo de Ocorrência (horas)	Caudal Afluyente (m <sup>3</sup> /seg)	Altura de água (m)	Volume Armazenado (m <sup>3</sup> )	Caudal Descarregado (m <sup>3</sup> /seg)
0,167	0,274	0,000	82,4	0,000
0,334	0,548	0,001	329,2	0,001
0,501	1,645	0,004	986,0	0,008
0,668	2,741	0,009	2.294,5	0,027
0,835	4,295	0,018	4.380,6	0,072
1,002	5,848	0,030	7.362,2	0,156
1,169	8,041	0,047	11.401,7	0,301
1,337	10,234	0,068	16.648,2	0,529
1,504	12,976	0,095	23.208,2	0,867
1,671	15,717	0,127	31.171,9	1,344
1,838	18,824	0,165	40.558,3	1,984
2,005	21,931	0,208	51.371,8	2,812
2,172	25,038	0,257	63.496,2	3,839
2,339	28,145	0,309	76.809,7	5,072
2,506	30,338	0,364	90.921,7	6,484
2,673	32,531	0,420	105.460,4	8,039
2,840	33,993	0,476	120.130,8	9,701
3,007	35,455	0,531	134.661,1	11,430
3,174	36,003	0,584	148.750,4	13,177
3,341	36,552	0,634	162.127,0	14,896
3,508	36,186	0,679	174.546,9	16,541
3,675	35,821	0,721	185.793,2	18,068
3,843	34,724	0,757	195.726,6	19,445
4,010	33,628	0,787	204.226,3	20,643
4,177	32,165	0,813	211.292,9	21,652
4,344	30,703	0,833	216.931,8	22,466
4,511	29,059	0,848	221.204,8	23,087
4,678	27,414	0,859	224.171,1	23,521
4,845	25,769	0,865	225.939,6	23,781
5,012	24,124	<b>0,868</b>	226.611,1	23,879
5,179	22,297	0,866	226.225,7	23,823
5,346	20,469	0,861	224.820,3	23,616
5,680	17,910	0,844	219.925,8	22,901
6,014	15,352	0,819	212.988,4	21,896
6,349	13,524	0,789	204.728,2	20,714
6,683	11,697	0,757	195.742,5	19,447
7,017	10,234	0,722	186.325,6	18,141
7,351	8,772	0,687	176.721,7	16,834
7,685	7,676	0,652	167.134,9	15,554
8,019	6,579	0,617	157.737,3	14,326
8,353	5,666	0,583	148.573,5	13,155
8,688	4,752	0,550	139.682,8	12,045
9,022	4,167	0,518	131.181,6	11,008
9,356	3,582	0,488	123.172,9	10,056
9,690	3,162	0,459	115.656,5	9,185
10,024	2,741	0,432	108.635,9	8,391
10,859	2,029	0,372	93.100,6	6,711
11,695	1,316	0,321	79.953,4	5,378
12,530	0,987	0,278	68.833,1	4,321
13,365	0,658	0,241	59.554,6	3,495
14,201	0,493	0,210	51.756,1	2,843
15,036	0,329	0,184	45.214,5	2,330
15,871	0,238	0,162	39.674,9	1,921
16,707	0,146	0,143	34.967,7	1,594
		<b>0,868</b>		

## BARRAGEM DO RIBEIRO DO LOBO

### QUADRO 3.5 - CALCULO DO CANAL DE DESCARGA

L	$K_s$	$\Delta_s$	$\Delta_L$	b	j	$H_o$	h	v	i	$i_m$	$\Delta_z$	cota	$\Delta_z \Delta_L i_m$	$H_1$	$h_c$	$I_c$
						1,757	0,337		0,020			96,809				
1,00	80,00	1,00	1,00	14,50	9,57	1,757	0,328	5,434	0,022	0,021	0,096	96,714	0,075	1,833	0,686	0,196
8,88	80,00	7,88	7,91	9,25	9,57	1,833	0,448	6,228	0,020	0,021	0,754	95,960	0,589	2,425	0,926	0,201
16,75	80,00	7,88	7,91	4,00	9,57	2,425	1,019	6,329	0,011	0,015	0,754	95,206	0,633	3,061	1,619	0,288
22,64	80,00	5,89	5,92	4,00	9,57	3,061	0,894	7,220	0,015	0,013	0,564	94,642	0,487	3,551	1,619	0,288
28,53	80,00	5,89	5,92	4,00	9,57	3,551	0,815	7,919	0,020	0,018	0,564	94,079	0,458	4,011	1,619	0,288
34,42	80,00	5,89	5,92	4,00	9,57	4,011	0,759	8,502	0,025	0,023	0,564	93,515	0,430	4,443	1,619	0,288
40,31	80,00	5,89	5,92	4,00	9,57	4,443	0,717	9,003	0,030	0,027	0,564	92,951	0,402	4,848	1,619	0,288
46,20	80,00	5,89	5,92	4,00	9,57	4,848	0,684	9,439	0,034	0,032	0,564	92,387	0,375	5,225	1,619	0,288
52,09	80,00	5,89	5,92	4,00	9,57	5,225	0,657	9,824	0,039	0,036	0,564	91,824	0,348	5,576	1,619	0,288
57,98	80,00	5,89	5,92	4,00	9,57	5,576	0,635	10,165	0,043	0,041	0,564	91,260	0,323	5,902	1,619	0,288
63,87	80,00	5,89	5,92	4,00	9,57	5,902	0,616	10,470	0,047	0,045	0,564	90,696	0,299	6,203	1,619	0,288
69,76	80,00	5,89	5,92	4,00	9,57	6,203	0,601	10,742	0,050	0,049	0,564	90,132	0,276	6,482	1,619	0,288
75,65	80,00	5,89	5,92	4,00	9,57	6,482	0,587	10,986	0,054	0,052	0,564	89,569	0,254	6,739	1,619	0,288
81,59	80,00	5,94	5,97	4,00	9,57	6,739	0,576	11,207	0,057	0,056	0,569	89,000	0,236	6,978	1,619	0,288
83,84	80,00	2,25	2,37	5,00	33,33	6,978	0,435	11,858	0,082	0,070	0,750	88,250	0,584	7,603	1,395	0,248
86,09	80,00	2,25	2,37	6,00	33,33	7,603	0,347	12,381	0,114	0,098	0,750	87,500	0,518	8,161	1,236	0,226

Período de Retorno                      **1.000 anos**  
 Caudal    **25,809 m<sup>3</sup>/s**

*L* - Distância à origem em planta (m)

$\Delta_s$  - Distância entre secções em planta (m)

$\Delta_L$  - Comprimento entre secções (m)

*b* - Largura do canal (m)

*j* - Inclinação do canal (%)

*i* - Perda de carga (m)

*v* - velocidade (m/s)

$H_o$  - Energia na secção 0 (m)

$H_1$  - Energia na secção 1 (m)

*h* - Altura do escoamento (m)

$i_m$  - Perda de Carga Média (m)

$K_s$  - rugosidade (m<sup>1/3</sup> s<sup>-1</sup>)

$h_c$  = altura crítica (m)

$I_c$  = inclinação crítica (%)

## BARRAGEM DO RIBEIRO DO LOBO

### QUADRO 3.6

Adaptação da distribuição de Pearson tipo III  
aos caudais máximos instantâneos da  
Estação Hidrométrica de Amieira  
(Área da Bacia Hidrográfica = 1454 Km<sup>2</sup>)

24L01

n°	Caudais (m <sup>3</sup> /seg)	F (x)	Teste do X <sup>2</sup>		
			O	E	X <sup>2</sup>
1	2,89	0,0979			
2	5,94	0,0992			
3	6,13	0,0993			
4	6,52	0,0995	4	4,1	0,00244
5	24,29	0,1072			
6	26,30	0,1080			
7	35,60	0,1122			
8	44,38	0,1162			
9	120,48	0,1537			
10	125,20	0,1562			
11	190,67	0,1924	7	4,1	2,05122
12	235,60	0,2191			
13	257,90	0,2328			
14	263,60	0,2363			
15	332,30	0,2805			
16	357,04	0,2970	5	4,1	0,19756
17	447,90	0,3591			
18	476,87	0,3793			
19	499,74	0,3953			
20	505,20	0,3991	4	4,1	0,00244
21	565,70	0,4415			
22	617,80	0,4779	2	4,1	1,07561
23	674,45	0,5168			
24	677,10	0,5186			
25	752,20	0,5688	3	4,1	0,29512
26	860,40	0,6370	1	4,1	2,3439
27	1.080,00	0,7559			
28	1.147,90	0,7867			
29	1.168,30	0,7954	3	4,1	0,29512
30	1.188,82	0,8039			
31	1.197,60	0,8074			
32	1.247,20	0,8266			
33	1.279,02	0,8381			
34	1.282,00	0,8392			
35	1.309,68	0,8486			
36	1.369,50	0,8677			
37	1.381,00	0,8711			
38	1.405,00	0,8780	9	4,1	5,8561
39	1.615,00	0,9266			
40	1.910,00	0,9665			
41	2.182,25	0,9848	3	4,1	0,29512
a)	<b>3.019,74</b>	<b>0,999</b>			12,4146
b)	<b>19,56</b>	<b>0,999</b>			<

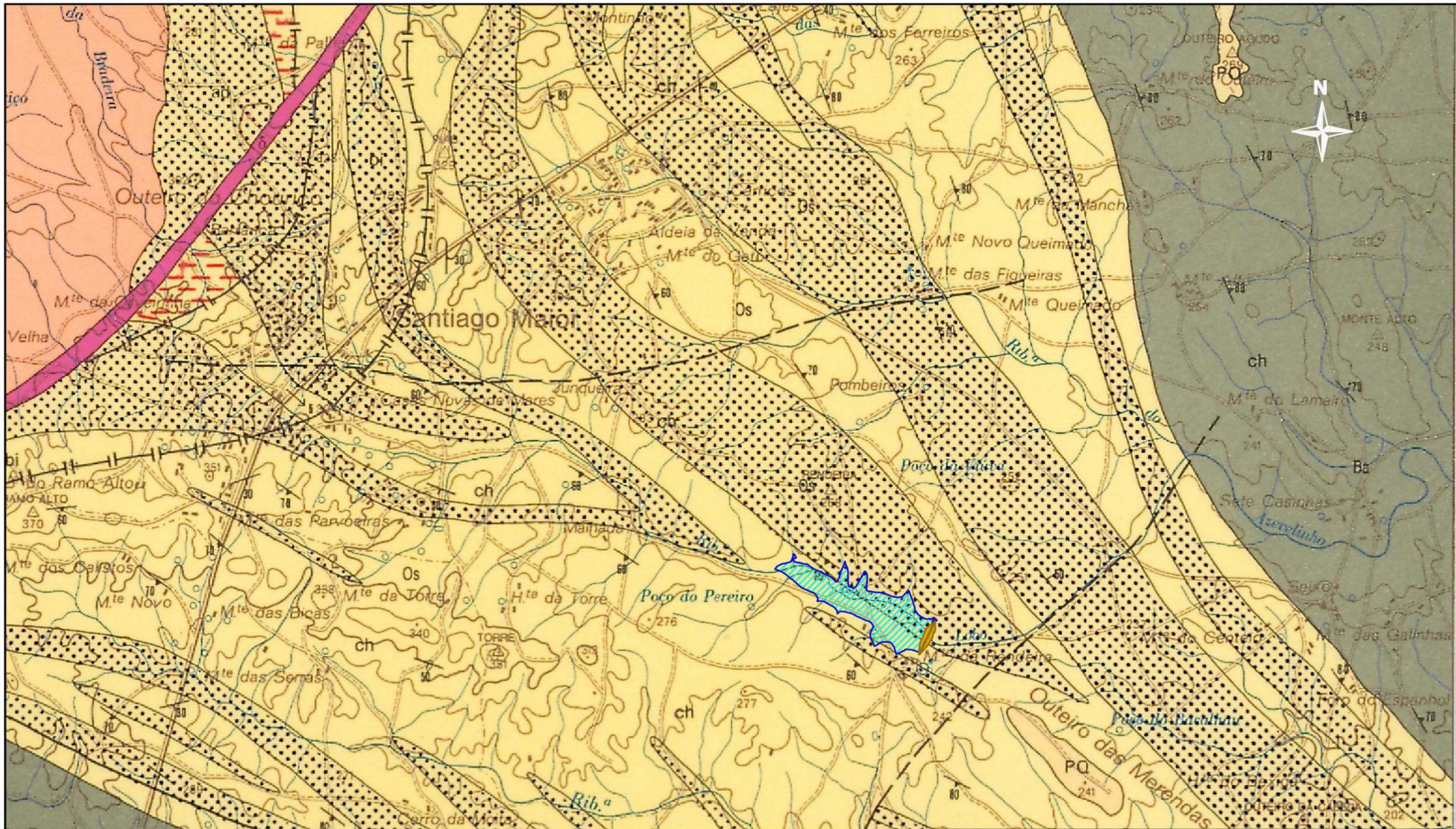
máx 0,95 14,067

Média .....	704,280
Desvio Padrão.....	592,459
coef.de assimetria .....	0,556

m=	10,00
div=	0,1
E=	4,1
v=	7,00

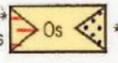
a) Valor extrapolado para T=1000 anos

b) Valor extrapolado para T=1000 anos e corrigido para 9,416 Km<sup>2</sup>

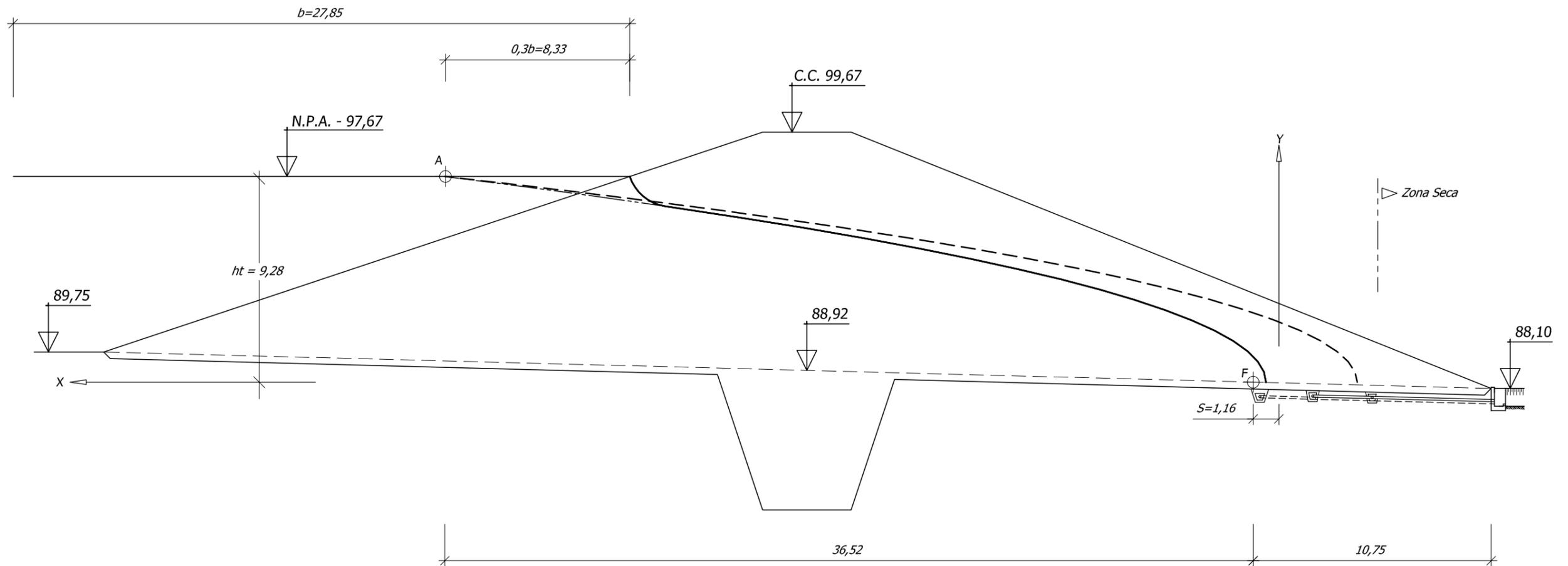


Câmbrico-Ordovício inf.?

FORMAÇÃO DE OSSA: xistos luzentes (quartzofilitos e quartzomicaxistos), mais ou menos gresosos, com abundante quartzo de exsudação, associados a\*\* metagrauvaques subordinados; níveis predominantemente quartzo-feldspáticos (metagrauvaques e paragnaisses)\*\*



cliente: HERDADE DA RENDEIRA, AGROPECUÁRIA S.A.	data: Set .14	<b>G.E.S.</b>
<b>BARRAGEM DO RIBEIRO DE LOBO</b> IMPLANTAÇÃO - SOBRE CARTA GEOLOGICA 40B CARTA FORNECIDA PELO LNEG	escala: 1/25.000	
o técnico responsável:	alterações:	desenho n.º: <b>3.1</b>
	referência: 460/14	



cliente: HERDADE DA RENDEIRA, AGROPECUÁRIA S.A.	data: SET. 14	<b>G.E.S.</b>
<b>BARRAGEM DO RIBEIRO DE LOBO</b>	escala: 1/200	
LINHA DE PERCOLAÇÃO	alterações:	desenho n°:
o técnico responsável:	referência: 460/14	<b>3.2</b>

HIDROGRAMA DE CHEIAS  
(Fórmula de Giandotti)

CAUDAL (m<sup>3</sup>/seg)

50,00

40,00

30,00

20,00

10,00

0,00

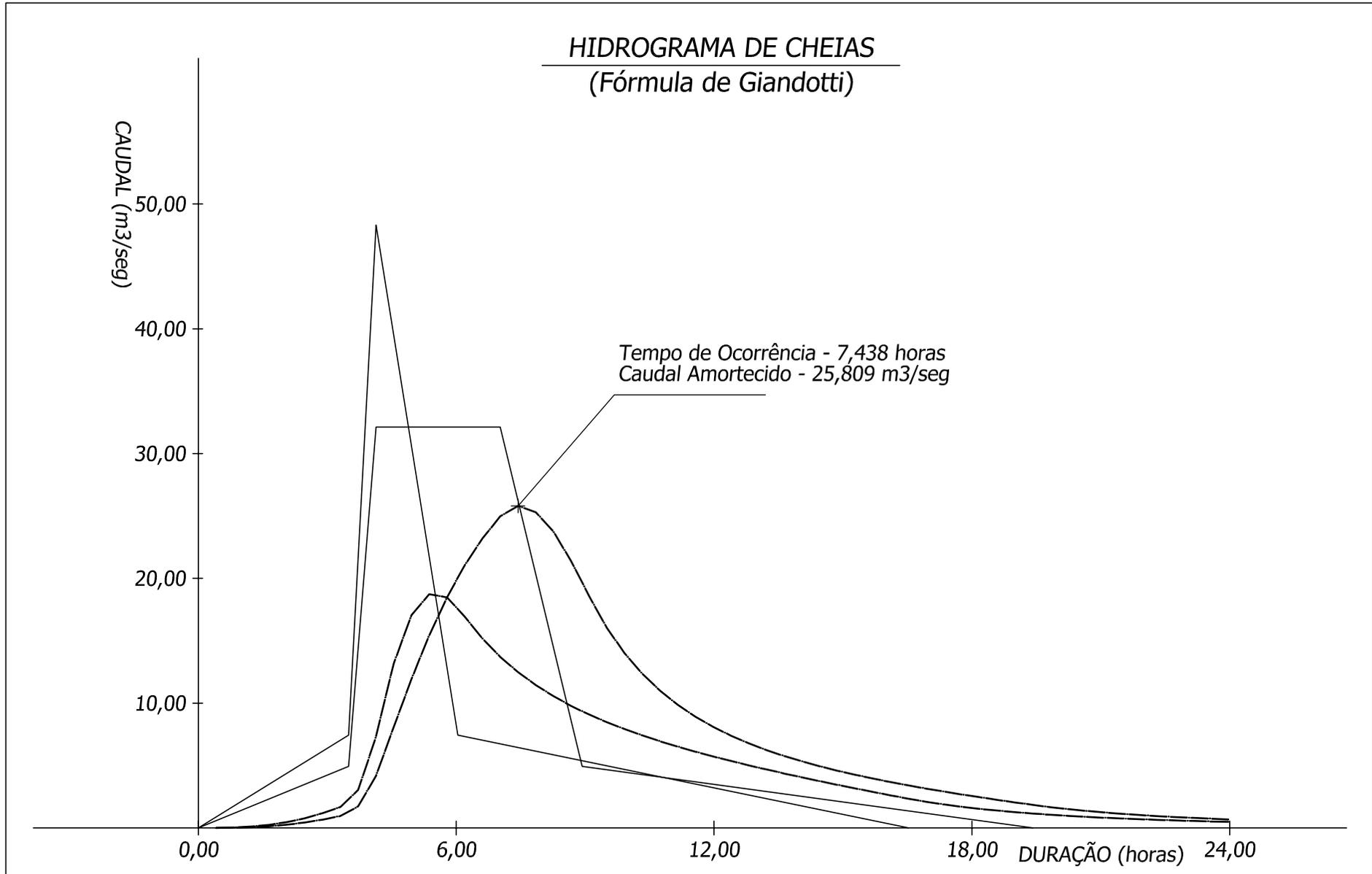
6,00

12,00

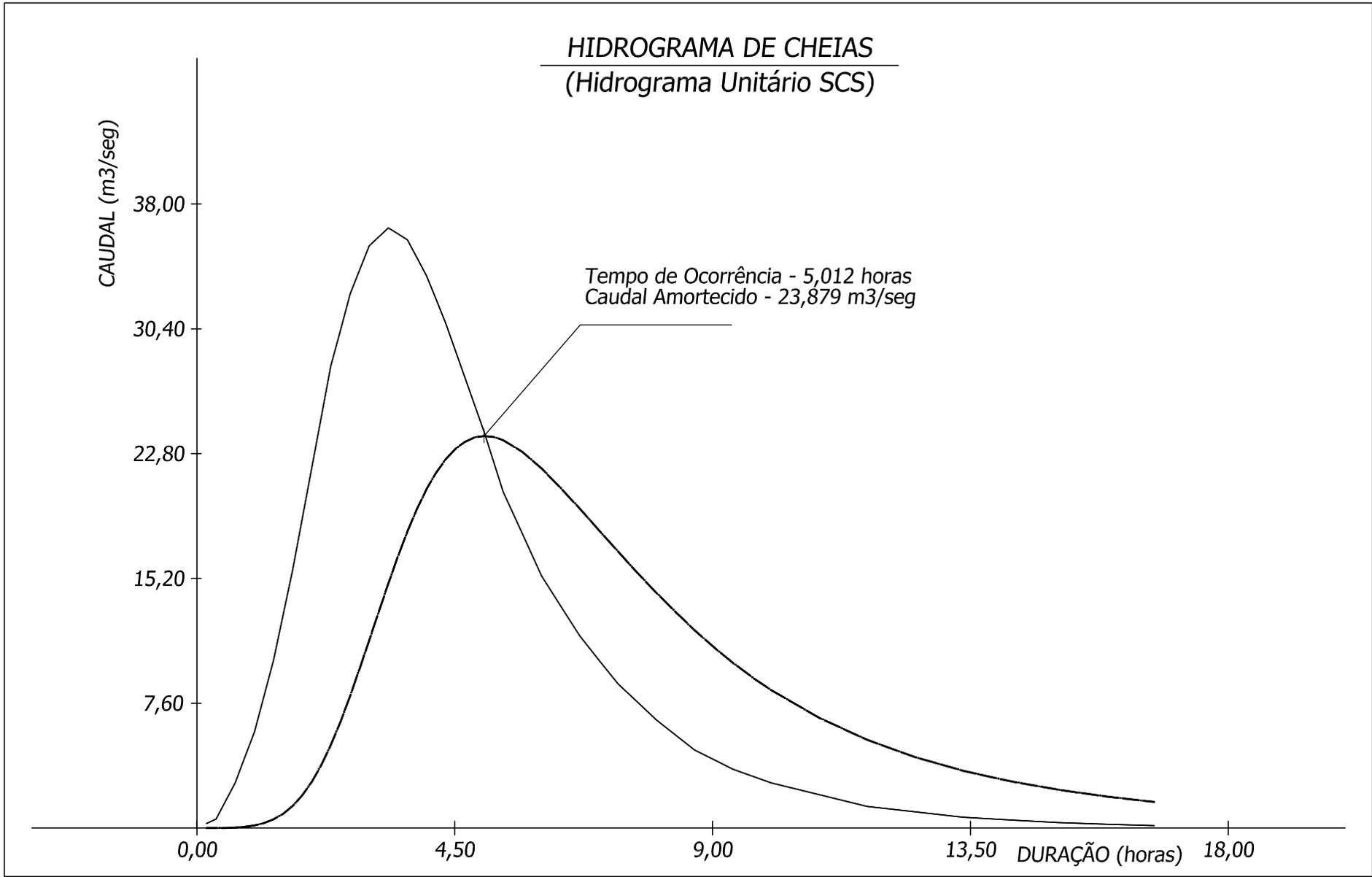
18,00

DURAÇÃO (horas) 24,00

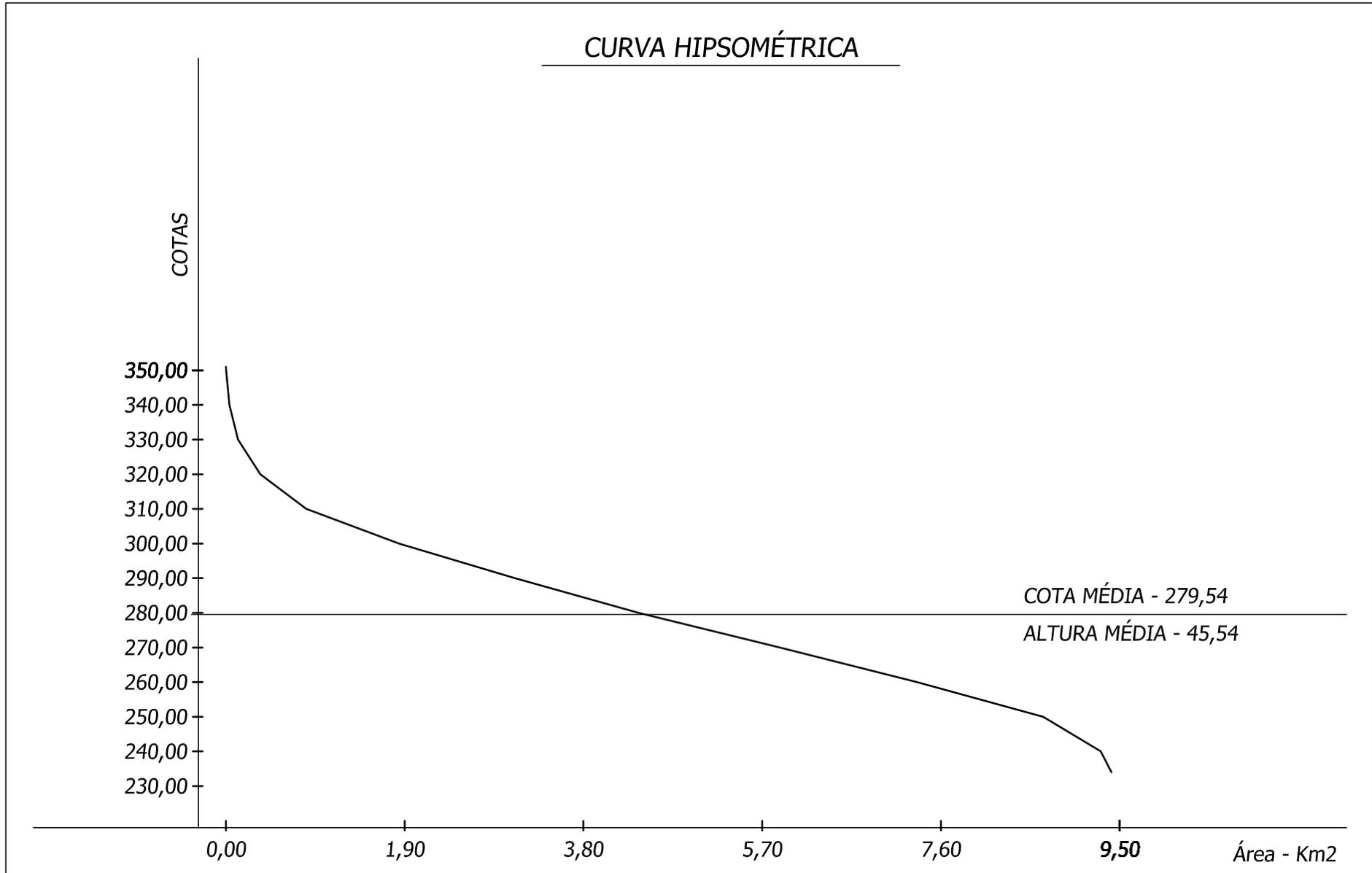
Tempo de Ocorrência - 7,438 horas  
Caudal Amortecido - 25,809 m<sup>3</sup>/seg



HIDROGRAMA DE CHEIAS  
(Hidrograma Unitário SCS)

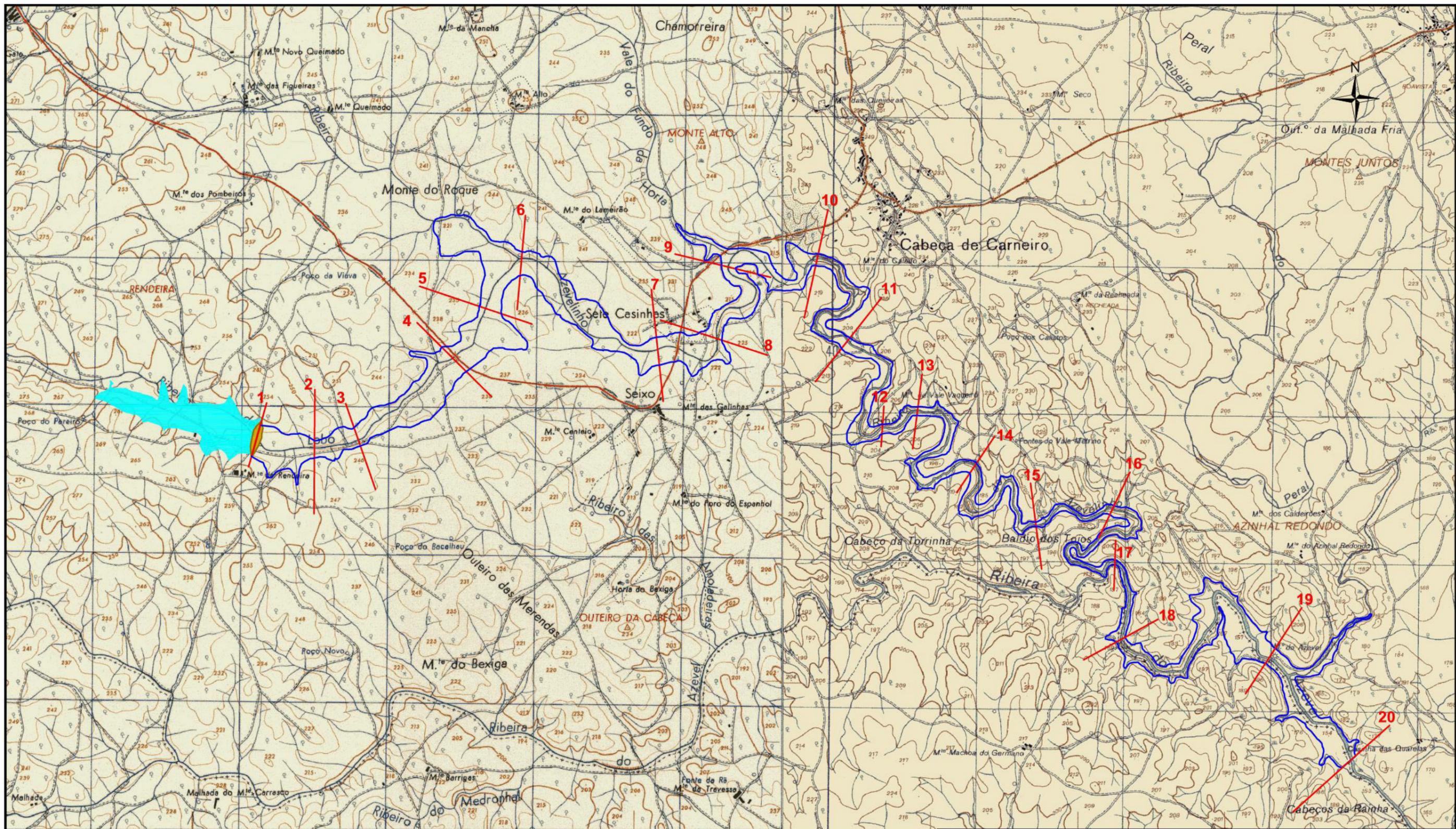


CURVA HIPSOMÉTRICA

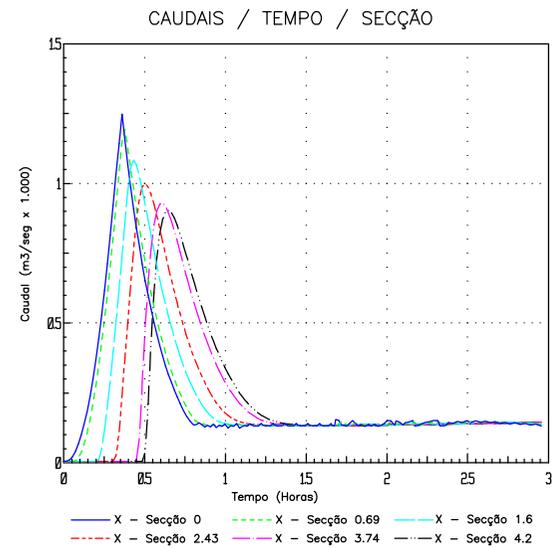
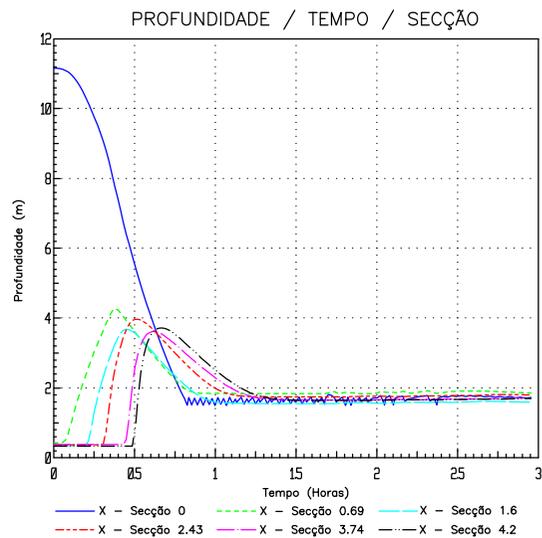
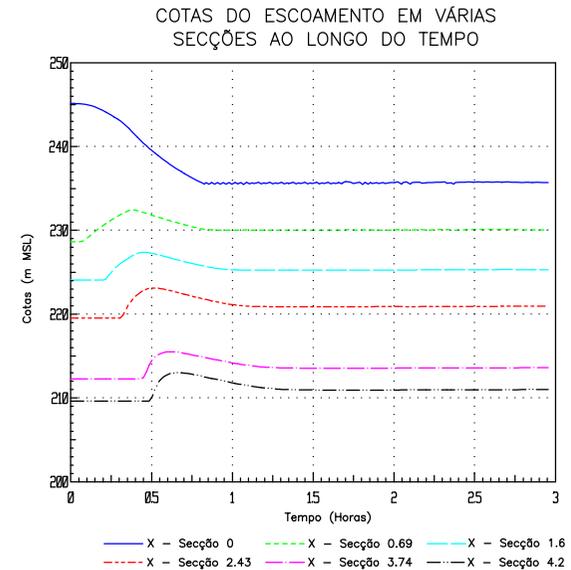
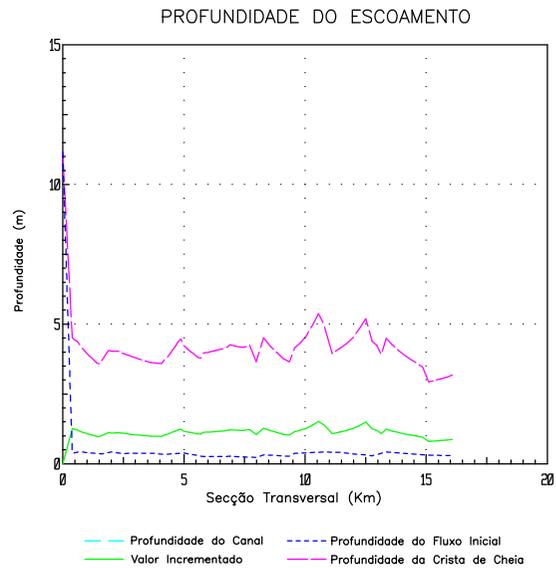


COTA MÉDIA - 279,54

ALTURA MÉDIA - 45,54



cliente: HERDADE DA RENDEIRA, AGROPECUÁRIA S.A.	data: Set/14	<b>G.E.S.</b>
<b>BARRAGEM DO RIBEIRO DE LOBO</b>	escala: 1/25.000	
AREA INUNDADA EM CASO DE COLAPSO DA BARRAGEM	alterações:	desenho nº:
o técnico responsável:	referência: 460/14	<b>3.6</b>



# **BARRAGEM DO RIBEIRO DE LOBO**

## **PROJECTO DE CONSTRUÇÃO**

### **Anexo I - Cálculo do Descarregador de Cheias**

**proprietário:**

Herdade da Rendeira, Agropecuária S.A.

Aldeia da Venda

7200-020 SANTIAGO MAIOR

**Setembro**

**2014**

# BARRAGEM DO RIBEIRO DO LOBO

## ANEXO I

### CÁLCULO DO DESCARREGADOR DE SUPERFÍCIE

#### d) Caudal de Cheias

Para a avaliação do caudal de cheias adopta-se, à segurança, um período de retorno de 1.000 anos, considerando o efeito do amortecimento de cheias na albufeira.

Assim, o caudal máximo de cheias será função da precipitação obtida a partir da linha de possibilidade udométrica (de Évora <sup>1</sup>), com a duração do tempo de concentração  $T_c$  característico da bacia hidrográfica em questão.

$$h = 67,890 T_c^{0,231} \quad (T_c \text{ em horas e } h \text{ em mm})$$

A adopção do caudal de projecto resultará em princípio da escolha do mais desfavorável dos valores obtidos pela fórmula de Giandotti e pelo Método de Hidrograma Unitário proposto pelo Soil Conservation Service, após a verificação do amortecimento de cheias para durações da chuvada múltiplas do tempo de concentração que caracteriza a bacia hidrográfica.

A escolha destes dois processos resultou da prévia verificação dos caudais de ponta fornecidos por 4 processos (fórmula Racional e três fórmulas cinemáticas), sendo o tempo de concentração  $T_c$  calculado pela fórmula de Giandotti ou do LNEC<sup>2</sup>, conforme o caso, e de avaliação estatística a partir dos registos de caudais instantâneos disponíveis na região.

---

<sup>1</sup> - “Análise de Fenómenos Extremos Precipitações Intensas em Portugal Continental”, Cláudia Brandão, Rui Rodrigues, Joaquim Pinto da Costa, DSRH 2001

<sup>2</sup> - “Métodos de Análise e determinação de caudais de cheia”, Francisco Nunes Correia, 1983

#### d.1) Métodos Estatísticos

Esta avaliação baseou-se na aplicação de um modelo baseado da distribuição de Pearson tipo III para um período de retorno de 1.000 anos, considerado o mais adaptado em Portugal para séries de caudais máximos anuais.

Para as estações hidrográficas mais próximas, os valores obtidos são apresentados no quadro seguinte, em que se apresenta também a área da bacia hidrográfica correspondente ao local, a sua distância ao empreendimento e a dimensão da amostra considerada, devendo porém notar-se que os valores obtidos resultam de extrapolações superiores ao recomendado, face à pequena dimensão das amostras.

No quadro 3.6 apresenta-se o referido cálculo, bem como a respectiva verificação do seu ajustamento pelo teste do  $X^2$ , para a estação de Amieira, que, face à dimensão da amostra e da bacia hidrográfica, se considera mais representativo.

Código	Estação	Área da Bacia Km <sup>2</sup>	Distância (Km)	Nº de Registos	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
23M/01H	Ponte Mourão	52.294	13,6	49	<b>2,49</b>
24L01	Amieira	1.454	26,0	41	<b>19,56</b>
25M01	Ardila	3.634	38,8	42	<b>5,24</b>
23I/01H	Flor da Rosa	328	54,8	7	<b>12,50</b>

#### d.2) Fórmulas Cinemáticas

A avaliação do caudal máximo de cheias será realizada mediante a utilização das duas fórmulas cinemáticas mais correntes, Giandotti e Hidrograma Unitário do Soil Conservation Service, apresentando-se ainda os resultados obtidos pelas fórmulas Racional e de Mockus.

Para o efeito requer-se o cálculo prévio do tempo de concentração da bacia hidrográfica, pelas expressões correspondentes a cada uma destas fórmulas:

### a) Tempo de Concentração

#### Tempo de Concentração - Fórmula de Giandotti

$$T_c = (4 \cdot A^{1/2} + 1,50 \cdot L) / (0,8 \cdot h_m^{1/2}) = 4,132 \text{ horas,}$$

sendo A = área da bacia hidrográfica = 9,416 km<sup>2</sup>

h<sub>m</sub> = altura média da bacia = 45,54 m

#### Tempo de Concentração - Fórmula do LNEC (recomendada para Hidrograma Unitário)

$$T_c = t_1 / 0,6 = \frac{2,587 L^{0,8} (0,03937 \cdot S + 1)^{0,7}}{0,6 \cdot 1900 i^{0,5}} = 3,038 \text{ horas}$$

sendo L = 6.690 m (comprimento do curso de água principal),

i = declive médio da bacia (considerou-se o índice de Declive, i = 2,098 %)

S = 25.400 / N - 254 = 28,222 com N = 90,0 (número de escoamento)

As velocidades médias de escoamento correspondentes a estes tempos de concentração são, respectivamente, 0,612 m/s e 0,450 m/s.

### b) Precipitação

A precipitação correspondente ao caudal de cheias máximo é obtida a partir da linha de possibilidade udométrica de Évora<sup>3</sup>, com a duração do tempo de concentração  $T_c$  característico da bacia hidrográfica em questão

$$h = 67,890 T_c^{0,231} \quad (T_c \text{ em horas e } h \text{ em mm, } T = 1.000 \text{ anos})$$

---

<sup>3</sup> - “Análise de Fenómenos Extremos Precipitações Intensas em Portugal Continental”, Cláudia Brandão, Rui Rodrigues, Joaquim Pinto da Costa, DSRH 2001

### c) Caudal máximo de Cheias

#### Caudal de Cheias pela Fórmula de Giandotti

$$Q_p = \lambda A h / t_c = \underline{48,306 \text{ m}^3/\text{seg}}, \text{ com } \lambda=0,225 \text{ } (\gamma=6,50)$$

#### Caudal de Cheias pela Fórmula do Soil Conservation Service

$$Q_p = 0,277 k A h_u / t_p = \underline{36,508 \text{ m}^3/\text{seg}},$$

$$\text{sendo } h_u = (h-h_o)^2 / (h+4 h_o) ; h_o = 5080/N - 50,8 ; t_p = 0,5 t_r + 0,6 t_c$$

$$\text{e } t_r = t - h_o / (h(t)/t), \text{ tendo-se utilizado } k=0,75; N=90,000; \text{ e obtido:}$$

$$t=3,243 \text{ h} ; h=89,092 \text{ mm} ; h_u=62,357 \text{ mm} ; t_r= 3,038 \text{ h e } t_p=3,341 \text{ h}$$

### d) Hidrogramas de Caudais Afluentes

#### d.1) Fórmula de Giandotti

$$Q_{\text{máx}} = \underline{48,306 \text{ m}^3/\text{seg}}$$

O respectivo Hidrograma de Cheias foi desenhado com base nos seguintes parâmetros, válidos para bacias hidrográficas com área inferior a 500 km<sup>2</sup> <sup>4</sup>:

$$\gamma = 6,50$$

$$\lambda = 4,00$$

tendo-se obtido:

$$Q_{\text{méd}} = Q_{\text{máx}} / \gamma = 7,432 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$T_a = T_c * ( 1 - Q_{\text{méd}} / Q_{\text{máx}} ) = 3,497 \text{ horas}$$

$$T_b = ( Q_{\text{méd}} / Q_{\text{máx}} ) * ( \theta - T_c ) + T_c = 6,040 \text{ horas}$$

$$\theta = \lambda * T_c = 16,530 \text{ horas}$$

---

<sup>4</sup> - António de Carvalho Quintela, Curso Internacional de Hidrologia Operativa, Vol.II, DGRAH, 1984

## d.2) Hidrograma Sintético Adimensional do SOIL CONSERVATION SERVICE

As expressões a utilizar são <sup>5</sup>:

$$t_p = t_r / 2 + 0,6 \cdot t_c$$

$$q_p = 0,208 \cdot A / t_p$$

com  $t_p$  = tempo desde o início da precipitação útil até à ponta do hidrograma (horas);  $t_r$  = duração da precipitação útil (horas);  $t_c$  = tempo de concentração (horas), calculado pela Fórmula de Kirpich;  $q_p$  = caudal de ponta unitário ( $m^3/s$ ) e  $A$  = área da bacia hidrográfica ( $km^2$ ).

O procedimento para a obtenção de  $t_r$  e os parâmetros considerados são os já referidos <sup>6</sup>, tendo sido obtidos os seguintes valores:

$$h_0 = 5080 / N - 50,8 = 5,644 \text{ mm}$$

$$t = 3,243 \text{ horas}$$

$$h = 89,092 \text{ mm}$$

$$h_u = (h - h_0) \cdot 2 / (h + 4 h_0) = 62,358 \text{ mm}$$

$$t_r = t - h_0 / (h(t)/t) = 3,038 \text{ horas}$$

$$t_p = 3,341 \text{ horas}$$

O caudal de ponta correspondente à precipitação útil de 1 mm ocorrida durante o tempo  $t_r$  é portanto:

$$q_p = 0,586 \text{ m}^3/\text{seg}$$

O caudal máximo de cheias será dado por:

$$Q_{\text{máx}} = q_p \cdot h_u = \underline{36,552} \text{ m}^3/\text{seg}$$

---

<sup>5</sup> - "Métodos de Análise e Determinação de Caudais de Cheia", Francisco Nunes Correia, LNEC 1983

<sup>6</sup> - "Lições de Hidrologia", A.Lencastre e F.M.Franco, UNL 1992

O hidrograma final é obtido a partir das ordenadas propostas pelo SCS, e possibilita a obtenção dos valores dos caudais afluentes em função do tempo, e calcular o amortecimento de cheias induzido pela albufeira.

$t/t_p$	$q/q_p$	$t/t_p$	$q/q_p$
0	0	1,4	0,75
0,1	0,015	1,5	0,66
0,2	0,075	1,6	0,56
0,3	0,16	1,8	0,42
0,4	0,28	2,0	0,32
0,5	0,43	2,2	0,24
0,6	0,6	2,4	0,18
0,7	0,77	2,6	0,13
0,8	0,89	2,8	0,098
0,9	0,97	3,0	0,075
1,0	1,0	3,5	0,036
1,1	0,98	4,0	0,018
1,2	0,92	4,5	0,009
1,3	0,84	5,0	0,004

A aplicação das fórmulas Racional e de Mockus fornecem os seguintes resultados:

Caudal de Cheias pela Fórmula Racional

$$Q_p = c i A = 45,339 \text{ m}^3/\text{seg},$$

sendo  $c=0,60$  e  $i= 8,025E-06 \text{ m/s}$

Caudal de Cheias pela Fórmula de Mockus

$$Q_p = 0,277 k A h_u / (t_c^{0,5} + 0,6 t_c) = 35,671 \text{ m}^3/\text{seg},$$

sendo  $(t_r)_{crit} = 3,486 \text{ h}$ ;  $t=3,714 \text{ h}$ ;  $h=91,925 \text{ mm}$ ;  $h_u=65,014 \text{ mm}$

### e) Amortecimento de Cheias e caudais descarregados

Tendo sido já obtido o valor do caudal máximo afluente, interessa verificar o amortecimento de cheias produzido pela albufeira, traduzindo a sua capacidade de reter os escoamentos de ponta e de os ir descarregando gradualmente. Este efeito amortecedor varia, para cada barragem, com a secção do descarregador de cheias e com a área de regolfo da albufeira.

O descarregador projectado é um descarregador frontal de secção rectangular com uma largura  $b = 14,50$  metros dispondo de uma soleira tipo Creager, a que se atribui um coeficiente de vazão fixo de  $\mu = 0,46$ , descarregando um caudal dado pela expressão

$$Q_{desc} = \mu * b * ( 2 * g )^{1/2} * H^{3/2} \quad (\text{sendo } H \text{ a carga sobre a soleira em metros})$$

O valor do caudal mais desfavorável não corresponde normalmente, sobretudo com a fórmula de Giandotti, à chuvada com uma duração igual ao tempo de concentração, mas sim a chuvadas menos intensas mas com maiores durações. Deverão assim ser considerados hidrogramas afluentes correspondendo a valores múltiplos de  $T_c$  até obter o valor máximo do caudal descarregado e a correspondente altura de água sobre a soleira, considerando que o NPA se situa na cota 97,67, portanto definindo uma área inundada de 243.344 m<sup>2</sup>.

Nos desenhos 3.4 e 3.5 e nos quadros 3.3 e 3.4 em anexo apresentam-se os valores obtidos para os balanços realizados com base nos dois processos referidos, para durações da chuvada correspondentes à do tempo de concentração e do seu múltiplo mais desfavorável, para um período de retorno  $T=1.000$  anos.

Os valores obtidos foram:

	Hidrograma Unitário			
	Giandotti		SCS	
	Inicial	Final	Inicial	Final
Múltiplo de $T_c$	1	1,7	1	1,0
Duração da Chuvada (h) <sup>7</sup>	4,132	7,025	3,038	3,038
Caudal Máximo Afluente (m <sup>3</sup> /s)	48,306	32,121	36,552	36,552
Caudal Amortecido (m <sup>3</sup> /s)	18,734	25,809	23,879	23,879
Tempo de Ocorrência (h)	5,372	7,438	5,012	5,012
Altura de água máxima $H_o$ (m)	0,738	0,914	0,868	0,868

Face os resultados obtidos adoptam-se os valores resultantes da fórmula de Giandotti.

Para definição da cota do NMC avalia-se o valor da energia cinética do escoamento sobre a soleira, função da velocidade de chegada definida pelas dimensões do respectivo canal na secção imediatamente anterior à soleira, obtendo-se, com a altura do paramento montante proposta  $p+E = 0,40$  m:

$$v = 1,27 \text{ m/s}$$

$$v^2 / 2g = 0,083 \text{ m}$$

$$H = H_0 + v^2 / 2g = 0,996 \text{ m} \approx 1,00 \text{ m}$$

$$S = b \cdot (H + p + E) = 20,25 \text{ m}^2$$

O NMC ficará assim definido 1,00 m acima da crista da soleira, portanto à cota 98,67.

#### f) Canal de chegada

O canal de chegada até à soleira será uma vala de secção trapezoidal escavada no terreno natural com um comprimento médio de 43,50 metros com o rasto à cota 97,27, taludes inclinados a 1/3. A sua largura é variável, estreitando para jusante, com um valor médio de 16,45 metros. A sua altura média será de 2,93 metros, conforme se representa nos desenhos 2.10 a 2.16.

---

<sup>7</sup> duração da precipitação útil (tr)

### g) Canal de descarga

Para promover a descarga do caudal de cheias na linha de água a jusante em condições semelhantes às que ocorreriam sem a construção da barragem, foi projectado um canal de descarga em betão armado e uma bacia de dissipação<sup>8</sup>, com secções rectangulares, ficando a estrutura de descarga com um comprimento total de 97,00 metros. A jusante da soleira o canal estrangula para uma largura de 4,00 metros que se mantém até ao alargamento final na entrada da bacia de dissipação, cuja largura será de 6,00 metros. As alturas das paredes do canal de descarga são variáveis, tendo no início 1,15 m e terminando em 1,00 m, valores que respeitam uma folga mínima de 0,10 m relativamente à altura calculada para o escoamento, atingindo um máximo de 3,44 metros na bacia de dissipação.

O canal de descarga adoptado será relativamente bastante curto e de secção reduzida por razões de ordem económica, pelo que se adopta uma boa inclinação implicando um escoamento em regime rápido, dando origem a um número de Froude compatível com a bacia de dissipação adoptada.

A altura e inclinação críticas do escoamento neste canal, calculadas pelas expressões seguintes com  $K_s = 80 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ , permitem confirmar que o regime é rápido, uma vez que se adopta para o canal de descarga uma inclinação de 9,57 %.

$$Q_{\text{proj}} = g^{1/2} * S_c * h_c^{3/2} = 25,809 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$h_c = (Q^2 / g * b^2)^{1/3} = 1,619 \text{ m}$$

$$i_c = g * h_c / K_s^2 * (S_c / R_c)^{4/3} = 0,288 \%$$

Sendo o regime rápido, as características do escoamento do caudal de projecto neste canal podem ser avaliadas pelo método das diferenças finitas de montante para jusante ( $E1 = E2 + dx.Sf - dx.So$ ) após o cálculo da altura e energia iniciais, pelas expressões:

$$H_A = H_o + z - i * L$$

$$i = \frac{U_m^2}{K_s^2 * R^{4/3}}$$

$$b = 14,50 \text{ m}; L = \text{ m}; K_s = 80 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$$

$$H_A = 0,914 + 0,861 - 0,017 = 1,757 \text{ m}$$

$$H_A = h_A + \frac{Q^2}{2 * g * S^2} \Rightarrow h_A = 0,337 \text{ m}$$

O método utilizado<sup>9</sup> consiste na aplicação directa do Teorema de Bernoulli com as perdas de energia ao longo de vários troços do canal criteriosamente escolhidos.

Apresentam-se em quadro anexo (quadro nº 3.5) os resultados obtidos, principalmente a altura do escoamento nas secções escolhidas função da largura atribuída para o canal e da sua inclinação, permitindo definir a altura a adoptar para as paredes do canal.

Obtém-se ainda deste cálculo a altura conjugada a montante  $h_1$  necessária para o dimensionamento da bacia de dissipação, bem como a respectiva velocidade de chegada.

A máxima altura de água no canal é produzida no fim do estrangulamento e o seu valor é de 1,02 metros.

---

<sup>8</sup> tipo II do "Bureau of Reclamation", USA

<sup>9</sup> - Manual de Hidráulica Geral, A. Lencastre, AEIST, 1969

## h) Bacia de dissipação

Para evitar a erosão dos terrenos a jusante, projecta-se uma Bacia Dissipação em betão armado, no troço terminal do canal de descarga e com ligação a linha de água natural a jusante.

A bacia de dissipação adoptada será do tipo II do “Bureau of Reclamation”, USA, já que os valores do caudal unitário e velocidade são inferiores aos máximos recomendados para este tipo de dissipação, sendo a sua laje implantada à cota 87,50 e a sua largura 6,00 m.

A partir do valor da sua altura conjugada a montante  $h_1$  podem obter-se número de Froude  $f_1$  e os valores da altura conjugada a jusante,  $h_2$ , o comprimento  $L$  do ressalto, definindo-se todos os parâmetros necessários ao desenho da bacia de dissipação.

$$h_1 = 0,347 \text{ m}$$

$$q = 4,30 \text{ m}^3/\text{seg.m}$$

$$v = Q / b * h = 12,38 \text{ m/seg}$$

$$f_1 = v / (g * h)^{1/2} = 6,707$$

$$h_2 / h_1 = 8,998$$

$$h_2 = 3,126 \text{ m}$$

$$L / h_2 = 2,560$$

$$L = 8,00 \text{ m}$$

Com base nestes resultados fixa-se o comprimento da bacia de dissipação em 8,00 metros e a altura das suas paredes laterais em 3,44 metros.

### **i) Canal de Restituição**

O canal de restituição à linha de água natural, com 117,50 m de comprimento total, será realizado em escavação no terreno natural constituindo uma vala de secção trapezoidal confluindo com a linha de água a jusante nas proximidades da sua cota 87,00.

As condições do escoamento neste canal podem ser obtidas da aplicação da fórmula de Manning-Strickler em regime uniforme para um canal trapezoidal em escavação no terreno natural.

$$Q = K_s * S^{2/3} * R * i^{1/2} = 25,809 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Para o caudal de projecto, considerando uma largura do fundo de 6,00 m, a inclinação do fundo e dos taludes adoptadas ( $i=0,006 \text{ m/m}$  e  $H/V = 1:1,50$ ), e considerando uma rugosidade no canal de  $K_s = 50 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ , obtém-se a altura do escoamento

$$h'_2 = 1,092 \text{ m}$$

Para melhor garantir a ocorrência do ressalto no local apropriado bem como a plena eficácia do funcionamento do dissipador nestas condições, será executado um troço de concordância entre a bacia e o canal de restituição, com 3,00 m de comprimento e inclinação ligeiramente ascendente, revestido a enrocamento de diâmetro não inferior a 0,30 metros,

Nos desenhos nº 2.10 a 2.16 representam-se os elementos referentes a esta secção.

O técnico

Eng. Falcão Estrada

**Setembro 2014**

# **BARRAGEM DO RIBEIRO DE LOBO**

**PROJECTO DE CONSTRUÇÃO**

**Anexo II - Plano de Observação**

**proprietário:**

Herdade da Rendeira, Agropecuária S.A.

Aldeia da Venda

7200-020 SANTIAGO MAIOR

**Setembro**

**2014**

**ANEXO II**  
**BARRAGEM DO RIBEIRO DO LOBO**

**PROPOSTA DE PLANO DE OBSERVAÇÃO**

A actual proposta de plano de observação refere-se ao projecto de construção desta barragem cumprindo o definido no Artº 56º do Regulamento de Segurança de Barragens (Decreto Lei nº 344/2007).

O cálculo dos factores de apreciação das condições de risco para a barragem do Ribeiro do Lobo nos termos do Quadro I do Anexo das Normas de Observação e Inspeção de Barragens (Portaria 847/93) é apresentado no quadro seguinte:

<b>QUADRO I - FACTORES DE APRECIACÃO DAS CONDIÇÕES DE RISCO</b>				
<b>i</b>	<b>α</b>			
1	3	Sismicidade	Baixa (0,1g<a<0,2g)	
2	2	Escorregamento dos taludes	Baixa	
3	3	Cheias superiores à do projecto	Muito Baixa (barragens de aterro)	
4	5	Gestão da albufeira	Bombagem	
5	1	Acções agressivas	Mínimas	<b>E = 2,8</b>
6	1	Dimensionamento estrutural	Adequado	
7	2	Fundações	Boas	
8	1	Órgãos de descarga	Fiáveis	
9	3	Manutenção	Satisfatória	<b>F = 1,75</b>
10	2	Volume da albufeira	<1.000.000 m3	
11	2	Instalações a jusante	Áreas isoladas. Agricultura	<b>R = 2</b>
				<b>α<sub>g</sub> = 9,8</b>

Para barragens de aterro com altura inferior a 15 m e para os factores obtidos, nos termos do Quadro III da Portaria, não se define qualquer grandeza com obrigatoriedade de observação.

Não sendo neste caso exigida a instalação de meios para controlo de deslocamentos, tensões neutras ou caudais de infiltração, o Plano de Observação proposto será baseado apenas em inspecções visuais, para além do normal controlo das precipitações e níveis da albufeira, nos termos do definido quadro V da Portaria referida.

Para além dos aspectos gerais relativos à manutenção e conservação da obra, propõe-se que as inspecções a realizar incidam essencialmente na observação de eventuais ocorrências com importância para a segurança da obra, com destaque para os riscos de rotura por galgamento ou por erosão interna, e ainda no controle da funcionalidade da conduta de fundo da barragem e seu filtro de pé.

**Propõe-se assim o seguinte plano de observação:**

- 1 - controle da capacidade de vazão do descarregador de cheias, designadamente pela verificação da inexistência de obstruções ao normal afluxo e descarga de caudais;
- 2 - controle da manutenção da folga entre o NPA e a cota mais baixa do coroamento da barragem, pela verificação de eventuais abatimentos ou assentamentos no corpo da barragem, com recurso se necessário a medições por topografia ou outro meio adequado;
- 3 - observação de sinais de eventual percolação pelo corpo da barragem, no talude jusante e sua base, e controle dos caudais descarregados pelo filtro de pé, incluindo medição e registo dos mesmos para controle e comparação futura se os seus valores forem significativos;
- 4 - ensaio da abertura / fecho da conduta de fundo e controle do estado de acesso e funcionalidade das respectivas válvulas de comando;
- 5 - observação do estado geral da obra, com destaque para a protecção do seu coroamento e taludes face à acção erosiva da ondulação na albufeira e dos escoamentos pluviais, bem como ao controle do crescimento excessivo do seu recobrimento vegetal.

Dada a reduzida altura da barragem e a sua baixa classe de risco, propõe-se para estas inspecções uma periodicidade trienal. A data para a realização das inspecções dependerá do regime de precipitações desse ano, pretendendo-se que seja realizada logo que a barragem atinja o seu nível máximo, de forma a melhor poder avaliar eventuais percolações pelo seu corpo e, atempadamente, o funcionamento do descarregador de cheias. Inspeções especiais poderão ser realizadas perante ocorrências excepcionais, como a ocorrência de elevados caudais de cheia ou de sinais de mau comportamento do aterro, na sequência de alerta do proprietário.

Em folha anexa apresenta-se uma listagem e uma justificação mais pormenorizadas do tipo de controlo a realizar na generalidade das situações e nas várias fases de vida da barragem, com indicação de alguns sinais de alerta a observar nas vistorias de rotina.

## CONTROLE DE SEGURANÇA EM BARRAGENS DE ATERRO

Operações principais, sua justificação, e normas gerais para observações de rotina

### a) Controle da segurança relativamente ao eventual galgamento da barragem

- verificar que a folga efectiva entre a soleira do descarregador e o ponto de cota mais baixa do coroamento não é inferior ao definido no projecto de execução ou de verificação;
- verificar permanentemente que se mantém a capacidade de vazão do descarregador, pela inexistência de obstruções de qualquer tipo na zona da soleira descarregadora e do canal de chegada.

### b) Controle de segurança relativamente a uma eventual rotura por erosão interna no corpo da barragem:

- ensaio da conduta de fundo, no primeiro ano e em plena carga:
  - verificação do bom funcionamento da coluna de arejamento na fase de esvaziamento da conduta (guilhotina fechada a montante, abertura gradual da válvula de jusante);
  - verificação do bom funcionamento da coluna de arejamento na fase de enchimento da conduta (válvula fechada a jusante, abertura gradual da guilhotina a montante);
  - verificação do bom funcionamento de qualquer das válvulas (qualquer uma deve por si só vedar plenamente a conduta);
- observação do eventual aparecimento de humidade ou ressurgências no talude jusante;
- controle dos caudais descarregados pelo filtro de pé e sua comparação com os valores observados em anos anteriores em condições análogas;

### c) observações gerais

- controle do crescimento da vegetação em todo o corpo da barragem;
- controle da erosão pluvial sobre o corpo da barragem;
- observação de eventuais abatimentos ou deslizamentos no corpo da barragem.

Os riscos controláveis neste tipo de obras resumem-se à eventualidade do seu galgamento, seguido provavelmente de rotura, por uma onda de cheia superior à sua capacidade de encaixe e descarga; e ao risco de rotura, mais gradual, na sequência de um processo de erosão interna do aterro.

Para controle do risco de galgamento há que garantir que o descarregador de cheias mantenha a capacidade de vazão com que foi projectado, que se define pela sua largura e folga vertical até ao ponto mais baixo do coroamento. Para além da necessidade de garantir que não existe qualquer obstrução nas áreas da soleira descarregadora e canais de chegada e descarga, ocorrendo normalmente por crescimento de arbustos ou acumulação de detritos, haverá que garantir que não ocorrem abatimentos excessivos em qualquer local do aterro, que provoquem a redução da folga disponível. A eventualidade esta ocorrência é maior nos primeiros anos da obra sobretudo num cenário de má compactação dos solos na fase de construção. Recomenda-se assim a sua verificação logo que ocorra o pleno enchimento da albufeira, servindo o plano definido pela água para facilitar as medições ao longo do perfil transversal da barragem, e devendo garantir-se que a folga existente é sempre igual ou superior ao definido para esta barragem.

A redução da folga referida pode ainda resultar do desgaste de uma ou várias secções do aterro, por efeitos da circulação continuada de gado ou por erosão pluvial, casos facilmente identificáveis por observação directa, devendo portanto a medição da folga ser especialmente cuidada nestes locais.

A erosão interna do aterro tende a ocorrer apenas caso tenha existido uma má selecção ou compactação do tipo de solos utilizados na fase de construção, ou de uma rotura, total ou parcial, da conduta de fundo, caso esta se encontre em carga, portanto com a válvula de montante aberta e a de jusante fechada ou aberta, situação habitual nos períodos de rega em que esta conduta é utilizada para o efeito.

O aparecimento de ressurgências ou humidade no talude jusante, por vezes manifestando-se indirectamente através do maior desenvolvimento da vegetação ali existente, representa normalmente um forte indicio deste risco. A sua ocorrência é detectada mais facilmente nas fases de pleno enchimento da albufeira, que correspondem assim aos períodos ideais para a inspecção, exceptuando-se os casos de colapso da conduta de fundo, que ocorrem normalmente na fase de utilização, dados os esforços introduzidos por variações bruscas de pressão da água e eventualmente do ar na conduta.

Caso a infiltração através do aterro seja de reduzido valor, estes caudais são em principio recolhidos pelo filtro de pé da barragem, reduzindo-se muito o risco de erosão interna. Este é portanto um órgão de segurança essencial que precisa de ser observado e conservado. A observação dos caudais descarregados pelo filtro de pé, na fase do primeiro enchimento,

deverá ser tomada como uma característica da barragem, repetindo-se tendencialmente em condições análogas, de tal forma que um aumento ou redução deste valor poderá ser indicativo de problemas (dependendo do tipo de solos utilizados no aterro a percolação terá tendência para aumentar ou reduzir um pouco nos primeiros anos, por colmatação de fendas em terrenos argilosos ou sua abertura em terrenos mais arenosos).

O filtro de pé da barragem encontra-se de preferência seccionado por forma a possibilitar a observação dos caudais drenados por cada lado da barragem, independentemente. Perante a constatação da redução do caudal normalmente escoado por qualquer um deles, em condições de pleno enchimento, deverá admitir-se a possibilidade de desenvolvimento de um processo de obstrução interna dos filtros por raízes de arbustos, em resultado de falta de cuidado com o controle da vegetação na base do talude jusante. Trata-se de uma situação de risco, a que normalmente se associa um aumento das ressurgências no talude, desencadeando um processo de maior crescimento vegetal e aumento da obstrução até ao seu entupimento total. É assim imperativa a observação anual destes parâmetros, a par com o controle da vegetação. Caso não exista um controle adequado desta situação poderá ser necessário proceder ao seu desentupimento por recurso a equipamento adequado ou à construção de um novo filtro, caso aquele procedimento não resulte.

Os riscos associados a roturas na conduta de fundo resultam normalmente da sua má execução ou de danos sofridos durante a fase de construção. A solução recomendada minimiza alguns desses riscos, quer pelo seu revestimento em betão armado, que evita roturas resultantes de assentamentos diferenciais do aterro, quer por prever a sua execução em vala aberta no aterro, dispensando cofragens e a constituição de superfícies lisas na sua face exterior, e protegendo-a da maquinaria nas fases subseqüentes da construção. As condutas de fundo devem por essa razão ser testadas logo que possível, ou mediante ensaios de pressão ou, nas barragens de menor risco, por ensaio em funcionamento na fase do primeiro enchimento.

Em termos de segurança, a conduta de fundo serve apenas para permitir o abaixamento do nível ou o esvaziamento total da albufeira, essencialmente em cenários de infiltrações pelo aterro ou da existência de danos na própria conduta, podendo entretanto existir soluções alternativas para o efeito. O descarregador de superfície deverá por si só garantir a segurança perante a ocorrência de cheias, não devendo contribuir a conduta de fundo para esse objectivo senão em condições muito excepcionais.

Assim o mau funcionamento da mesma, desde que não implique libertação de caudais para o interior do aterro, representa mais um problema operacional do que um problema de segurança, e a sua importância pode ser bastante reduzida caso a mesma não seja utilizada para efeitos de rega. A existência de condições para a sua manutenção, sobretudo no que se refere à válvula de guilhotina, está entretanto condicionada pela quantidade de água

existente na albufeira, cujo esvaziamento total é normalmente indesejável, quer por razões económicas quer ambientais. Por outro lado, as necessidades de manutenção para o tipo de equipamento proposto são reduzidas: a válvula não está sujeita a importantes fenómenos de corrosão por estar permanentemente submersa, e o seu sistema de accionamento, por rotação livre, não está sujeito a grandes esforços.

As soluções técnicas actuais, em termos de recolha de água para rega, permitem frequentemente ou a não utilização desta conduta ou a sua utilização em plena carga permanente, o que contribui para a sua reduzida operação, e um aumento da sua durabilidade. Neste contexto não se justifica o estabelecimento de um eventual plano de manutenção para a mesma, podendo apenas recomendar-se que, na eventualidade de serem detectados alguns problemas com o seu funcionamento, seja agendada a sua observação/reparação para uma data o mais próximo possível, normalmente aproveitando a fase final da campanha de rega de um ano mais seco, em que a quantidade de água na albufeira seja muito reduzida.

O Técnico

Eng. Falcão Estrada

Setembro 2014

# **BARRAGEM DO RIBEIRO DE LOBO**

**PROJECTO DE CONSTRUÇÃO**

**Anexo III - Reconhecimento geológico**

**proprietário:**

Herdade da Rendeira, Agropecuária S.A.

Aldeia da Venda

7200-020 SANTIAGO MAIOR

**Setembro**

**2014**

# INDICE

<b>♦ TEXTO</b>	<b>Pág.</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>2. TRABALHOS REALIZADOS</b>	<b>2</b>
<b>3. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO</b>	<b>4</b>
3.1 – ESTRATIGRAFIA	
3.2 – GEOLOGIA	
<b>4. ENQUADRAMENTO REGIONAL</b>	<b>7</b>
4.1 – GEOMORFOLOGIA E TECTÓNICA	
4.2 – CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS	
4.3 – SISMICIDADE	
<b>5. CONDIÇÕES DE FUNDAÇÃO</b>	<b>11</b>
<b>6. REUTILIZAÇÃO DE MATERIAIS</b>	<b>13</b>
<b>7. ANÁLISE DOS FACTORES DE APRECIÇÃO DAS CONDIÇÕES DE RISCO</b>	<b>17</b>

## **♦ PROSPECÇÃO**

Poços de reconhecimento, P1 a P8

## **♦ ENSAIOS DE LABORATÓRIO**

Amostras remexidas, nº 59741 e 59742

## **♦ PEÇAS DESENHADAS**

Fig. 1 - Planta de localização à escala 1:25.000;

Fig. 2 - Cartografia geológica de superfície à escala 1:4.000;

Fig. 3 - Perfil geológico interpretativo ao eixo da barragem.

## 1. INTRODUÇÃO

Tendo por objectivo proceder à construção duma barragem na Herdade da Rendeira, situado nas proximidades de Aldeia da Venda (Reguengos de Monsaraz), foi solicitada pelo **GES – Gabinete de Engenharia do Sor**, a realização do reconhecimento das condições geológicas de superfície da zona de implantação da referida barragem.

Para apoio à elaboração do estudo em curso dispôs-se de planta topográfica de localização extraída da Carta Militar nº462, à escala 1:25.000, e ao levantamento topográfico da área envolvente à barragem, na escala 1:4.000.

Na presente memória faz-se referência aos trabalhos efectuados e descrevem-se os resultados obtidos. A análise do conjunto de elementos estabelecidos permitiu definir os diversos aspectos associados ao projecto de execução da futura barragem no que concerne às características geológico-geotécnicas, nomeadamente, o enquadramento regional, as condições de fundação e a reutilização de materiais.

## **2. TRABALHOS REALIZADOS**

Os trabalhos de cartografia geológica consistiram na realização do reconhecimento superficial de pormenor da área de implantação da futura barragem e respectiva albufeira.

O referido reconhecimento geológico de superfície foi complementado com a realização de 8 poços de reconhecimento, P1 a P8, realizados com recurso a meios mecânicos, do tipo rectro-escavadora. Os poços de reconhecimento foram dispostos segundo o eixo da futura barragem. A planta de localização fornecida em anexo ao presente relatório referencia a distribuição dos poços de reconhecimento no terreno.

O comportamento rochoso generalizado do maciço a relativa reduzida profundidade condicionou a capacidade de escavação do equipamento utilizado.

Os poços efectuados permitiram a observação em contínuo do perfil do terreno, bem como, a avaliação de eventuais ocorrências de água até à profundidade investigada.

Os registos referentes aos poços realizados, onde se indicam a sequência lito-estratigráfica e a descrição macroscópica dos terrenos ocorrentes, e os diagramas individuais dos ensaios de laboratório, são incluídos em anexo ao texto.

Foram ainda realizados 2 poços complementares (P9 e P10), na área montante à futura barragem, para a colheita de amostras remexidas sobre as quais se procedeu a posterior caracterização laboratorial. Estas foram consideradas como representativas da eventual futura mancha de empréstimo.

O posicionamento dos poços complementares encontra-se também indicada na palanta de localização anexa.

### **3. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO**

#### **3.1 ESTRATIGRAFIA**

A definição das unidades geológicas interessadas na zona de implantação futura barragem foi estabelecida com base no reconhecimento de superfície e na análise de elementos bibliográficos disponíveis, com destaque para a Carta Geológica de Portugal, Folha 40-B (Reguengos de Monsaraz), à escala 1:50.000.

Com base nos elementos recolhidos, foi possível estabelecer-se a seguinte sequência estratigráfica da extensão em análise:

#### **RECENTE**

- Terra vegetal (Tv)
  
- Depósitos coluvionares (Co)

#### **CÂMBRICO - ORDOVÍCIO INFERIOR**

“Formação de Ossa” (Os) – Xistos luzentes

### 3.2 GEOLOGIA

A zona de implantação da futura barragem encontra-se situada em terrenos de idade câmbrica a ordovícica, representados essencialmente por rochas metamórficas.

É referenciada a presença de maciço essencialmente xistoso com intercalações quartzofílicas, atribuído à formação de Ossa (Os). Este encontra-se recoberto localizadamente por depósitos recentes, coluvionares (Co).

Generalizadamente, em toda a área reconhecida, os terrenos apresentavam horizonte superficial pelicular, de terra vegetal (Tv) com composição essencialmente silto-argilosa, com contaminação orgânica. Este horizonte evidencia espessura algo regular, com valores médios da ordem dos 0.20-0.40 metros.

Na zona confinante ao eixo do vale, coincidente com a linha de água a represar, foi definida a presença de depósitos coluvionares (Co).

A sua expressão é relativamente reduzida em termos de espessura atingindo valores máximos da ordem dos 1,00 a 1,50 metros. Em termos de extensão lateral atinge, ao eixo da futura barragem, cerca de 50 a 60 metros.

O coluvião caracteriza-se por composição litológica predominantemente silto-areno-argilosa, apresentando seixos dispersos, por vezes muito abundantes.

O substrato definido pela realização dos poços de reconhecimento revelou a ocorrência de maciço caracterizado pela presença de rochas de natureza xistosa com intercalações quartzíticas (Os).

A parte mais superficial do maciço é constituída por um nível decomposto ( $W_5$ ) resultante da meteorização intensa da rocha matriz. A espessura do referido nível, ao longo do perfil, facultou valores a variarem entre cerca de 0.3 e 1.5 metros.

A sua composição é essencialmente silto-argilosa, com componente arenosa mais ou menos desenvolvida. Nalgumas zonas verificam-se nestes solos de decomposição a ocorrência abundante de fragmentos quartzíticos, com dimensão entre o seixo e blocos.

Inferiormente, com o incremento da profundidade, verificou-se gradual melhoria no que concerne aos estados de alteração e fracturação do maciço, caracterizando-se sob o nível descrito pela existência de rocha medianamente alterada ( $W_3$ ) e pouco fracturada.

Os afloramentos rochosos presentes na área da futura barragem permitiram proceder à verificação da orientação das principais famílias de fracturação, que se passam a descrever:

F1 – N35° a 40°E, 70°SW a S.V.

(Coincidente com a xistosidade)

F2 –N40° a 60°W, S.V.

As fracturas apresentam-se genericamente fechadas.

Aquando da execução dos poços de reconhecimento, e até às profundidades atingidas, não foi reconhecida presença de água. Apenas na charca artificial existente no local foi definida a presença de água a cerca de 2.5 a 3.0 metros de profundidade (Set.' 2014).

## **4. ENQUADRAMENTO REGIONAL**

### **4.1 GEOMORFOLOGIA E TECTÓNICA**

No que concerne à geomorfologia, a área de implantação da futura barragem encontra-se inserida na Zona Sul Portuguesa, numa das três unidades referenciadas a nível regional, denominada de “peneplanície Alentejana”.

A unidade interessada é constituída essencialmente por rochas sedimentares, localizadamente metamorfizadas, cujos afloramentos conferem aos terrenos relevo algo irregular.

A área envolvente à futura barragem revelou modelado topográfico ligeiramente irregular, com relevos pouco proeminentes, encaixando vales relativamente abertos. A região de inserção da barragem apresenta cotas que variam genericamente entre os 90 e os 105 metros.

Em termos hidrológicos, a drenagem superficial apresenta aspecto dendrítico predominante.

A linha de água a interessar, Ribeiro do Lobo, exhibe desenvolvimento próximo de S-E. Trata-se de um elemento secundário, afluente da Ribeira de Azevel que desagua na albufeira da Barragem do Alqueva.

A referida linha de água apresenta carácter sazonal, encontrando-se seca nos períodos de estiagem. Em períodos de pluviosidade intensa os caudais envolvidos poderão exhibir carácter torrencial.

Em termos litológicos a formação predominante é constituída essencialmente por xistos e quartzítos.

## 4.2 CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS

As tipologias litológicas presentes na zona de implantação da futura barragem permitem o estabelecimento de aquíferos de permeabilidade por fissuração em relação com a rocha xistosa medianamente a muito alterada, e aquíferos de permeabilidade por porosidade a nível dos solos residuais resultantes da meteorização intensa do maciço rochoso propriamente dito.

A aptidão hidrogeológica das formações recentes, coluvionares, é elevada, mas a sua pequena expressão reduz a sua relevância no contexto geral.

Em relação com a formação rochosa, xistosa, a produtividade hidrogeológica é genericamente baixa, com excepção para as zonas onde o maciço se apresente mais alterado e/ou decomposto.

### 4.3 SISMICIDADE

A zona da futura barragem desenvolve-se na zona B definida pelo Regulamento de Segurança e Acções (RSA) para onde se atribui um valor de coeficiente de sismicidade  $\alpha=0.7$ .

As unidades geológicas interessadas distribuem-se quanto à natureza do terreno pelos tipos I, II e III, do referido Regulamento.

No tipo I inserem-se os horizontes com comportamento rochoso franco, referenciados com índices de alteração compreendidos entre  $W_1$  e  $W_3$ .

No tipo II incluem-se os terrenos referenciados no estudo geotécnico com índices de alteração  $W_4$  e  $W_{5-4}$ .

Os solos brandos e aluvio-coluvionares incluem-se no tipo III.

Segundo a Carta de Casualidade Sísmica de Portugal (Oliveira, 1973), para um período de retorno de 1000 anos, serão expectáveis os seguintes parâmetros sísmicos:

Aceleração máxima	125 cm/s <sup>2</sup>
Velocidade	11,5 cm/s
Deslocamento	5,5 cm

## 5. CONDIÇÕES DE FUNDAÇÃO

A realização de campanha de prospecção ao longo do eixo da futura barragem, envolvendo a execução de 8 poços de reconhecimento permitiu estabelecer uma aproximação ao dispositivo geológico local.

A prospecção revelou a ocorrência de substrato rochoso, constituído por xistos e quartzitos, com recobrimento terroso constituído por solos residuais provenientes da alteração intensa do maciço subjacente e, localizadamente, com recoberto recente de deposições aluvio-coluvionares de relativa, reduzida expressão em termos de espessura.

As condições geotécnicas recomendam a decapagem do horizonte de terra vegetal.

No intuito de garantir características optimizadas para implantação do corpo da barragem, o nível de solos residuais deverá ser atravessado, recorrendo à mobilização do maciço rochoso nos seus níveis medianamente a pouco alterados. A análise dos dados decorrentes dos poços de reconhecimento demonstrou que, por tendência, deverão ser mobilizadas profundidades ao eixo para fundação da barragem generalizadamente compreendidas entre cerca de 1.0 e 3.0 metros, abrangendo cotas que reúnam as condições de estanquicidade adequadas para a implantação da futura vala “corta-águas”.

Foi contudo identificada uma zona particular relacionada com a presença de uma charca artificial, na margem direita do vale (encontro Sul), coincidindo sensivelmente com o alinhamento do eixo proposto para a barragem.

Esta charca registava na altura do reconhecimento presença de água pelo que não foi possível identificar a sua respectiva profundidade, bem como, a origem da água. Por este motivo foram dadas instruções para a bombagem da água e limpeza integral de charca.

O posterior visionamento permitiu uma melhor percepção do perfil do terreno e designadamente a presença de fracturação com ocorrência de percolação alimentado a referida charca a uma profundidade de cerca de 5 metros. Na sua base foi ainda identificado um poço rebaixado cerca de 1 metro relativamente a essa cota.

Na sequência destas observações foi estipulada para a zona uma profundidade média para a vala corta-águas de 6 metros, tendo-se insistido na manutenção do eixo da barragem sobre esta charca de forma a obrigar ao seu adequado tratamento. Permitiu também poder utilizar a profundidade do seu fixe como referência para as escavações que partem daí para os encontros.

Apesar de não ser provável, na eventualidade de, aquando da abertura da vala de inserção, se observarem singularidades do dispositivo geológico local que possam questionar a estanquicidade e/ou a resistência da fundação, admite-se a possibilidade de recurso a medidas de consolidação e/ou impermeabilização do terreno. Reforça-se a recomendação do acompanhamento destes trabalhos por técnico experiente.

## 6. REUTILIZAÇÃO DE MATERIAIS

A relativa pequena possança dos solos com aptidão para reutilização nas imediações do local da futura barragem condicionou a selecção dos locais para colheita de amostras. Por este motivo procedeu-se a uma avaliação generalizada em toda a zona a expropriar pela albufeira da futura barragem.

Assim, com o objectivo de estabelecer a caracterização laboratorial e avaliar os parâmetros de reutilização dos terrenos ocorrentes, procedeu-se à análise de duas amostras de solos remexidos colhidas em poços realizados na zona da futura albufeira (P9 e P10).

Os solos amostrados e ensaiados foram considerados como os representativos dos materiais que se encontram disponíveis na zona potencial de empréstimo para a execução da obra.

O programa de ensaios laboratoriais estabelecido envolveu a realização dos seguintes ensaios e/ou determinações:

- Análise granulométrica, por peneiração (LNEC E196 e E239)
- Teor em água natural (NP 84)
- Limites de consistência de Atterberg, LL e LP (NP 143)
- Ensaio de compactação Proctor Normal (LNEC E197)

Os ensaios laboratoriais realizados sobre as amostras seleccionadas revelaram a presença de solos predominantemente siltosos com componente areno-argilosa, por vezes, muito desenvolvida, e pontualmente a presença de seixo muito abundante.

No que concerne à Classificação Rodoviária AASHTO os solos ensaiados são englobáveis na classe A-4(2) e A-4(6), e nos grupos SC e ML da Classificação Unificada.

Os solos em presença, incluídos nos grupos SC e ML, podem pressupor comportamento algo distinto no que concerne à aptidão para reutilização em barragens de terra. Em termos de localização os solos ML são os que se encontram mais perto da zona de implantação da barragem (P9), sendo os solos SC os mais distantes (P10).

Os solos incluídos no grupo SC pressupõem boas características no que se refere à impermeabilidade, trabalhabilidade e, compressibilidade e resistência a tensões de corte após compactação, mais adequados para reutilização na vala corta-águas e no núcleo da barragem.

Os solos do grupo ML mantêm boas características relativamente à impermeabilidade, mas menos qualidades no que concerne à trabalhabilidade e às compressibilidade e resistência a tensões de corte após compactação.

A escassez e distância aos solos de melhor qualidade tornam recomendável a mistura prévia das duas tipologias de solos (50/50) para um comportamento mais homogéneo e favorável.

Os ensaios de compactação laboratorial, Proctor normal, realizados em relação com as amostras facultaram valores de baridade seca máxima ( $\gamma_{d_{m\acute{a}x}}$ ) compreendidos entre 17,6 e 20,0 kN.m<sup>-3</sup>, para teores em humidade óptimo ( $W_{opt}$ ) de respectivamente 17,0 e 10,4%.

Apesar da recomendação para a mistura dos solos, os valores decorrentes dos ensaios de compactação em laboratório, deverão ser considerados como referência dos tipos de solos em presença, constituindo indicadores no que respeita aos parâmetros de compactação, nomeadamente a compactação relativa e o teor óptimo em água, a estabelecer *in situ* aquando da realização dos aterros em fase de obra.

O teor em humidade natural dos solos a aplicar poderá apresentar relativamente aos teores óptimos definidos em laboratório, desvios não superiores a 2%. O valor de compactação relativa deverá corresponder a valores iguais ou superiores a 95% (Proctor normal).

Deverá ser considerada como área de empréstimo a zona de implantação da albufeira da futura barragem com eventual extensão a terrenos periféricos. Mediante os dados decorrentes da prospecção efectuada pressupõe-se espessura média de solos reutilizáveis, de cerca de 1.0 metros.

Em virtude da sua importância vital, o procedimento de compactação deverá ser cuidado e controlado, efectuado sobre camadas sucessivas de espessura não superior a 0.40 metros, recorrendo a cilindro potente com capacidade de vibração, preferencialmente dever-se-á dispor de cilindro tipo “pés-de-carneiro”. É desaconselhável nos aterros a utilização de elementos que ultrapassem, na sua dimensão maior, 1/3 da espessura das camadas a compactar.

Recomenda-se que a inclinação máxima a praticar em relação com os taludes dos paramentos da barragem seja igual ou inferior a  $V/H = 1/2$ , devendo o paramento de montante dispor de cobertura de protecção com recurso à implementação de “rip-rap”.

Os resultados dos ensaios de laboratório realizados sobre as amostras seleccionadas encontram-se descritos no Relatório das Amostras apresentado na página seguinte. Os boletins individuais de ensaio são fornecidos em anexo à presente memória.



## 7. ANÁLISE DOS FACTORES DE APRECIÇÃO DAS CONDIÇÕES DE RISCO

O presente capítulo visa a análise dos factores de apreciação das condições de risco decorrentes das características locais associadas a condicionalismos geológico-geotécnicos, designadamente, a sismicidade e a probabilidade de escorregamento de taludes da albufeira (Factor E), e as fundações (Factor F), segundo o Regulamento de Segurança de Barragens (RSB).

Estes factores, em conjugação com factores de outra índole, permitem estabelecer o índice global EFR, tendo por objectivo a elaboração do plano de observação da barragem.

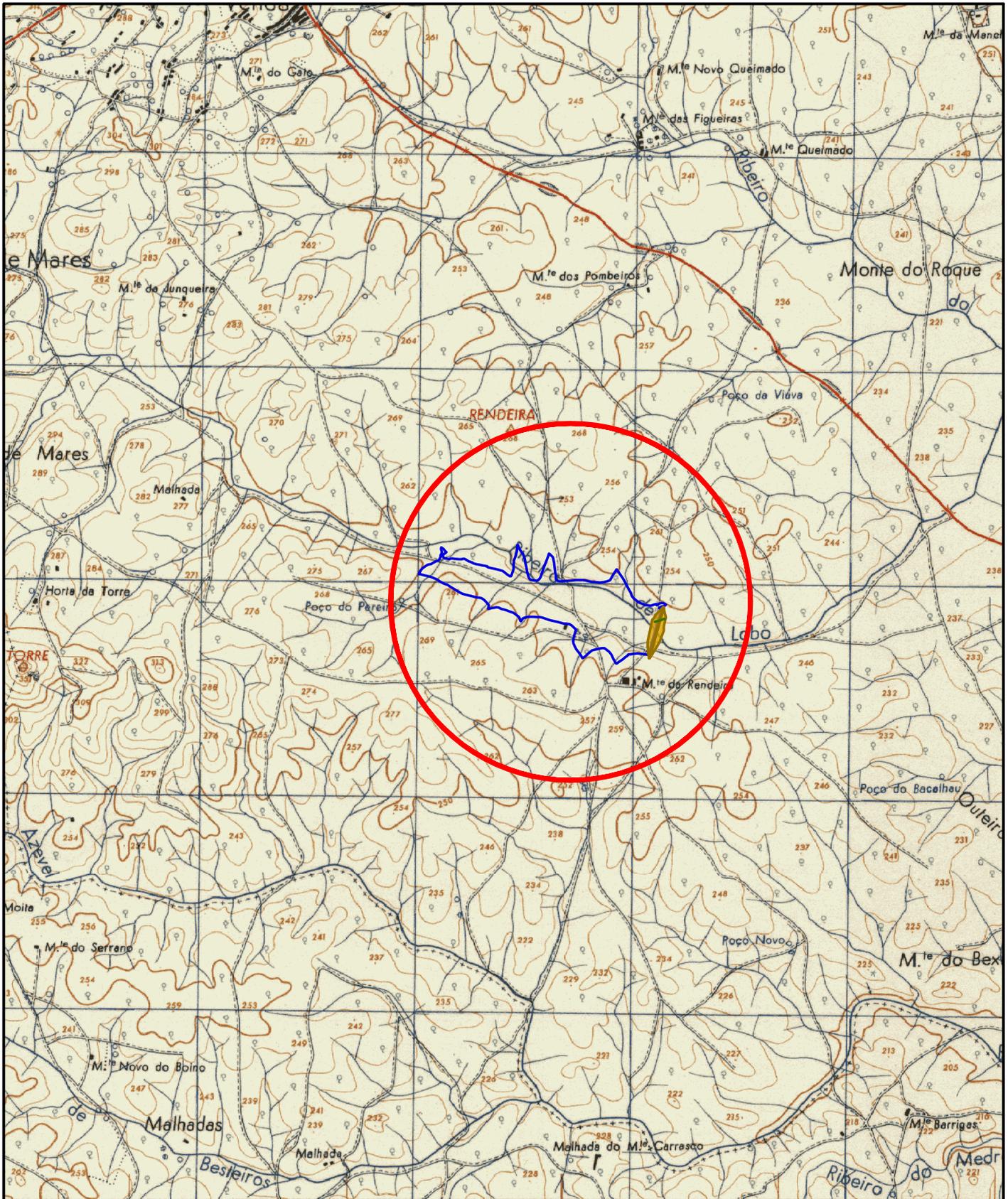
O quadro 1 detalha o índice parcial a considerar para cada um dos factores indicados:

**Quadro 1** – Factores de apreciação das condições de risco

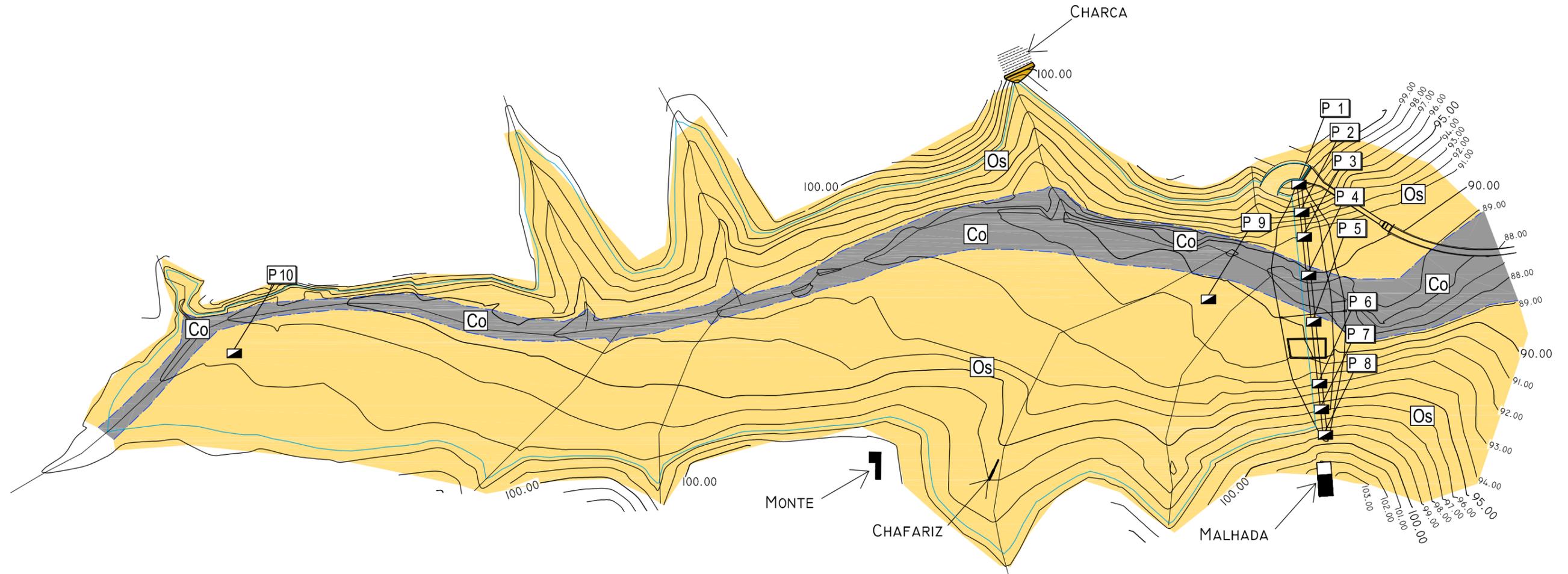
Factores de apreciação das condições de risco	Condições locais	Índice parcial a considerar ( $\alpha$ )
Sismicidade (período de retorno de 1000 anos)	Baixa ( $0.1g < a < 0.2g$ )	3
Escorregamento de taludes (probabilidade)	Baixa	2
Fundações	Boas	2

Ponte Sor, Outubro de 2014

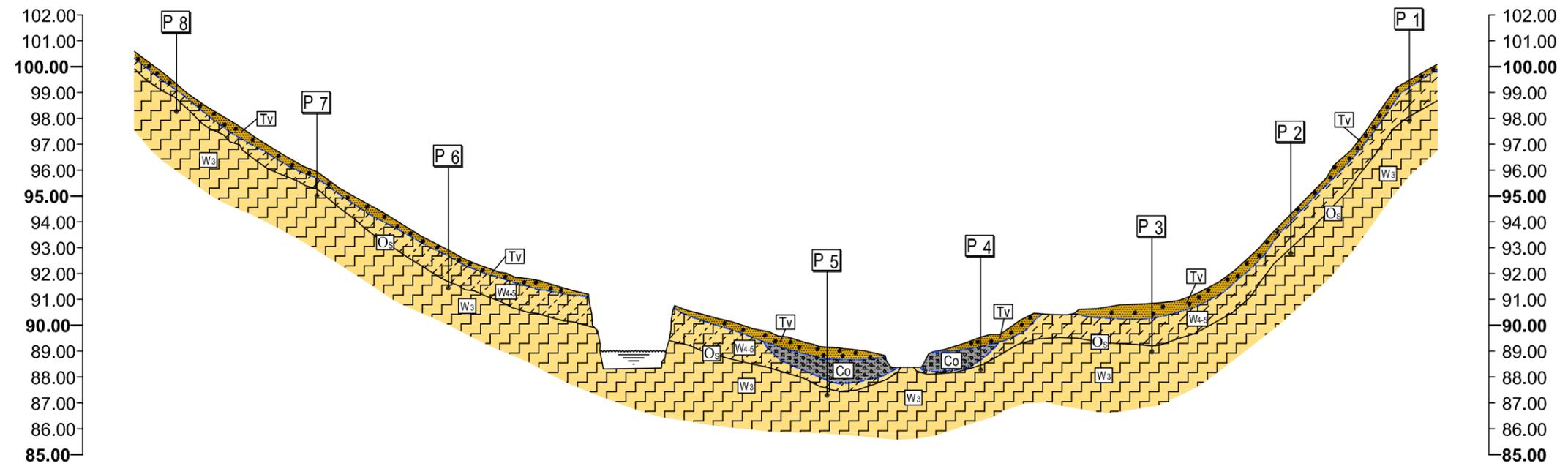
Hélio Nunes  
(Eng. Geólogo)



cliente: HERDADE DA RENDEIRA, AGROPECUÁRIA S.A.	data: Set .14	<b>G.E.S.</b>
<b>BARRAGEM DO RIBEIRO DE LOBO</b>	escala: 1/25.000	
LOCALIZAÇÃO CM 462	alterações:	desenho nº: <b>1</b>
o técnico responsável:	referência: 460/14	

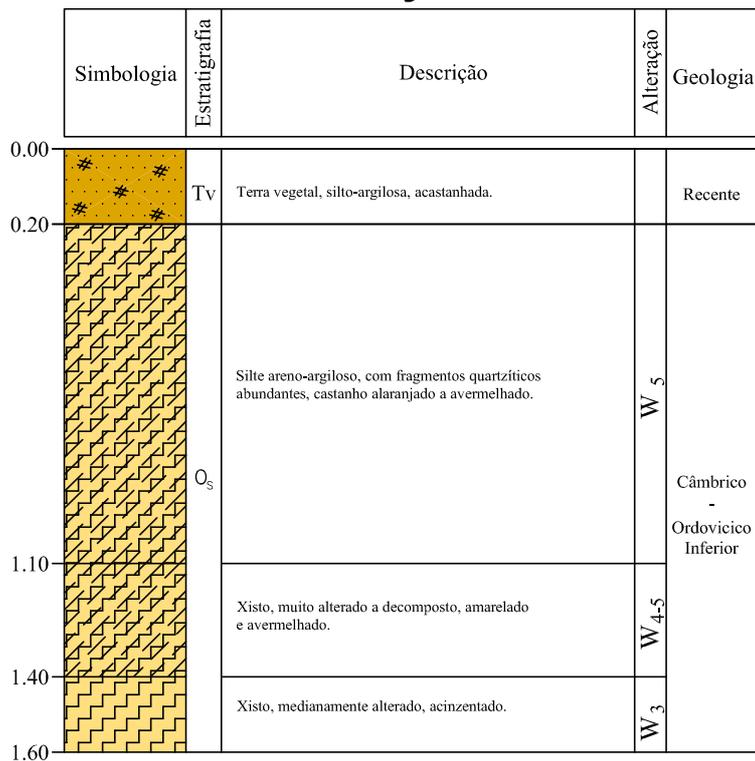


LEGENDA			
RECENTE		CÂMBRICO - ORDOVICÍCO INFERIOR	
Co		Os	
	Depósitos Coluvionares		Formação de Ossa
Notações			
 Limite Geológico			
<b>G.E.S - Gabinete de Engenharia de Sor</b>			
Descrição: <b>BARRAGEM DO RIBEIRO DO LOBO - SANTIAGO MAIOR -</b>	Escalas: 1 / 4.000	Desenho N°:	
Cartografia Geológica de Superfície	Data: Set. 2014		



LEGENDA		
<b>RECENTE</b> [Tv] Terra Vegetal [Co] Depósitos Coluvionares		<b>CÂMBRICO - ORDOVICÓICO INFERIOR</b> [Os] Formação de Ossa
[Argila] Argila arenosa com contaminação orgânica. [Silte Litócos] Silte arenoso-argiloso, com fragmentos litócos.	[Silte Quartzítico] Silte arenoso-argiloso, com fragmentos quartzíticos (xisto decomposto a muito alterado). [Xisto] Xisto medianamente alterado, com intercalações de níveis quartzíticos.	
<b>Notações</b> - - - - - Limite Geológico      ———— Limite Litológico		
<b>ESTADOS DE ALTERAÇÃO (S.I.M.R.)</b>		
[W1]-Rocha sã	[W2]-Rocha pouco alterada	[W3]-Rocha medianamente alterada
[W4]-Rocha muito alterada	[W5]-Rocha decomposta	
<b>G.E.S - Gabinete de Engenharia de Sor</b>		
Descrição: <b>BARRAGEM DO RIBEIRO DO LOBO</b> <b>- SANTIAGO MAIOR -</b> Perfil Geológico Interpretativo	Escalas: H: 1/1.000 V: 1/200 Data: Set 2014	Desenho N°:

## POÇO 1



### LEGENDA

#### RECENTE

Terra vegetal

Argila arenosa, com contaminação orgânica.

Depósitos Coluvionares

Silte areno-argiloso, com fragmentos líticos.

#### CÂMBRICO - ORDOVICÍCO INFERIOR

Formação de Ossa

Silte areno-argiloso, com fragmentos quartzíticos (xisto decomposto a muito alterado).

Xisto medianamente alterado, com intercalações de níveis quartzíticos.

#### ESTADOS DE ALTERAÇÃO (S.I.M.R.)

[W1]-Rocha sã

[W2]-Rocha pouco alterada

[W3]-Rocha medianamente alterada

[W4]-Rocha muito alterada

[W5]-Rocha decomposta

## G.E.S - Gabinete de Engenharia de Sor

Descrição: **BARRAGEM DO RIBEIRO DO LOBO**  
- SANTIAGO MAIOR -  
Poço de Reconhecimento

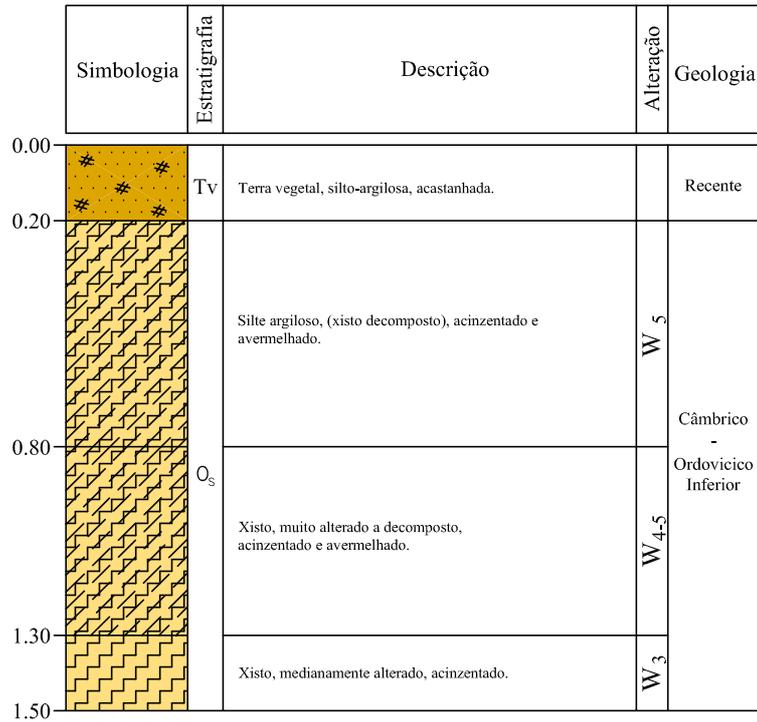
Escala: 1:20

Data: Set` 2014

Poço N°:

P1

## POÇO 2



### LEGENDA

#### RECENTE

Terra vegetal

Argila arenosa, com contaminação orgânica.

Depósitos Coluvionares

Silte areno-argiloso, com fragmentos líticos.

#### CÂMBRICO - ORDOVICÍCO INFERIOR

Formação de Ossa

Silte areno-argiloso, com fragmentos quartzíticos (xisto decomposto a muito alterado).

Xisto medianamente alterado, com intercalações de níveis quartzíticos.

#### ESTADOS DE ALTERAÇÃO (S.I.M.R.)

[W1]-Rocha sã

[W2]-Rocha pouco alterada

[W3]-Rocha medianamente alterada

[W4]-Rocha muito alterada

[W5]-Rocha decomposta

## G.E.S - Gabinete de Engenharia de Sor

Descrição: **BARRAGEM DO RIBEIRO DO LOBO**  
- SANTIAGO MAIOR -  
Poço de Reconhecimento

Escala: 1:20

Data: Set` 2014

Poço N°:

P2

## POÇO 3

	Simbologia	Estratigrafia	Descrição	Alteração	Geologia
0.00		Tv	Terra vegetal, silto-argilosa, acastanhada		Recente
0.50		Os	Silte arenoso-argiloso, com fragmentos quartzíticos abundantes, castanho alaranjado a avermelhado.	W 5	Câmbrico - Ordoviciano Inferior
1.60			Xisto, medianamente alterado, com intercalações de níveis quartzíticos, avermelhado	W 3	
1.80					

### LEGENDA

#### RECENTE

Terra vegetal

Argila arenosa, com contaminação orgânica.

Depósitos Coluvionares

Silte arenoso-argiloso, com fragmentos líticos.

#### CÂMBRICO - ORDOVICÍCO INFERIOR

Formação de Ossa

Silte arenoso-argiloso, com fragmentos quartzíticos (xisto decomposto a muito alterado).

Xisto medianamente alterado, com intercalações de níveis quartzíticos.

#### ESTADOS DE ALTERAÇÃO (S.I.M.R.)

[W1]-Rocha sã

[W2]-Rocha pouco alterada

[W3]-Rocha medianamente alterada

[W4]-Rocha muito alterada

[W5]-Rocha decomposta

## G.E.S - Gabinete de Engenharia de Sor

Descrição: **BARRAGEM DO RIBEIRO DO LOBO**  
- SANTIAGO MAIOR -  
Poço de Reconhecimento

Escala: 1:20

Data: Set` 2014

Poço N°:

P3

## POÇO 4

	Simbologia	Estratigrafia	Descrição	Alteração	Geologia
0.00		Tv	Terra vegetal, silto-argilosa, com seixo, cinzento acastanhada.		Recente
0.30		Co	Silte areno-argiloso, com seixo abundante, acimentado (coluvião).		
0.80		Os	Xisto, muito alterado a decomposto, cinzento.	W <sub>4-5</sub>	Câmbrico -
1.00			Xisto, medianamente alterado, cinzento.	W <sub>3</sub>	Ordoviciano Inferior
1.20					

### LEGENDA

#### RECENTE

Terra vegetal

Argila arenosa, com contaminação orgânica.

Depósitos Coluvionares

Silte areno-argiloso, com fragmentos líticos.

#### CÂMBRICO - ORDOVICÍCO INFERIOR

Formação de Ossa

Silte areno-argiloso, com fragmentos quartzíticos (xisto decomposto a muito alterado).

Xisto medianamente alterado, com intercalações de níveis quartzíticos.

#### ESTADOS DE ALTERAÇÃO (S.I.M.R.)

[W1]-Rocha sã

[W2]-Rocha pouco alterada

[W3]-Rocha medianamente alterada

[W4]-Rocha muito alterada

[W5]-Rocha decomposta

## G.E.S - Gabinete de Engenharia de Sor

Descrição: **BARRAGEM DO RIBEIRO DO LOBO**  
- SANTIAGO MAIOR -  
Poço de Reconhecimento

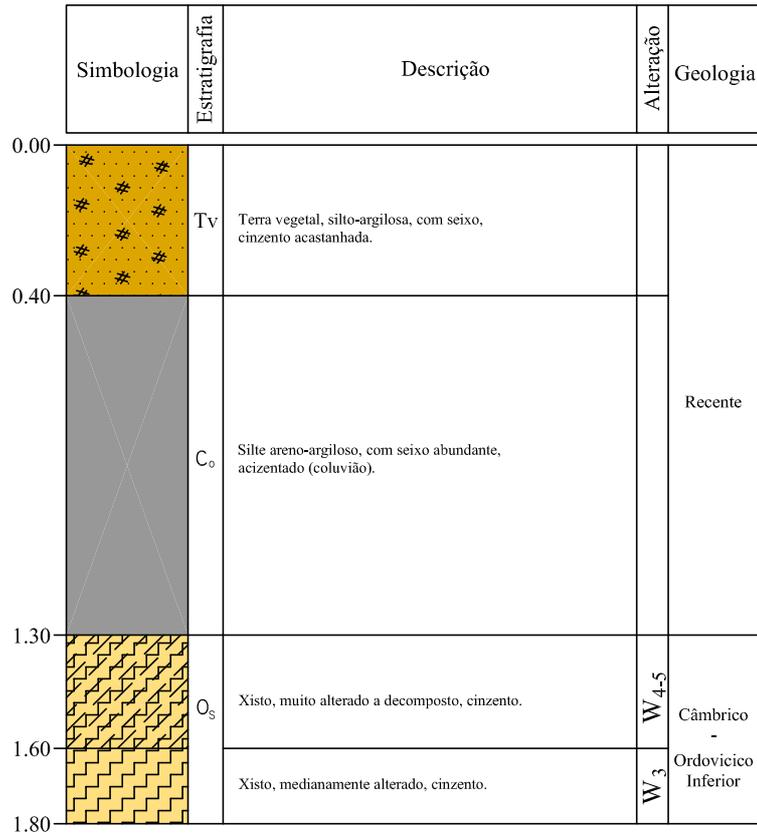
Escala: 1:20

Data: Set` 2014

Poço N°:

P4

## POÇO 5



### LEGENDA

#### RECENTE

Terra vegetal

Argila arenosa, com contaminação orgânica.

Depósitos Coluvionares

Silte areno-argiloso, com fragmentos líticos.

#### CÂMBRICO - ORDOVÍCIO INFERIOR

Formação de Ossa

Silte areno-argiloso, com fragmentos quartzíticos (xisto decomposto a muito alterado).

Xisto medianamente alterado, com intercalações de níveis quartzíticos.

#### ESTADOS DE ALTERAÇÃO (S.I.M.R.)

[W1]-Rocha sã

[W2]-Rocha pouco alterada

[W3]-Rocha medianamente alterada

[W4]-Rocha muito alterada

[W5]-Rocha decomposta

## G.E.S - Gabinete de Engenharia de Sor

Descrição: **BARRAGEM DO RIBEIRO DO LOBO**  
- SANTIAGO MAIOR -  
Poço de Reconhecimento

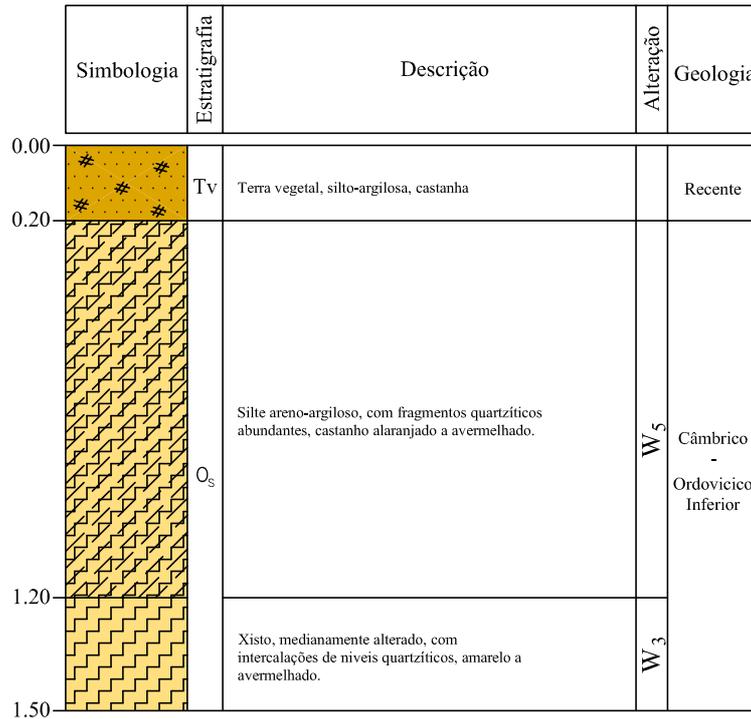
Escala: 1:20

Data: Set` 2014

Poço N°:

P5

## POÇO 6



### LEGENDA

#### RECENTE

Terra vegetal

Argila arenosa, com contaminação orgânica.

Depósitos Coluvionares

Silte areno-argiloso, com fragmentos líticos.

#### CÂMBRICO - ORDOVÍCIO INFERIOR

Formação de Ossa

Silte areno-argiloso, com fragmentos quartzíticos (xisto decomposto a muito alterado).

Xisto medianamente alterado, com intercalações de níveis quartzíticos.

#### ESTADOS DE ALTERAÇÃO (S.I.M.R.)

[W1]-Rocha sã

[W2]-Rocha pouco alterada

[W3]-Rocha medianamente alterada

[W4]-Rocha muito alterada

[W5]-Rocha decomposta

## G.E.S - Gabinete de Engenharia de Sor

Descrição: **BARRAGEM DO RIBEIRO DO LOBO**  
- SANTIAGO MAIOR -  
Poço de Reconhecimento

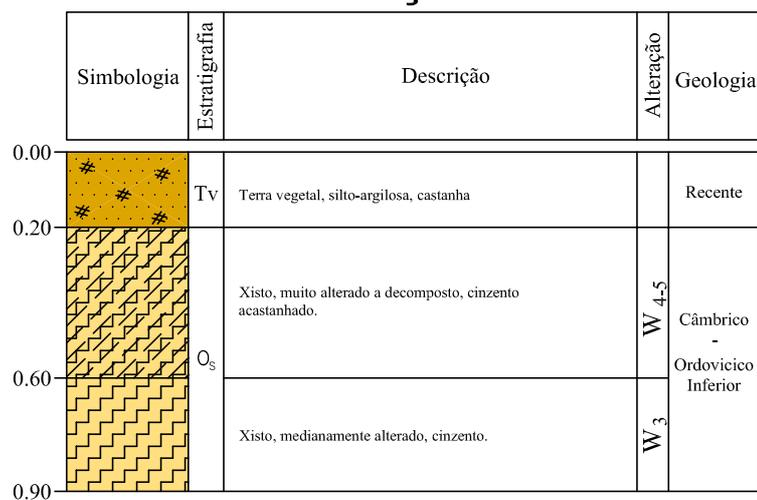
Escala: 1:20

Data: Set` 2014

Poço N°:

P6

## POÇO 7



### LEGENDA

#### RECENTE

Tv Terra vegetal

Argila arenosa, com contaminação orgânica.

Co Depósitos Coluvionares

Silte areno-argiloso, com fragmentos líticos.

#### CÂMBRICO - ORDOVICÍCO INFERIOR

Os Formação de Ossa

Silte areno-argiloso, com fragmentos quartzíticos (xisto decomposto a muito alterado).

Xisto medianamente alterado, com intercalações de níveis quartzíticos.

#### ESTADOS DE ALTERAÇÃO (S.I.M.R.)

[W1]-Rocha sã

[W2]-Rocha pouco alterada

[W3]-Rocha medianamente alterada

[W4]-Rocha muito alterada

[W5]-Rocha decomposta

## G.E.S - Gabinete de Engenharia de Sor

Descrição: **BARRAGEM DO RIBEIRO DO LOBO**  
- SANTIAGO MAIOR -  
Poço de Reconhecimento

Escala: 1:20

Data: Set` 2014

Poço N°:

P7

## POÇO 8

	Simbologia	Estratigrafia	Descrição	Alteração	Geologia
0.00		Tv	Terra vegetal, silto-argilosa, cinzento avermelhada		Recente
0.30					
0.60		Os	Xisto, medianamente alterado, cinzento.	W <sub>4-5</sub>	Câmbrico - Ordovício Inferior
1.00				W <sub>3</sub>	

### LEGENDA

#### RECENTE

Terra vegetal

Argila arenosa, com contaminação orgânica.

Depósitos Coluvionares

Silte areno-argiloso, com fragmentos líticos.

#### CÂMBRICO - ORDOVÍCIO INFERIOR

Formação de Ossa

Silte areno-argiloso, com fragmentos quartzíticos (xisto decomposto a muito alterado).

Xisto medianamente alterado, com intercalações de níveis quartzíticos.

#### ESTADOS DE ALTERAÇÃO (S.I.M.R.)

[W1]-Rocha sã

[W2]-Rocha pouco alterada

[W3]-Rocha medianamente alterada

[W4]-Rocha muito alterada

[W5]-Rocha decomposta

## G.E.S - Gabinete de Engenharia de Sor

Descrição: **BARRAGEM DO RIBEIRO DO LOBO**  
- SANTIAGO MAIOR -  
Poço de Reconhecimento

Escala: 1:20

Data: Set` 2014

Poço N°:

P8

# **BARRAGEM DO RIBEIRO DE LOBO**

**PROJECTO DE CONSTRUÇÃO**

**Anexo IV - Ensaios laboratoriais**

**proprietário:**

Herdade da Rendeira, Agropecuária S.A.

Aldeia da Venda

7200-020 SANTIAGO MAIOR

**Setembro 2014**



## Resultados

**Procedimento da amostragem :** Responsabilidade do Cliente
**Tipo de Amostra :** REMEXIDA
**Descrição :** Silte areno-argiloso, castanha claro.
**Classificação**

 Unificada : s(ML)  
 ASTM (D2487-00)

GTR : \_\_\_\_\_

 Rodoviária (E 240) A-4(6)  
 ASTM (D3282-97) \_\_\_\_\_

 Teor em Água  $w =$  \_\_\_\_\_ % Densidade das Partículas  $G =$  \_\_\_\_\_  $\rho =$  \_\_\_\_\_ g/cm<sup>3</sup>
**Características Ponderais**

 (\*) Teor em matéria orgânica = \_\_\_\_\_ %  $\rho_d =$  \_\_\_\_\_ g/cm<sup>3</sup>
 $Ph =$  \_\_\_\_\_

**Limites de Consistência**

Preparação por via

 Seca  
 Húmida

 $LL =$  32 %  $LP =$  24 % (\*)  $LR =$  \_\_\_\_\_ %  $IP =$  8
**Azul de Metileno (\*)**

(Expresso em gramas de azul metileno por 100g de solo seco)

**Características Granulométricas**

Preparação por via

 Seca  
 Húmida

 $\% < 2,00 \text{ mm} =$  87
 $\% < 0,420 \text{ mm} =$  77
 $\% < 0,074 \text{ mm} =$  64
 $\% < 0,002 \text{ mm} =$  15
 $Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$  \_\_\_\_\_  $Cc =$  \_\_\_\_\_

 $EA =$  \_\_\_\_\_

**Expansibilidade (\*)**

\_\_\_\_\_ % Provete sujeito a uma carga de \_\_\_\_\_ g

**Compactação (Proctor)**

Molde	Tipo de Ensaio	$\gamma_{dmax}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$W_{opt}$ (%)
<b>Pequeno</b>	<b>LEVE</b>	<b>1.76</b>	<b>17</b>

**CBR**

Condições de moldagem

Cr =					%
Desvio =					%
CBR =					%
Expansibilidade =					%

**Coefficiente (\*)**

Fragmentabilidade = \_\_\_\_\_ Degradabilidade = \_\_\_\_\_

**Compressibilidade (\*)**
 $Cc =$  \_\_\_\_\_  $\sigma_a =$  \_\_\_\_\_ kN/m<sup>2</sup>  $e_0 =$  \_\_\_\_\_  $Cv =$  \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>/s  $K =$  \_\_\_\_\_ m/s

**Resistência (\*)** Compressão simples :

 $qu =$  \_\_\_\_\_ kPa  $Ei =$  \_\_\_\_\_ kPa

 Corte directo :  UU  CU  CD  $C =$  \_\_\_\_\_ kPa  $\theta =$  \_\_\_\_\_ °  $C' =$  \_\_\_\_\_ kPa  $\theta' =$  \_\_\_\_\_ °

 Compressão triaxial :  UU  CU  CD  $\sigma_3 =$  \_\_\_\_\_ kN/m<sup>2</sup>  $C =$  \_\_\_\_\_ kN/m<sup>2</sup>  $\theta =$  \_\_\_\_\_ °

 $\sigma_1 =$  \_\_\_\_\_ kN/m<sup>2</sup>  $C' =$  \_\_\_\_\_ kN/m<sup>2</sup>  $\theta' =$  \_\_\_\_\_ °

 $Ei =$  \_\_\_\_\_ kN/m<sup>2</sup>
**Permeabilidade (\*)**
 $K =$  \_\_\_\_\_ m/s

(\*) - Os ensaios assinalados não estão incluídos no âmbito da acreditação

Observações :

Responsável do Laboratório

 Data de emissão : **06-10-2014**

Página : de

### Limites de Consistência

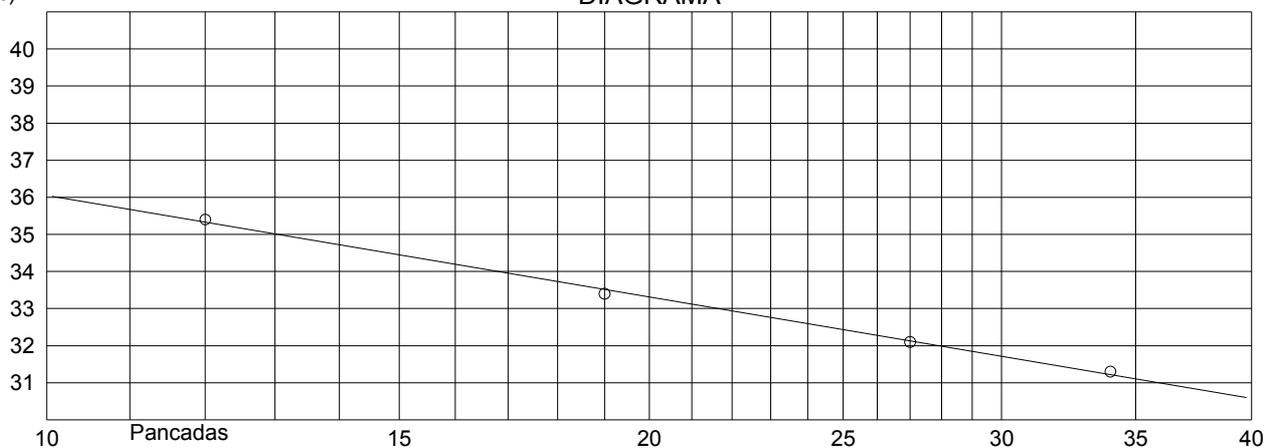
Procedimento : PL.07  
Norma : NP-143(1969)



Cápsula	nº	Limite de Liquidez				Limite de Plasticidade			
		208	148	239	15	375	52	99	454
Massa da Amostra Húm. + Cápsula	g	20.37	19.13	17.32	15.57	10.1	9.97	9.79	9.82
Massa da Amostra Seca + Cápsula	g	16.86	16.07	14.83	13.49	9.36	9.26	8.99	9.12
Massa da Cápsula	g	6.94	6.9	7.08	6.84	6.22	6.23	5.61	6.12
Massa da Água	g	3.51	3.06	2.49	2.08	0.74	0.71	0.80	0.70
Massa da Amostra Seca	g	9.92	9.17	7.75	6.65	3.14	3.03	3.38	3.00
Teor em Água	%	35.4	33.4	32.1	31.3	23.6	23.4	23.7	23.3
Nº de Pancadas		12	19	27	34	LP (Média) = 23.5 %			

W (%)

DIAGRAMA



Limite de Retracção  
(Método não acreditado)

Cápsula	nº				Volume da Cápsula V	cm <sup>3</sup>			
Amostra Húmida + Cápsula	g				Peso do mercurio (1)	g			
Amostra Seca + Cápsula	g				Volume do solo seco (1)/13.55 (v)				
Massa da Cápsula	g				V-v				
Massa da Água	g				A = V - v / Ps X 100				
Amostra Seca	Ps	g			Limite de retracção W-A	%			
Teor em Água	W	%			Razão de retracção Ps / v				

LL = **32** %LP = **24** %IP = **8**

LR = \_\_\_\_\_ %

Observações :

Responsável do Laboratório


Data de emissão : **06-10-2014**

Página : de

## Análise Granulométrica

### 1) PENEIRAÇÃO

#### ELEMENTOS GROSSOS

Designação do peneiro	3 "	2 "	1 ½ "	1 "	3/4 "	3/8 "	4	10
Malha quadrada mm	76.1	50.8	38.1	25.4	19.0	9.51	4.76	2.00
Massa do material retido g	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>4.11</b>	<b>30.79</b>	<b>35.36</b>
Massas acumuladas g	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>4.11</b>	<b>34.90</b>	<b>70.26</b>
% Acumulados	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.73</b>	<b>6.23</b>	<b>12.55</b>
Complemento para 100%	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>99</b>	<b>94</b>	<b>87</b>

#### ELEMENTOS FINOS

 Peso dos elementos finos usados na peneiração : **55.96** g

Designação do peneiro	20	40	60	140	200
Malha quadrada mm	0.841	0.420	0.250	0.105	0.074
Massa do material retido g	<b>3.79</b>	<b>3.11</b>	<b>2.38</b>	<b>2.77</b>	<b>2.81</b>
Massas acumuladas g	<b>3.79</b>	<b>6.90</b>	<b>9.28</b>	<b>12.05</b>	<b>14.86</b>
% Acumulados	<b>6.77</b>	<b>12.33</b>	<b>16.58</b>	<b>21.53</b>	<b>26.55</b>
Complemento para 100%	<b>93.23</b>	<b>87.67</b>	<b>83.42</b>	<b>78.47</b>	<b>73.45</b>
% Referida à massa total	<b>82</b>	<b>77</b>	<b>73</b>	<b>69</b>	<b>64</b>

### 2) SEDIMENTAÇÃO

 Proveta nº **6**

 Densímetro nº **35** Antifloculante **100** cm<sup>3</sup>

 Peso da amostra seca Ps **56** g

 Densidade das Partículas G= **2.70**
 Determinado  
 Atribuído

 Correções : Menisco = **0.0002**  
 Antifloc. = **0.0025**

$$\% \text{ de partículas} = \frac{G}{G-1} \times \frac{100}{Ps} \times (Lc-1) \times 10^3$$

Minutos (t)	Temperatura (°C)	Leitura no Densímetro	Correcção	Leit. Corrigida (Lc)	Z (cm)	$\frac{Z}{t}$	$D = \sqrt{\frac{Z}{t} \times K}$	% de Partículas	% Refer. ao Total
1	24	1.0243	-0.0015	1.0228	5.50	5.50	0.0292	64.71	56.59
2	24	1.0232	-0.0015	1.0217	5.97	2.98	0.0215	61.59	53.86
5	24	1.0211	-0.0015	1.0196	6.85	1.37	0.0146	55.63	48.65
15	24	1.0182	-0.0015	1.0167	8.07	0.54	0.0091	47.40	41.45
30	24	1.0154	-0.0015	1.0139	9.24	0.31	0.0069	39.45	34.50
60	24	1.0131	-0.0015	1.0116	10.21	0.17	0.0051	32.92	28.79
250	24	1.0090	-0.0015	1.0075	12.01	0.05	0.0027	21.29	18.62
1440	24	1.0059	-0.0015	1.0044	13.36	0.01	0.0012	12.49	10.92
2880									

Observações :

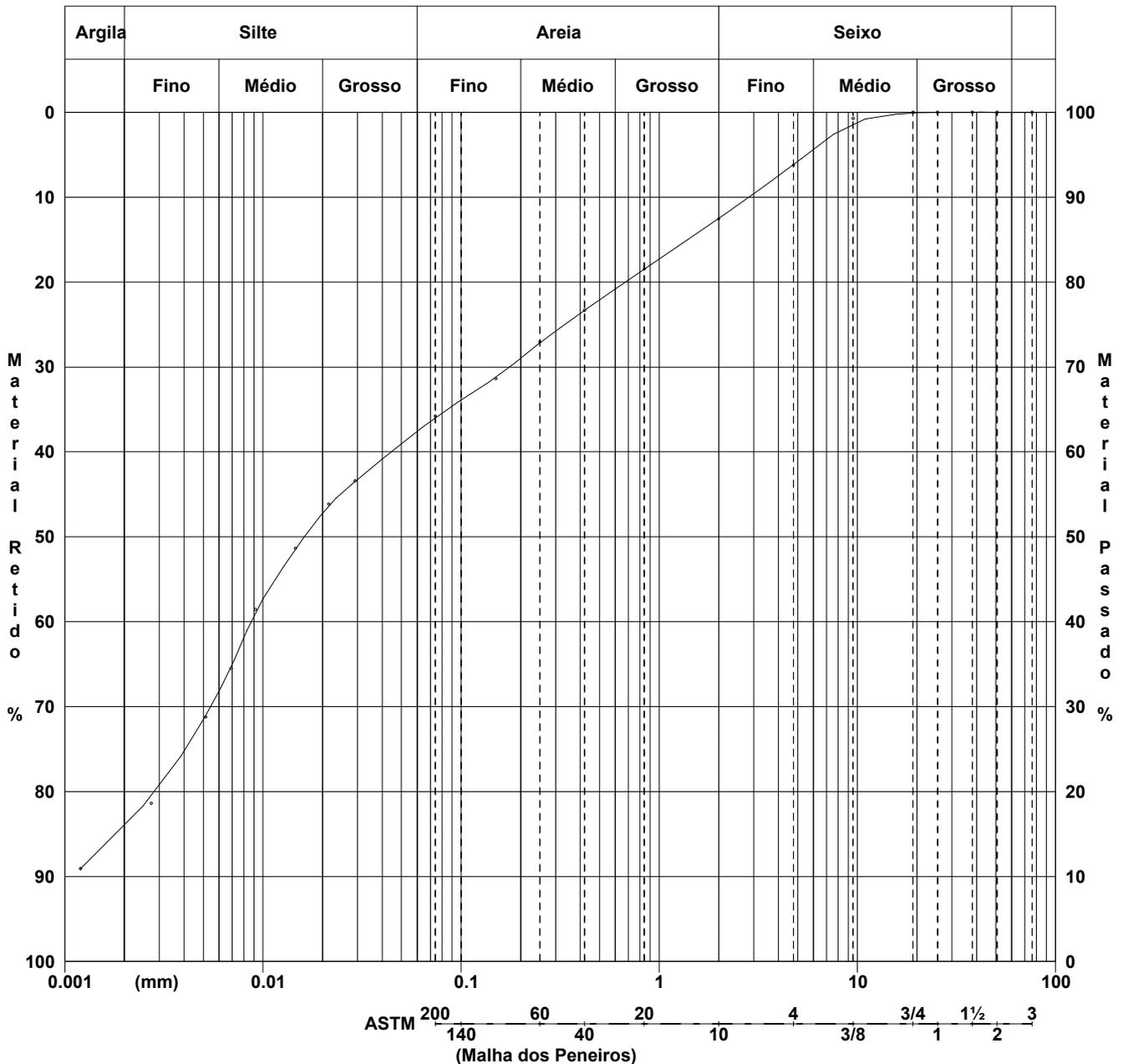
 Responsável do Laboratório *atmarcel*

 Data de emissão : **06-10-2014**

Página : de

## Curva Granulométrica

Procedimento - PL.06  
 Especificação - LNEC:E196



Observações :

Responsável do Laboratório



 Data de emissão : **06-10-2014**

Página : de

## Ensaio de Compactação Proctor

Procedimento : PL.09  
 Especificação - LNEC:E197(1966)


 Ensaio Tipo :  Leve  
 Pesado

 Molde :  Pequeno  
 Grande

Elementos de grão inferior a \_\_\_\_\_ mm

Molde	(nº)	<b>15</b>									
Molde + solo húmido	(g)	<b>3389</b>		<b>3453</b>		<b>3540</b>		<b>3530</b>		<b>3490</b>	
Solo húmido	(g)	<b>1869</b>		<b>1933</b>		<b>2020</b>		<b>2010</b>		<b>1970</b>	
Baridade húmida	(g.cm <sup>-3</sup> )	<b>1.897</b>		<b>1.962</b>		<b>2.051</b>		<b>2.041</b>		<b>2.000</b>	
Cápsula	(nº)	<b>748</b>	<b>684</b>	<b>717</b>	<b>307</b>	<b>648</b>	<b>795</b>	<b>797</b>	<b>743</b>	<b>287</b>	<b>822</b>
Amostra húmida + cápsula	(g)	<b>257.51</b>	<b>283.57</b>	<b>287.39</b>	<b>281.20</b>	<b>282.87</b>	<b>311.33</b>	<b>271.05</b>	<b>295.66</b>	<b>268.81</b>	<b>270.69</b>
Amostra seca+cápsula	(g)	<b>237.93</b>	<b>261.74</b>	<b>261.68</b>	<b>255.44</b>	<b>253.68</b>	<b>279.67</b>	<b>242.36</b>	<b>262.63</b>	<b>236.35</b>	<b>238.31</b>
Massa da cápsula	(g)	<b>80.36</b>	<b>78.82</b>	<b>79.60</b>	<b>78.78</b>	<b>80.63</b>	<b>89.99</b>	<b>88.87</b>	<b>77.01</b>	<b>77.65</b>	<b>80.34</b>
Massa de água	(g)	<b>19.58</b>	<b>21.83</b>	<b>25.71</b>	<b>25.76</b>	<b>29.19</b>	<b>31.66</b>	<b>28.69</b>	<b>33.03</b>	<b>32.46</b>	<b>32.38</b>
Massa da amostra seca	(g)	<b>157.57</b>	<b>182.92</b>	<b>182.08</b>	<b>176.66</b>	<b>173.05</b>	<b>189.68</b>	<b>153.49</b>	<b>185.62</b>	<b>158.70</b>	<b>157.97</b>
Teor em água	(%)	<b>12.4</b>	<b>11.9</b>	<b>14.1</b>	<b>14.6</b>	<b>16.9</b>	<b>16.7</b>	<b>18.7</b>	<b>17.8</b>	<b>20.5</b>	<b>20.5</b>
Teor em água médio	(%)	<b>12.2</b>		<b>14.4</b>		<b>16.8</b>		<b>18.3</b>		<b>20.5</b>	
Baridade seca	(g.cm <sup>-3</sup> )	<b>1.691</b>		<b>1.716</b>		<b>1.756</b>		<b>1.725</b>		<b>1.660</b>	

Observações :

Responsável do Laboratório



 Data de emissão : **06-10-2014**

Página : de

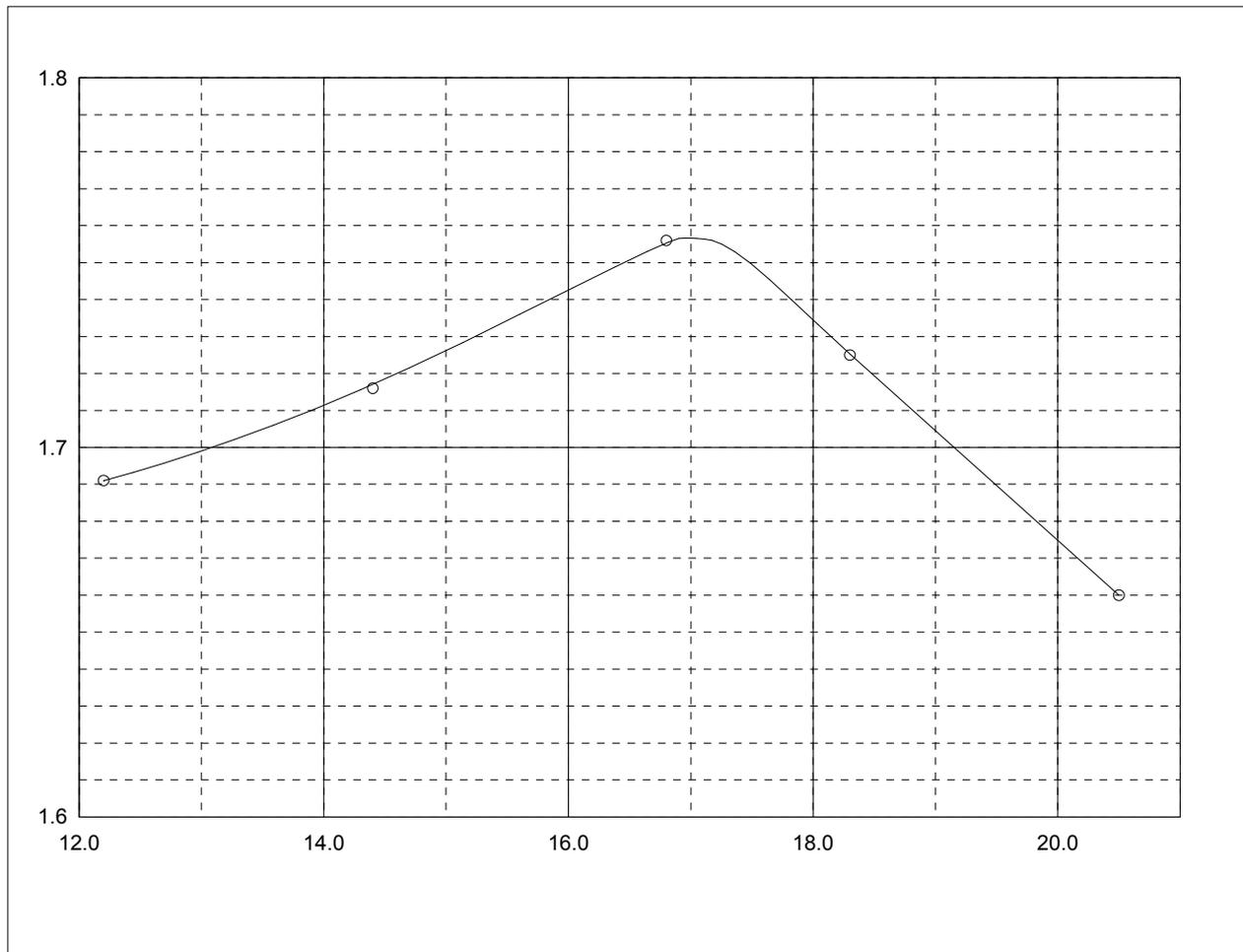
## Curva de Compactação

Procedimento : PL.09  
 Especificação - LNEC:E197(1966)


 Ensaio Tipo :  Leve  
 Pesado

 Molde :  Pequeno  
 Grande

Elementos de grão inferior a \_\_\_\_\_ mm



Teor em água ótimo	Wopt = <u>17.0</u> %
Baridade seca máxima	γ <sub>dmax</sub> = <u>1.76</u> g.cm <sup>-3</sup>

Observações :

Responsável do Laboratório



 Data de emissão : **06-10-2014**

Página : de

## Resultados

**Procedimento da amostragem :** Responsabilidade do Cliente
**Tipo de Amostra :** REMEXIDA
**Descrição :** Silte areno-argiloso, com seixo fino a médio, castanho alaranjado.
**Classificação** Unificada : (SC)g GTR : \_\_\_\_\_ Rodoviária (E 240) A-4(2)  
 ASTM (D2487-00) ASTM (D3282-97) \_\_\_\_\_

**Características Ponderais** Teor em Água  $w =$  \_\_\_\_\_ % Densidade das Partículas  $G =$  \_\_\_\_\_  $\rho =$  \_\_\_\_\_ g/cm<sup>3</sup>  
 (\*) Teor em matéria orgânica = \_\_\_\_\_ %  $\rho_d =$  \_\_\_\_\_ g/cm<sup>3</sup>  
 $Ph =$  \_\_\_\_\_

**Limites de Consistência** Preparação por via  Seca  Húmida  $LL =$  29 %  $LP =$  20 % (\*)  $LR =$  \_\_\_\_\_ %  $IP =$  9
**Azul de Metileno (\*)** (Expresso em gramas de azul metileno por 100g de solo seco)

**Características Granulométricas** Preparação por via  Seca  Húmida  $\% < 2,00 \text{ mm} =$  76  
 $\% < 0,420 \text{ mm} =$  61  $Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$  203  $Cc =$  0  
 $\% < 0,074 \text{ mm} =$  47  $EA =$  \_\_\_\_\_  
 $\% < 0,002 \text{ mm} =$  10
**Expansibilidade (\*)** \_\_\_\_\_ % Provete sujeito a uma carga de \_\_\_\_\_ g

Compactação (Proctor)	Molde	Tipo de Ensaio	$\gamma_{dmax}$ (g/cm <sup>3</sup> )	Wopt (%)
	<b>Grande</b>	<b>LEVE</b>	<b>2.00</b>	<b>10.4</b>

CBR	Condições de moldagem			
	Cr =			%
	Desvio =			%
	CBR =			%
Expansibilidade =				%

**Coefficiente (\*)** Fragmentabilidade = \_\_\_\_\_ Degradabilidade = \_\_\_\_\_

**Compressibilidade (\*)**  $Cc =$  \_\_\_\_\_  $\sigma_a =$  \_\_\_\_\_ kN/m<sup>2</sup>  $e_0 =$  \_\_\_\_\_  $Cv =$  \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>/s  $K =$  \_\_\_\_\_ m/s

**Resistência (\*)** Compressão simples :  $qu =$  \_\_\_\_\_ kPa  $Ei =$  \_\_\_\_\_ kPa

 Corte directo :  UU  CU  CD  $C =$  \_\_\_\_\_ kPa  $\theta =$  \_\_\_\_\_ °  $C' =$  \_\_\_\_\_ kPa  $\theta' =$  \_\_\_\_\_ °  
 Compressão triaxial :  UU  CU  CD  $\sigma_3 =$  \_\_\_\_\_ kN/m<sup>2</sup>  $C =$  \_\_\_\_\_ kN/m<sup>2</sup>  $\theta =$  \_\_\_\_\_ °  
 $\sigma_1 =$  \_\_\_\_\_ kN/m<sup>2</sup>  $Ei =$  \_\_\_\_\_ kN/m<sup>2</sup>  $C' =$  \_\_\_\_\_ kN/m<sup>2</sup>  $\theta' =$  \_\_\_\_\_ °

**Permeabilidade (\*)**  $K =$  \_\_\_\_\_ m/s

(\*) - Os ensaios assinalados não estão incluídos no âmbito da acreditação

Observações :

Responsável do Laboratório

 Data de emissão : **06-10-2014**

Página : de

## Limites de Consistência

 Procedimento : PL.07  
 Norma : NP-143(1969)


Cápsula	nº	Limite de Liquidez				Limite de Plasticidade			
		203	184	124	207	462	457	369	436
Massa da Amostra Húm. + Cápsula	g	20.41	19.05	17.55	16.76	10.44	11.29	12.09	11.53
Massa da Amostra Seca + Cápsula	g	17.12	16.3	15.25	14.66	9.68	10.47	11.14	10.68
Massa da Cápsula	g	6.76	6.92	6.99	6.89	5.88	6.24	6.37	6.4
Massa da Água	g	3.29	2.75	2.30	2.10	0.76	0.82	0.95	0.85
Massa da Amostra Seca	g	10.36	9.38	8.26	7.77	3.80	4.23	4.77	4.28
Teor em Água	%	31.8	29.3	27.8	27.0	20.0	19.4	19.9	19.9
Nº de Pancadas		13	22	29	36	LP (Média) = 19.8 %			

W (%)

DIAGRAMA


**Limite de Retração**  
 (Método não acreditado)

Cápsula	nº				Volume da Cápsula V	cm <sup>3</sup>			
Amostra Húmida + Cápsula	g				Peso do mercurio (1)	g			
Amostra Seca + Cápsula	g				Volume do solo seco (1)/13.55 (v)				
Massa da Cápsula	g				V-v				
Massa da Água	g				A = V - v / Ps X 100				
Amostra Seca	Ps	g			Limite de retracção W-A	%			
Teor em Água	W	%			Razão de retracção Ps / v				

**LL = 29 %**
**LP = 20 %**
**IP = 9**
**LR = %**

Observações :

Responsável do Laboratório



 Data de emissão : **06-10-2014**

Página : de

## Análise Granulométrica

### 1) PENEIRAÇÃO

 Peso total da amostra seca : **9409.00** g

#### ELEMENTOS GROSSOS

Designação do peneiro		3 "	2 "	1 ½ "	1 "	3/4 "	3/8 "	4	10
Malha quadrada	mm	76.1	50.8	38.1	25.4	19.0	9.51	4.76	2.00
Massa do material retido	g	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>100.00</b>	<b>315.00</b>	<b>102.00</b>	<b>551.00</b>	<b>554.00</b>	<b>641.00</b>
Massas acumuladas	g	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>100.00</b>	<b>415.00</b>	<b>517.00</b>	<b>1068.00</b>	<b>1622.00</b>	<b>2263.00</b>
% Acumulados		<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>1.06</b>	<b>4.41</b>	<b>5.49</b>	<b>11.35</b>	<b>17.24</b>	<b>24.05</b>
Complemento para 100%		<b>100</b>	<b>100</b>	<b>99</b>	<b>96</b>	<b>95</b>	<b>89</b>	<b>83</b>	<b>76</b>

#### ELEMENTOS FINOS

 Peso dos elementos finos usados na peneiração : **52.83** g

Designação do peneiro		20	40	60	140	200
Malha quadrada	mm	0.841	0.420	0.250	0.105	0.074
Massa do material retido	g	<b>5.46</b>	<b>4.62</b>	<b>3.06</b>	<b>4.05</b>	<b>2.76</b>
Massas acumuladas	g	<b>5.46</b>	<b>10.08</b>	<b>13.14</b>	<b>17.19</b>	<b>19.95</b>
% Acumulados		<b>10.34</b>	<b>19.08</b>	<b>24.87</b>	<b>32.54</b>	<b>37.76</b>
Complemento para 100%		<b>89.66</b>	<b>80.92</b>	<b>75.13</b>	<b>67.46</b>	<b>62.24</b>
% Referida à massa total		<b>68</b>	<b>61</b>	<b>57</b>	<b>51</b>	<b>47</b>

### 2) SEDIMENTAÇÃO

 Proveta nº **7**

 Densímetro nº **35** Antifloculante **100** cm<sup>3</sup>

 Peso da amostra seca Ps **53** g

 Densidade das Partículas G= **2.70**
 Determinado  
 Atribuído

 Correções : Menisco = **0.0002**  
 Antifloc. = **0.0025**

$$\% \text{ de partículas} = \frac{G}{G-1} \times \frac{100}{Ps} \times (Lc-1) \times 10^3$$

Minutos (t)	Temperatura (°C)	Leitura no Densímetro	Correção	Leit. Corrigida (Lc)	Z (cm)	$\frac{Z}{t}$	$D = \sqrt{\frac{Z}{t} \times K}$	% de Partículas	% Refer. ao Total
1	24	1.0175	-0.0015	1.0160	8.36	8.36	0.0360	48.10	36.53
2	24	1.0159	-0.0015	1.0144	9.03	4.52	0.0265	43.29	32.88
5	24	1.0133	-0.0015	1.0118	10.12	2.02	0.0177	35.47	26.94
15	24	1.0113	-0.0015	1.0098	10.97	0.73	0.0107	29.46	22.38
30	24	1.0100	-0.0015	1.0085	11.56	0.39	0.0077	25.55	19.41
60	24	1.0085	-0.0015	1.0070	12.23	0.20	0.0056	21.04	15.98
250	24	1.0069	-0.0015	1.0054	12.95	0.05	0.0028	16.23	12.33
1440	24	1.0051	-0.0015	1.0036	13.68	0.01	0.0012	10.82	8.22
2880									

Observações :

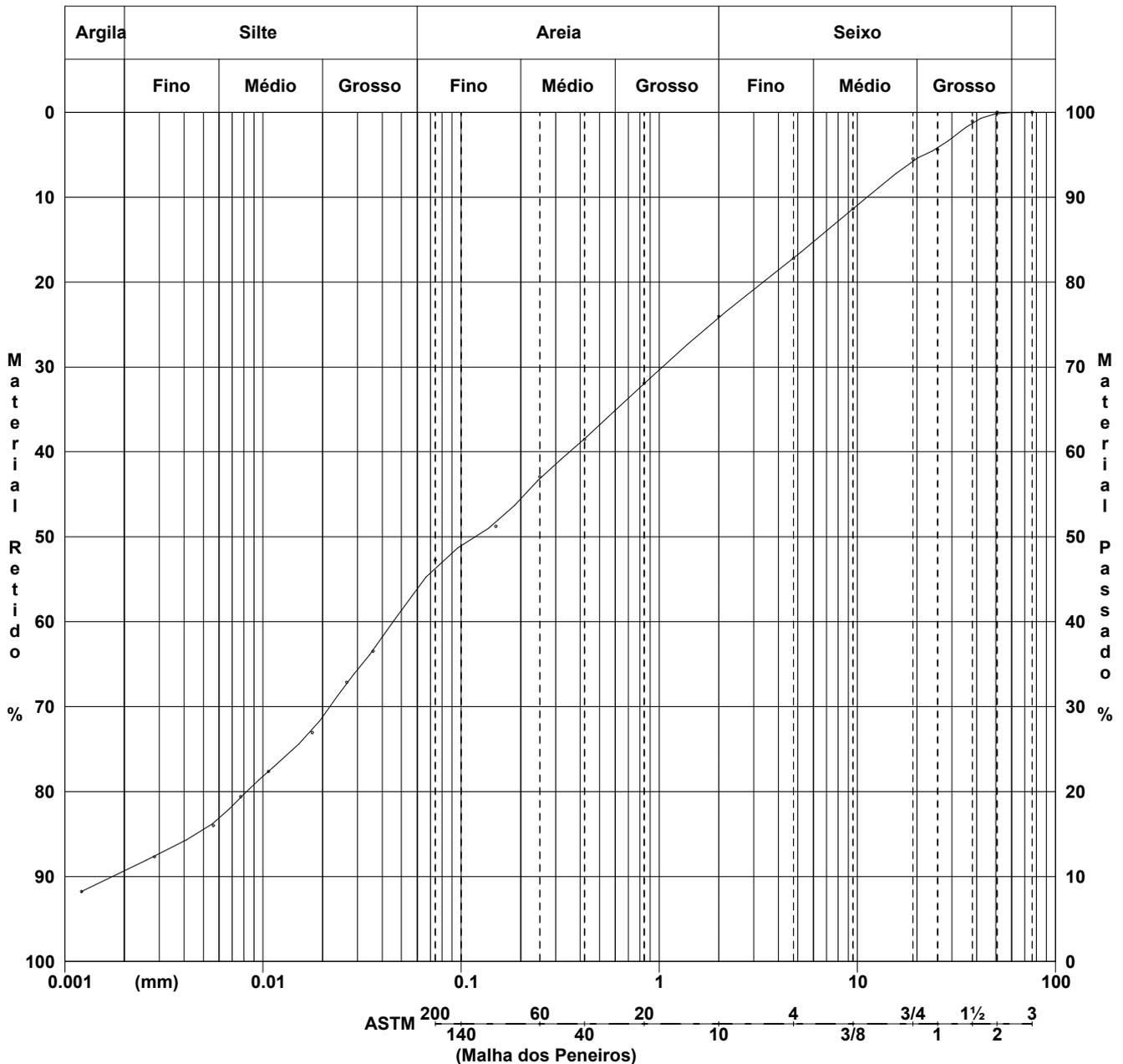
 Responsável do Laboratório *atmarcel*

 Data de emissão : **06-10-2014**

Página : de

## Curva Granulométrica

Procedimento - PL.06  
 Especificação - LNEC:E196



Observações :

Responsável do Laboratório



 Data de emissão : **06-10-2014**

Página : de

## Ensaio de Compactação Proctor

Procedimento : PL.09  
 Especificação - LNEC:E197(1966)



Ensaio Tipo :  Leve  
 Pesado

Molde :  Pequeno  
 Grande

Elementos de grão inferior a \_\_\_\_\_ mm

Molde	(nº)	<b>62</b>									
Molde + solo húmido	(g)	<b>7089</b>		<b>7255</b>		<b>7355</b>		<b>7302</b>		<b>6817</b>	
Solo húmido	(g)	<b>4334</b>		<b>4500</b>		<b>4600</b>		<b>4547</b>		<b>4062</b>	
Baridade húmida	(g.cm <sup>-3</sup> )	<b>2.091</b>		<b>2.171</b>		<b>2.219</b>		<b>2.193</b>		<b>1.959</b>	
Cápsula	(nº)	<b>298</b>	<b>745</b>	<b>721</b>	<b>662</b>	<b>637</b>	<b>659</b>	<b>666</b>	<b>819</b>	<b>828</b>	<b>706</b>
Amostra húmida + cápsula	(g)	<b>326.90</b>	<b>314.96</b>	<b>283.36</b>	<b>297.76</b>	<b>316.89</b>	<b>312.22</b>	<b>319.38</b>	<b>326.59</b>	<b>324.52</b>	<b>300.15</b>
Amostra seca+cápsula	(g)	<b>308.91</b>	<b>298.25</b>	<b>265.93</b>	<b>278.70</b>	<b>295.02</b>	<b>289.93</b>	<b>294.35</b>	<b>300.21</b>	<b>312.15</b>	<b>289.12</b>
Massa da cápsula	(g)	<b>88.24</b>	<b>78.76</b>	<b>77.65</b>	<b>80.65</b>	<b>90.87</b>	<b>90.05</b>	<b>90.63</b>	<b>90.52</b>	<b>90.93</b>	<b>78.92</b>
Massa de água	(g)	<b>17.99</b>	<b>16.71</b>	<b>17.43</b>	<b>19.06</b>	<b>21.87</b>	<b>22.29</b>	<b>25.03</b>	<b>26.38</b>	<b>12.37</b>	<b>11.03</b>
Massa da amostra seca	(g)	<b>220.67</b>	<b>219.49</b>	<b>188.28</b>	<b>198.05</b>	<b>204.15</b>	<b>199.88</b>	<b>203.72</b>	<b>209.69</b>	<b>221.22</b>	<b>210.20</b>
Teor em água	(%)	<b>8.2</b>	<b>7.6</b>	<b>9.3</b>	<b>9.6</b>	<b>10.7</b>	<b>11.2</b>	<b>12.3</b>	<b>12.6</b>	<b>5.6</b>	<b>5.2</b>
Teor em água médio	(%)	<b>7.9</b>		<b>9.5</b>		<b>11.0</b>		<b>12.5</b>		<b>5.4</b>	
Baridade seca	(g.cm <sup>-3</sup> )	<b>1.938</b>		<b>1.983</b>		<b>1.999</b>		<b>1.950</b>		<b>1.859</b>	

Observações :

Responsável do Laboratório



 Data de emissão : **06-10-2014**

Página : de

## Curva de Compactação

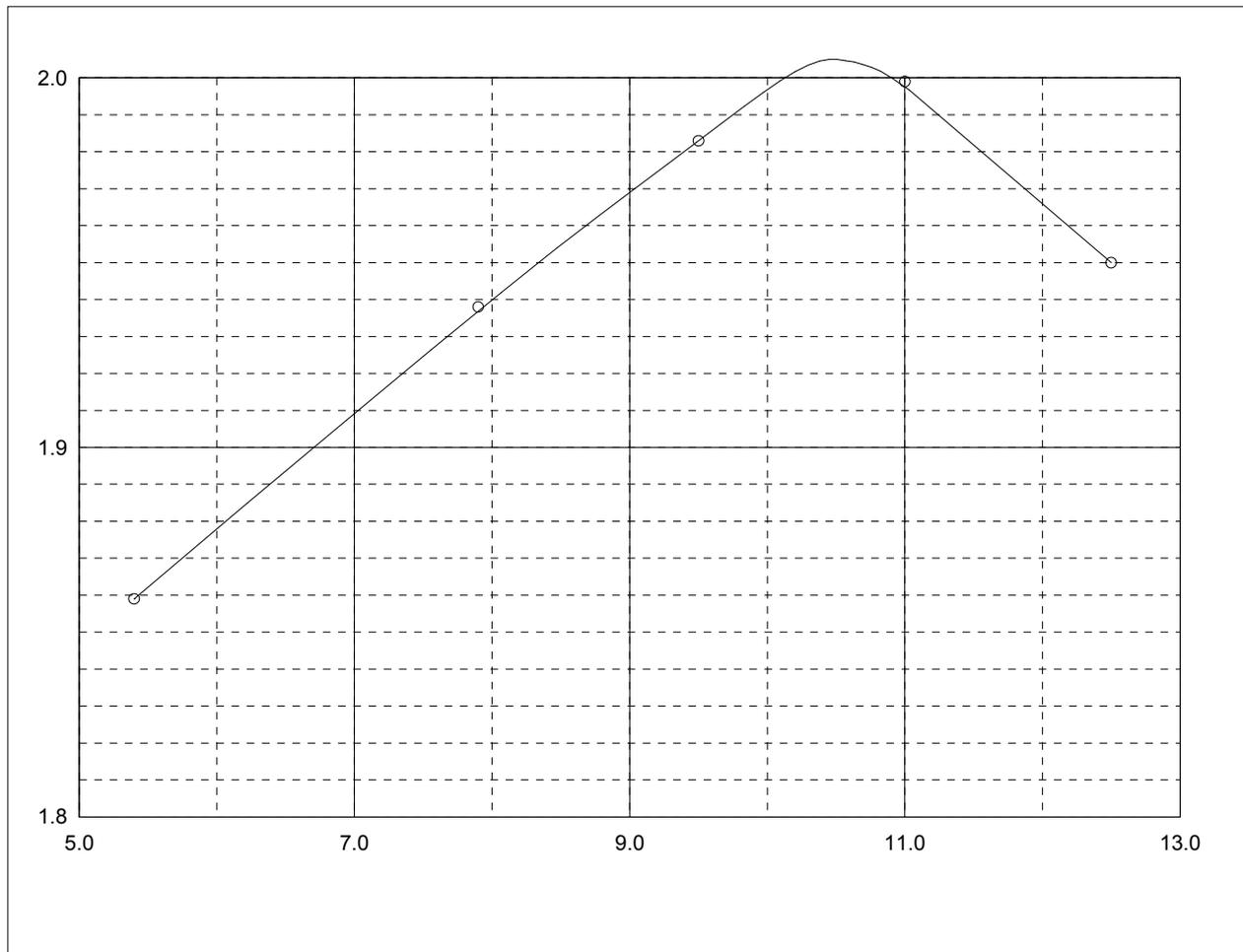
Procedimento : PL.09  
 Especificação - LNEC:E197(1966)



Ensaio Tipo :  Leve  
 Pesado

Molde :  Pequeno  
 Grande

Elementos de grão inferior a \_\_\_\_\_ mm



Teor em água ótimo      W<sub>opt</sub> = 10.4 %  
 Baridade seca máxima      γ<sub>dmax</sub> = 2.00 g.cm<sup>-3</sup>

Observações :

 Responsável do Laboratório *atmaew*

 Data de emissão : **06-10-2014**

Página : de