

BARRAGEM DO RIBEIRO DO AZEVÉL

PROJECTO DE CONSTRUÇÃO

proprietário:

Herdade da Rendeira, Agropecuária S.A,
Aldeia da Venda
7200-020 SANTIAGO MAIOR

Julho 2015

INDICE

<u>Capítulo 1</u>	_ 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 as cartas militares nº 462 e 473 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	
 <u>Capítulo 2</u>	 _ 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	
 <u>Capítulo 3</u>	 _ pág. 20
Desenho 3.1 - Implantação sobre a carta geológica 40B	
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	
Quadro nº 3.7 - Volumes de aterro a executar	

BARRAGEM DO RIBEIRO DO AZEVÉL

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

4 - ANEXOS

- Anexo I** - Cálculo do Descarregador de Cheias
- Anexo II** - Plano de Observação
- Anexo III** - Reconhecimento geológico
- Anexo IV** - Ensaios laboratoriais

BARRAGEM DO RIBEIRO DO AZEVÉL

PROJECTO DE CONSTRUÇÃO

CAPITULO I - DESCRIÇÃO

proprietário:

Herdade da Rendeira, Agropecuária S.A,
Aldeia da Venda
7200-020 SANTIAGO MAIOR

Julho 2015

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 98 ha de culturas de Primavera-Verão, incluindo prados, milho silagem e vinha, e ainda cerca de 46 ha de cereais de forragem em rotação.

A linha de água intersectada designa-se por Ribeiro do Azevél 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:

$$M = 170.390$$

$$P = 260.227$$

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 954.664 m³, a altura máxima da barragem, de 14,13 m, e a área máxima inundada, 264.429 m².

O seu abastecimento está totalmente dependente dos escoamentos pluviais privados e públicos originados numa bacia hidrográfica de 24,764 km², a que corresponderá um escoamento anual médio¹ da ordem dos 4.224.193 m³.

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 m³ 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)**.

¹ 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	14,13	m
Cota do Coroamento	215,21	
Cota do NPA ²	212,36	
Cota do NMC ³	214,21	
Cota mínima do terreno ao eixo	201,08	
folga acima do NMC	1,00	m
Comprimento do Coroamento	228,65	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	264.429,33	m ²

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 m ²	Volume m ³	Volume Acumulado m ³
201,08	0	0	0
202,00	135,32	62,48	62
203,00	1.314,07	724,70	787
204,00	8.372,94	4.843,51	5.631
205,00	20.243,32	14.308,13	19.939
206,00	35.261,35	27.752,34	47.691
207,00	54.509,39	44.885,37	92.577
208,00	80.387,65	67.448,52	160.025
209,00	115.759,87	98.073,76	258.099
210,00	157.384,60	136.572,24	394.671
211,00	200.523,87	178.954,24	573.625
212,00	246.762,02	223.642,95	797.268
213,00	295.837,90	271.299,96	1.068.568
214,00	348.818,76	322.328,33	1.390.897
NPA - 212,36	264.429,33		889.283
Volume escavado no interior da albufeira			+ 69.039
Capacidade Total			958.322
Volume Morto - (cota do patamar: 204,35)			- 3.658
Capacidade Útil			954.664

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

² Nível de Pleno Armazenamento

³ Nível Máximo de Cheia

No quadro seguinte apresentam-se as características principais da bacia hidrográfica intersectada pela barragem e uma avaliação dos caudais afluentes e descarregados.

Quadro nº 1.3 - Caracterização hidrológica e caudais de cheia

a) Bacia Hidrográfica

Área da Bacia Hidrográfica	24,764	km ²
Perímetro da Bacia Hidrográfica	25,03	km
Altura Média Bacia Hidrográfica	60,51	m
Cota Máxima da Bacia Hidrográfica	372,00	
Comprimento da Linha de Água Principal	7,990	km

b) Precipitação e Escoamento anual médio

Precipitação anual em ano médio	619,8	mm
Escoamento anual em ano médio	4.224.193	m ³ /ano

d) Caudais e descarregador de Cheias

Máximo caudal de cheias individual afluente	107,667	m ³ /s
Caudal de cheias descarregado	78,034	m ³ /s
Período de retorno considerado	1.000	anos
Largura do descarregador de cheias	18,50	m
Carga para cheias	1,85	m

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 precipitações⁴. Nos quadros 1.3 a 1.10 apresenta-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.

⁴ 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 registos⁵, 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 ⁶:

Posto	Período	Máx. Diária (mm)	Data	M ₁₀₀ (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

⁵ - Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, Fasc. XLIX, 1991

⁶ - 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 ⁷, 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 calculados⁸ com base na temperatura média anual e do grupo de solos existentes, permitindo estimar a probabilidade de enchimento da albufeira em cerca de 74,96 % em termos da bacia exclusiva da barragem.

O processo de cálculo⁹ 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 diferentes¹⁰ 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.

⁷ - Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, Fasc. XLIX, 1991

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

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

¹⁰ - 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 m³/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.

1.3.1 - Balanços para ano médio

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, foi realizado um balanço hídrico em termos de afluências mensais médias correspondentes a uma amostra de 52 anos.

Este balanço é apresentado no quadro 1.10A considerando o plano de rega do quadro seguinte, verificando-se que em ano médio é possível satisfazer as necessidades com uma folga da ordem dos 560.000 m³/ano, sendo cerca de 154.000 m³ o valor calculado para a evaporação nesse período.

	ha	m ³ /ha.ano	m ³ /ano
Vinha	35	2.000	70.000
Prado	17	5.500	93.500
Milho silagem	46	6.500	299.000
Primavera-Verão			462.500
Cereais forrageira	46	2.500	115.000
Outono-Inverno			115.000
TOTAL			577.500

O valor da folga é adequado para garantir um bom grau de segurança face à variabilidade do escoamento anual, caracterizado pela ocorrência de anos secos por vezes consecutivos, sobretudo considerando a existência de culturas permanentes como a vinha e os prados.

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 sobrança do ano anterior, para três planos de rega - 80 ha, 100 ha e 120 ha.

No quadro 1.10b 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 97,9 ha considerando o valor médio da série e que por exemplo no último ano da série seria possível satisfazer apenas cerca de 55% do desejado, por via de uma gradual redução do valor da reserva interanual nos últimos 3 anos em que ocorrem baixos valores de precipitação anual: 430, 490 e 298 mm.

Trata-se no entanto de uma situação esporádica podendo concluir-se que em termos globais o valor da reserva interanual é satisfatório face ao plano de rega estabelecido já que o valor total do deficit neste período é de apenas cerca de 2%, não se justificando um aumento da capacidade da albufeira que para garantir uma cobertura de cerca de 100% deveria rondar os 250.000 m³ melhorando esta cobertura em apenas 3 dos 52 anos estudados.

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 alguma perda de regularidade relativamente à área satisfeita em cada ano, situação aceitável sobretudo no caso de culturas do tipo arvense em que é possível considerar uma redução da área a semear atendendo às disponibilidades efectivas da albufeira no início da campanha.

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 AZEVEL

QUADRO 1.4 - CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

A) TEMPERATURA DO AR

a1) Média Diária (°C)

	Jan	Fev	Mar	Abril	Maio	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	Maio	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	Maio	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	Maio	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	Maio	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	Maio	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 AZEVEL
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
	66,5	80,7	92,6	83,7	75,5	68,7	53,7	41,3	22,5	5,3	3,7	25,6	619,8

FONTE: INAG - DIRECÇÃO GERAL DOS RECURSOS NATURAIS - DIRECÇÃO DE SERVIÇOS DE HIDROLOGIA

BARRAGEM DO RIBEIRO DO AZEVEL

QUADRO 1.6 - ESCOAMENTOS MENSAIS E ANUAIS (mm)

ESTAÇÃO - SANTIAGO MAIOR - 22M/01UG

ANO	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	R	P	R
													ANUAL	ANUAL	ANUAL
1949/50	3,0	41,7	42,0	25,8	29,5	35,2	7,4	39,7	10,4	0,0	0,0	0,0	234,8	595,9	133,1
1950/51	0,0	14,9	28,0	57,8	52,0	53,3	18,5	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	233,4	572,5	116,5
1951/52	6,8	141,6	7,1	37,3	19,9	95,4	26,4	28,7	13,8	9,7	0,0	15,4	402,1	902,3	350,5
1952/53	21,7	21,8	54,0	27,2	7,9	41,8	12,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	187,3	480,4	51,2
1953/54	44,5	22,5	61,2	3,2	1,3	64,6	11,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	209,2	491,4	59,0
1954/55	0,0	48,7	3,5	83,0	67,2	41,6	0,0	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	249,6	549,4	100,2
1955/56	15,6	46,9	84,4	63,8	19,4	98,8	47,9	0,0	0,0	0,0	0,0	35,5	412,3	868,5	326,5
1956/57	14,2	2,5	11,2	0,0	34,1	20,4	26,4	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	113,8	363,2	0,0
1957/58	15,1	25,2	14,3	43,2	0,3	44,9	15,1	10,8	0,0	0,0	0,0	0,0	168,9	451,6	30,8
1958/59	0,0	0,0	183,7	42,4	24,0	60,6	17,2	5,5	0,0	0,0	0,0	1,5	334,9	732,3	229,9
1959/60	8,6	47,5	58,6	34,0	83,3	68,1	10,9	48,8	7,3	0,0	0,0	0,2	367,4	824,0	294,9
1960/61	95,4	69,9	28,2	18,2	0,0	19,1	28,6	38,7	27,2	5,2	0,0	24,0	354,7	800,5	278,3
1961/62	21,3	79,8	33,5	26,3	25,2	78,9	0,0	1,8	14,7	0,0	0,0	0,0	281,5	659,2	178,0
1962/63	37,3	33,2	41,9	98,5	75,8	34,7	40,8	0,0	6,6	0,0	0,0	10,1	378,9	830,4	299,5
1963/64	0,0	100,8	113,8	17,3	92,3	53,5	3,8	4,0	9,5	0,0	0,0	0,0	395,0	871,5	328,6
1964/65	0,0	21,7	18,4	24,7	37,8	56,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,3	197,5	469,8	43,7
1965/66	97,1	46,0	24,7	61,1	69,6	0,0	64,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	363,6	777,6	262,0
1966/67	69,2	10,5	0,3	34,4	36,6	7,8	21,7	20,0	17,8	0,0	0,0	0,0	218,4	538,6	92,5
1967/68	10,3	48,0	0,6	0,0	105,0	67,7	4,9	0,1	1,5	0,0	0,0	1,2	239,3	588,6	128,0
1968/69	4,1	82,5	35,3	62,1	83,4	81,5	13,9	24,7	9,6	0,0	0,0	6,6	403,6	880,6	335,1
1969/70	29,6	33,9	14,9	171,2	0,9	13,9	0,0	29,0	48,7	0,0	0,0	0,0	342,2	741,7	236,6
1970/71	0,0	12,2	14,6	79,1	0,0	17,7	83,3	38,9	20,4	0,0	0,0	0,0	266,1	599,3	135,5
1971/72	0,0	0,0	0,0	74,9	86,2	31,6	0,0	15,1	0,0	20,0	0,0	0,0	227,7	519,0	78,6
1972/73	47,0	27,6	37,0	41,0	0,0	13,0	0,0	37,7	4,1	0,0	0,0	0,0	207,4	508,4	71,1
1973/74	3,8	16,5	31,9	31,0	26,5	25,1	25,7	12,4	15,9	0,0	0,0	0,0	188,8	485,9	55,1
1974/75	0,0	44,1	0,9	21,5	41,5	59,8	8,8	21,4	0,0	0,0	0,0	1,3	199,3	497,6	63,4
1975/76	9,7	17,1	38,8	6,8	33,4	31,5	56,0	5,3	0,0	0,0	0,0	45,3	243,9	596,4	133,5
1976/77	61,4	38,9	90,2	75,2	91,5	1,5	0,0	0,0	18,9	0,0	0,0	15,9	393,5	840,0	306,3
1977/78	35,2	39,9	105,1	9,2	90,3	26,8	42,3	25,6	7,7	0,0	0,0	0,0	382,1	830,3	299,4
1978/79	25,4	12,5	128,1	50,5	103,1	34,2	39,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	393,6	833,1	301,4
1979/80	137,6	1,0	2,0	12,7	27,0	46,2	12,4	23,7	0,0	0,0	0,0	0,0	262,7	629,1	156,7
1980/81	29,9	24,8	0,0	0,0	14,0	26,9	40,1	7,8	0,0	0,0	0,0	4,6	148,1	389,7	0,0
1981/82	6,3	0,0	94,2	27,9	23,5	4,4	3,2	0,0	0,0	0,0	0,8	10,7	171,0	478,9	50,1
1982/83	0,0	53,7	11,6	0,0	16,6	0,0	34,9	5,8	1,6	0,0	0,0	15,1	139,2	393,9	0,0
1983/84	10,1	115,5	34,3	6,1	0,0	39,5	31,6	15,5	28,9	0,0	0,0	0,0	281,4	655,9	175,7
1984/85	25,4	59,5	28,9	93,1	43,3	0,0	57,1	19,1	0,0	0,0	0,0	7,4	333,7	741,8	236,6
1985/86	0,0	32,2	18,7	17,5	67,1	2,6	24,5	7,6	0,0	0,0	0,0	65,0	235,1	549,8	100,4
1986/87	14,0	19,7	12,8	81,8	48,6	0,0	51,8	0,0	0,0	0,7	9,8	0,0	239,2	590,9	129,6
1987/88	37,9	37,9	89,7	60,0	1,1	0,0	16,3	19,7	67,2	9,2	0,0	0,0	339,0	753,4	244,9
1988/89	39,1	47,1	0,0	27,4	18,9	14,4	52,2	41,9	0,0	0,0	0,4	17,0	258,4	627,0	155,2
1989/90	65,4	100,0	202,4	13,8	0,0	20,2	62,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	463,9	947,2	382,3
1990/91	90,4	28,6	13,8	8,6	36,8	52,4	9,2	0,0	2,5	0,0	0,0	5,5	247,9	591,4	129,9
1991/92	31,2	0,0	20,5	0,6	0,0	0,0	23,8	16,5	19,6	0,0	0,0	0,0	112,1	358,3	0,0
1992/93	15,1	0,0	46,9	3,0	24,6	8,5	19,0	56,6	0,0	0,0	0,0	10,1	183,8	483,1	53,1
1993/94	77,3	42,4	0,0	25,6	33,6	0,0	2,2	45,8	0,0	0,0	0,0	0,0	226,9	509,5	71,9
1994/95	17,4	17,3	8,0	14,1	17,0	6,7	4,6	21,7	0,0	0,0	0,0	0,0	106,8	351,9	0,0
1995/96	0,0	77,2	121,0	151,7	16,5	8,2	0,0	37,5	0,0	0,0	0,0	7,6	419,6	881,3	335,6
1996/97	13,8	22,2	124,1	63,3	0,0	0,0	19,5	17,1	12,5	9,3	0,0	40,9	322,7	733,4	230,7
1997/98															
1998/99															
1999/00															
2000/00															
2001/00	50,4	11,3	16,9	44,3	0,0	46,9	43,7	7,8	0,0	0,0	4,4	39,8	265,5	644,3	167,5
2002/00	25,0	42,0	56,9	29,7	24,4	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	180,4	430,1	15,5
2003/00	80,4	31,5	38,6	7,0	21,8	4,2	2,7	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	190,4	490,6	58,4
2004/00	76,9	0,0	3,9	0,0	0,0	5,1	1,3	20,2	0,0	0,0	0,0	0,0	107,5	297,9	0,0
	29,2	36,8	43,3	38,6	34,1	30,2	21,9	15,3	7,0	1,0	0,3	8,1	265,9	619,8	154,1

KC= 1,419

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 AZEVEL

QUADRO 1.7 - PRECIPITAÇÕES E ESCOAMENTOS ANUAIS

ESTAÇÃO DE SANTIAGO MAIOR
PERÍODO DE 1949 A 2004

ÁREA DA BACIA HIDROGRÁFICA (Km ²)-	24,764
GRUPO DE SOLOS -	1
TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)-	16

Probabilidade	Precipitação mm	Escoamento m ³	Escoamento m ³
ANO MAXIMO	947,2	380,9	9.433.371,9
Probab 90%	397,5	27,8	687.654,5
Probab 80%	480,9	81,4	2.014.913,5
Probab 70%	500,8	94,1	2.331.533,7
Probab 60%	549,6	125,5	3.106.696,2
Probab 50%	593,7	153,8	3.808.192,9
Probab 40%	638,2	182,4	4.517.326,6
Probab 30%	739,2	247,3	6.124.134,2
Probab 20%	819,3	298,8	7.398.411,1
Probab 10%	865,7	328,5	8.135.865,6
ANO MINIMO	297,9	0,0	0,0
ANO MÉDIO	619,8	170,6	4.224.192,9
Probab 89,08%	414,5	38,7	958.322,0

Probabilidade de Enchimento da Albufeira (%)	89,1
--	------

466/15
Abril

BARRAGEM DO RIBEIRO DO AZEVEL

QUADRO 1.8 - PRECIPITAÇÕES E ESCOAMENTOS ANUAIS

ESTAÇÃO DE SANTIAGO MAIOR
PERÍODO DE 1949 A 2004

AREA DA BACIA HIDROGRAFICA (Km2)- 24,764
GRUPO DE SOLOS - 1
TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)- 16

Probabilidade	Precipitação mm	Escoamento mm	Escoamento m³
ANO MAXIMO	947,2	382,3	9.467.700,9
Probab 90%	397,5	0,0	0,0
Probab 80%	480,9	51,6	1.277.763,5
Probab 70%	500,8	65,7	1.627.310,4
Probab 60%	549,6	100,3	2.483.085,6
Probab 50%	593,7	131,5	3.257.534,1
Probab 40%	638,2	163,2	4.040.413,8
Probab 30%	739,2	234,8	5.814.320,6
Probab 20%	819,3	291,6	7.221.115,3
Probab 10%	865,7	324,5	8.035.261,1
ANO MINIMO	297,9	0,0	0,0
ANO MEDIO	619,8	150,1	3.716.795,8
Probab 85,07%	462,8	38,7	958.322,0

Probabilidade de Enchimento da Albufeira (%) - 85,1

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= 1,42 (índice de Gravelius)

466/15
Abril

BARRAGEM DO RIBEIRO DO AZEVEL

QUADRO 1.9 - PRECIPITAÇÕES E ESCOAMENTOS MENSAIS

ESTAÇÃO DE SANTIAGO MAIOR
PERÍODO DE 1949 A 2004

AREA DA BACIA HIDROGRAFICA (Km²)- 24,764
GRUPO DE SOLOS - 1
TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)- 16

	Precipitações Médias Mensais (mm)	Escoamento Mensal Médio (mm)	Escoamento Total (m ³)
Outubro	66,5	28,1	696.754,8
Novembro	80,7	36,2	896.538,4
Dezembro	92,6	42,9	1.063.461,6
Janeiro	83,7	37,9	938.884,0
Fevereiro	75,5	33,3	823.521,3
Março	68,7	29,4	727.345,2
Abril	53,7	20,8	516.157,8
Maió	41,3	13,8	342.235,6
Junho	22,5	3,2	78.947,2
Julho	5,3	0,0	0,0
Agosto	3,7	0,0	0,0
Setembro	25,6	4,9	121.346,8
Total	619,8	250,6	6.205.192,6

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= 1,42

(índice de Gravelius)

466/15
Abril

BARRAGEM DO RIBEIRO DO AZEVEL

QUADRO 1.10 - BALANÇO HÍDRICO - AFLUÊNCIAS, CONSUMOS DE REGA, EVAPORAÇÃO

ANO MEDIO

ANO 1

	evap (mm)	esc (m ³)	esc (m ³)	Vi (m ³)	dotação (m ³ /ha)	rega (m ³)	Vp (m ³)	desc (m ³)	cota (m)	Área (m ²)	Vevap (m ³)	Vf (m ³)	Pevap (m ³)
Outubro	55,8	696.755	474.317	0			180.063	0	210,25	181.245	10.113	464.203	10.113
Novembro	30,0	896.538	610.320	464.203			405.899	116.201	212,35	284.165	8.525	958.322	0
Dezembro	15,5	1.063.462	723.953	958.322			679.831	723.953	212,35	284.958	4.417	958.322	0
Janeiro	8,4	938.884	639.146	958.322			808.299	639.146	212,36	284.548	2.390	958.322	0
Fevereiro	14,5	823.521	560.613	958.322		28.750	808.299	531.863	212,35	284.736	4.129	958.322	0
Março	46,5	727.345	495.141	958.322		43.125	808.299	452.016	212,34	284.575	13.233	958.322	0
Abril	96,0	516.158	351.375	958.322		43.125	808.299	308.250	212,31	282.420	27.112	958.322	0
Maio	120,9	342.236	232.977	958.322		74.000	785.937	158.977	212,30	281.761	34.065	958.322	0
Junho	156,0	78.947	53.743	958.322		101.750	623.559	0	212,11	271.780	42.398	867.918	42.398
Julho	176,7	0	0	867.918		101.750	465.546	0	211,55	243.480	43.023	723.145	43.023
Agosto	164,3	0	0	723.145		101.750	314.157	0	210,93	212.968	34.991	586.404	34.991
Setembro	117,0	121.347	82.607	586.404		83.250	230.424	0	210,79	206.286	24.135	561.626	24.135
Totais	1.001,6	6.205.193	4.224.193			577.500	958.322					561.626	154.660
	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</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	46	2.500	115.000
verão	98	4.719	462.500
			577.500

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,

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 afluências)

466/15

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

BARRAGEM DO RIBEIRO DE AZEVEL

QUADRO 1.10B - SIMULAÇÃO DA UTILIZAÇÃO NO PERÍODO 1949/50 A 2004/2005

Ano	Precipitação		Escoamento		Área Regada - 80 ha				Área Regada - 100 ha				Área Regada - 120 ha			
	Anual		Anual		Cap. Máx.	déficit de rega	Cap. Final	Evaporação	Cap. Máx.	déficit de rega	Cap. Final	Evaporação	Cap. Máx.	déficit de rega	Cap. Final	Evaporação
	mm	m ³	mm	m ³												
1949/50	595,9	3.843.992			958.322	0	579.713	154.660	958.322	0	521.197	154.660	958.322	0	462.653	154.660
1950/51	572,5	3.471.685			958.322	0	496.659	154.660	958.322	0	417.379	154.660	958.322	0	338.061	154.660
1951/52	902,3	8.718.988			958.322	0	934.186	154.660	958.322	0	934.186	154.660	958.322	0	934.186	154.660
1952/53	480,4	2.006.322			958.322	0	436.255	154.660	958.322	0	341.875	154.660	958.322	0	247.449	154.660
1953/54	491,4	2.181.338			958.322	0	436.255	154.660	958.322	0	341.875	154.660	958.322	0	247.449	154.660
1954/55	549,4	3.104.151			958.322	0	462.109	154.660	958.322	0	367.729	154.660	958.322	0	273.302	154.660
1955/56	868,5	8.181.211			958.322	0	934.186	154.660	958.322	0	934.186	154.660	958.322	0	934.186	154.660
1956/57	363,2	141.604			958.322	0	414.426	154.660	958.322	0	320.046	154.660	958.322	0	225.619	154.660
1957/58	451,6	1.548.098			958.322	0	496.659	154.660	958.322	0	417.379	154.660	958.322	0	338.061	154.660
1958/59	732,3	6.014.192			958.322	0	522.886	154.660	958.322	0	443.607	154.660	958.322	0	364.289	154.660
1959/60	824	7.473.191			958.322	0	584.029	154.660	958.322	0	525.514	154.660	958.322	0	466.969	154.660
1960/61	800,5	7.099.293			958.322	0	934.186	154.660	958.322	0	934.186	154.660	958.322	0	934.186	154.660
1961/62	659,2	4.851.130			958.322	0	579.713	154.660	958.322	0	521.197	154.660	958.322	0	462.653	154.660
1962/63	830,4	7.575.018			958.322	0	771.441	154.660	958.322	0	677.061	154.660	958.322	0	582.635	154.660
1963/64	871,5	8.228.942			958.322	0	579.713	154.660	958.322	0	521.197	154.660	958.322	0	462.653	154.660
1964/65	469,8	1.837.670			958.322	0	749.818	154.660	958.322	0	655.438	154.660	958.322	0	561.012	154.660
1965/66	777,6	6.734.941			958.322	0	454.899	154.660	958.322	0	360.519	154.660	958.322	0	266.093	154.660
1966/67	538,6	2.932.316			958.322	0	579.713	154.660	958.322	0	521.197	154.660	958.322	0	462.653	154.660
1967/68	588,6	3.727.845			958.322	0	479.768	154.660	958.322	0	385.388	154.660	958.322	0	290.961	154.660
1968/69	880,6	8.373.728			958.322	0	717.136	154.660	958.322	0	658.620	154.660	958.322	0	600.076	154.660
1969/70	741,7	6.163.752			958.322	0	579.713	154.660	958.322	0	521.197	154.660	958.322	0	462.653	154.660
1970/71	599,3	3.898.088			958.322	0	579.713	154.660	958.322	0	521.197	154.660	958.322	0	462.653	154.660
1971/72	519	2.620.469			958.322	0	705.165	154.660	958.322	0	647.081	154.660	958.322	0	567.763	154.660
1972/73	508,4	2.451.818			958.322	0	544.793	154.660	958.322	0	465.514	154.660	958.322	0	386.196	154.660
1973/74	485,9	2.093.830			958.322	0	579.713	154.660	958.322	0	521.197	154.660	958.322	0	462.653	154.660
1974/75	497,6	2.279.983			958.322	0	511.421	154.660	958.322	0	432.142	154.660	958.322	0	352.824	154.660
1975/76	596,4	3.851.947			958.322	0	934.186	154.660	958.322	0	934.186	154.660	958.322	0	934.186	154.660
1976/77	840	7.727.760			958.322	0	892.548	154.660	958.322	0	834.033	154.660	958.322	0	775.488	154.660
1977/78	830,3	7.573.427			958.322	0	579.713	154.660	958.322	0	521.197	154.660	958.322	0	462.653	154.660
1978/79	833,1	7.617.977			958.322	0	436.255	154.660	958.322	0	341.875	154.660	958.322	0	247.449	154.660
1979/80	629,1	4.372.222			958.322	0	496.659	154.660	958.322	0	417.379	154.660	958.322	0	338.061	154.660
1980/81	389,7	563.234			958.322	0	412.713	154.660	958.322	0	239.053	154.660	958.322	0	65.308	154.660
1981/82	478,9	1.982.456			958.322	0	563.034	154.660	958.322	0	468.654	154.660	958.322	0	374.228	154.660
1982/83	393,9	630.058			958.322	0	538.274	154.660	958.322	0	357.152	154.660	958.322	0	168.299	154.660
1983/84	655,9	4.798.625			958.322	0	579.713	154.660	958.322	0	521.197	154.660	958.322	0	462.653	154.660
1984/85	741,8	6.165.343			958.322	0	633.721	154.660	958.322	0	554.442	154.660	958.322	0	475.124	154.660
1985/86	549,8	3.110.515			958.322	0	934.186	154.660	958.322	0	934.186	154.660	958.322	0	934.186	154.660
1986/87	590,9	3.764.439			958.322	0	601.871	154.660	958.322	0	507.491	154.660	958.322	0	413.065	154.660
1987/88	753,4	6.349.905			958.322	0	705.165	154.660	958.322	0	667.413	154.660	958.322	0	629.642	154.660
1988/89	627	4.338.810			958.322	0	787.725	154.660	958.322	0	708.445	154.660	958.322	0	629.127	154.660
1989/90	947,2	9.433.372			958.322	0	436.255	154.660	958.322	0	341.875	154.660	958.322	0	247.449	154.660
1990/91	591,4	3.772.394			958.322	0	558.424	154.660	958.322	0	464.044	154.660	958.322	0	369.618	154.660
1991/92	358,3	63.642			958.322	978	0	154.660	958.322	154.748	0	154.660	958.322	300.578	0	154.660
1992/93	483,1	2.049.280			958.322	0	609.748	154.660	958.322	0	530.469	154.660	958.322	0	451.151	154.660
1993/94	509,5	2.469.319			958.322	0	496.659	154.660	958.322	0	417.379	154.660	958.322	0	338.061	154.660
1994/95	351,9	0			958.322	91.395	0	154.660	958.322	222.032	0	154.660	958.322	353.379	0	154.660
1995/96	881,3	8.384.866			958.322	0	648.296	154.660	958.322	0	569.017	154.660	958.322	0	489.699	154.660
1996/97	733,4	6.031.694			958.322	0	934.186	154.660	958.322	0	934.186	154.660	958.322	0	934.186	154.660
2001/02	644,3	4.614.063			958.322	0	934.186	154.660	958.322	0	934.186	154.660	958.322	0	934.186	154.660
2002/03	430,1	1.206.021			958.322	0	366.217	154.660	958.322	0	271.837	154.660	958.322	0	177.411	154.660
2003/04	490,6	2.168.610			958.322	0	470.984	154.660	958.322	0	376.604	154.660	958.322	0	282.178	154.660
2004/05	297,9	0			958.322	117.070	0	154.660	958.322	262.807	0	154.660	958.322	409.262	0	154.660
ANO	619,8	220.593.570					209.443				639.586				1.063.219	
NECESSIDADES TOTAIS (M3)							25.612.653					30.520.816				35.428.980
DEFICIT (M3)							209.443					639.586				1.063.219
UTILIZAÇÃO EFECTIVA (M3)							25.403.210					29.881.230				34.365.761
DEFICIT							0,8%					2,1%				3,0%
UTILIZAÇÃO EFECTIVA (HA)							79,3					97,9				116,4
TAXA DE UTILIZAÇÃO DAS AFLUÊNCIAS							11,5%					13,5%				15,6%

BARRAGEM DO RIBEIRO DO AZEVEL

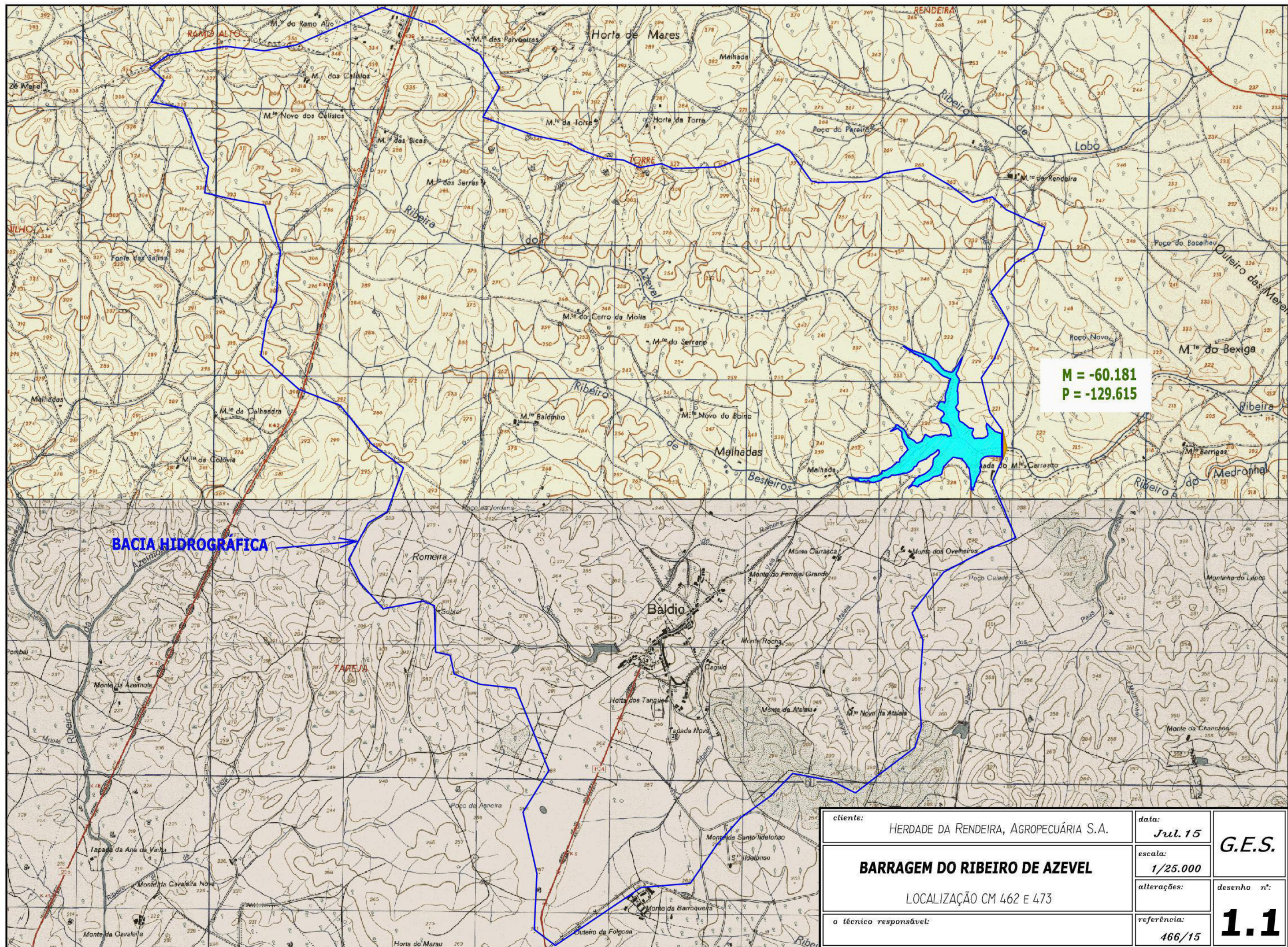
QUADRO 1.11A - ESTIMATIVA ORÇAMENTAL

DESIGNAÇÃO	QUANTID.		PREÇOS UNITARIOS	PREÇOS PARCIAIS	PREÇOS TOTAIS
			€	€	€
A) CORPO DA BARRAGEM					
Escavação da vala de inserção	6.478	m³	2,20	14.251,60	
Saneamento	3.119	m³	2,00	6.238,00	
Aterro acima do terreno natural	53.090	m³	3,00	159.270,00	
Aterro em reposição de escavações	9.597	m³	3,00	28.791,00	
Abertura de vala para drenos	219,00	m	2,00	438,00	
Areia no Filtro de pé	82,56	m³	14,00	1.155,86	
Gravilha no Filtro de pé	17,99	m³	14,00	251,86	
Tubo PE corrugado SN4 parede dupla 100 mm	219,00	m	5,00	1.095,00	
Tubo PVC 110 mm	44,00	m	5,00	220,00	
Betão Armado na caixa de saída do filtro de pé ...	0,32	m³	250,00	80,00	
Enrocamento no paramento montante.....	5.475	m³	6,50	35.587,50	
Cobertura vegetal paramento de jusante	4.615	m³	0,60	2.769,00	250.147,82
B) CONDUITA DE FUNDO					
Aterro Manual	20,70	m³	3,00	62,10	
Válvula de guilhotina, cardan, acessórios 400 mm	1,00	un	2.487,43	2.487,43	
Tubo PVC 6 kg/cm² de 400 mm incluindo abertura, e fecho de vala	65,77	m			
valor arredondado (varas de 6 m)	72,00	m	73,28	5.276,45	
Curva longa PVC 90° 4 kg/cm²	1,00	un	250,00	250,00	
Braçadeira FF roscada 1 1/4"	1,00	un	350,00	350,00	
Betão na Conduita de Fundo	28,57	m³	225,00	6.428,25	
Cone de redução 400x200 mm flangeado	1,00	un	450,00	450,00	
Tê flangeado 200 mm PN10, incluindo ligações	1,00	un	233,04	233,04	
Flange cega 200 mm PN10, incluindo ligações	1,00	un	110,04	110,04	
Válvula jusante 200 mm, incluindo fixações	1,00	un	636,00	636,00	
Betão Armado na caixa de montante	2,73	m³	300,00	819,00	
Betão Armado na caixa de jusante	2,24	m³	300,00	672,00	
Betão Armado na Viga de Rigidez e nos pilaretes	3,55	m³	300,00	1.065,00	
Varões de accionamento e de arejamento em ferro galvanizado 1 1/4", com ligações	66,50	ml	12,50	831,25	19.670,56
466/15	Total				269.818,38
Abril					
			Capacidade (m³)	958.322	
			Cota do NPA	212,36	
			Cota do Coroamento	215,21	

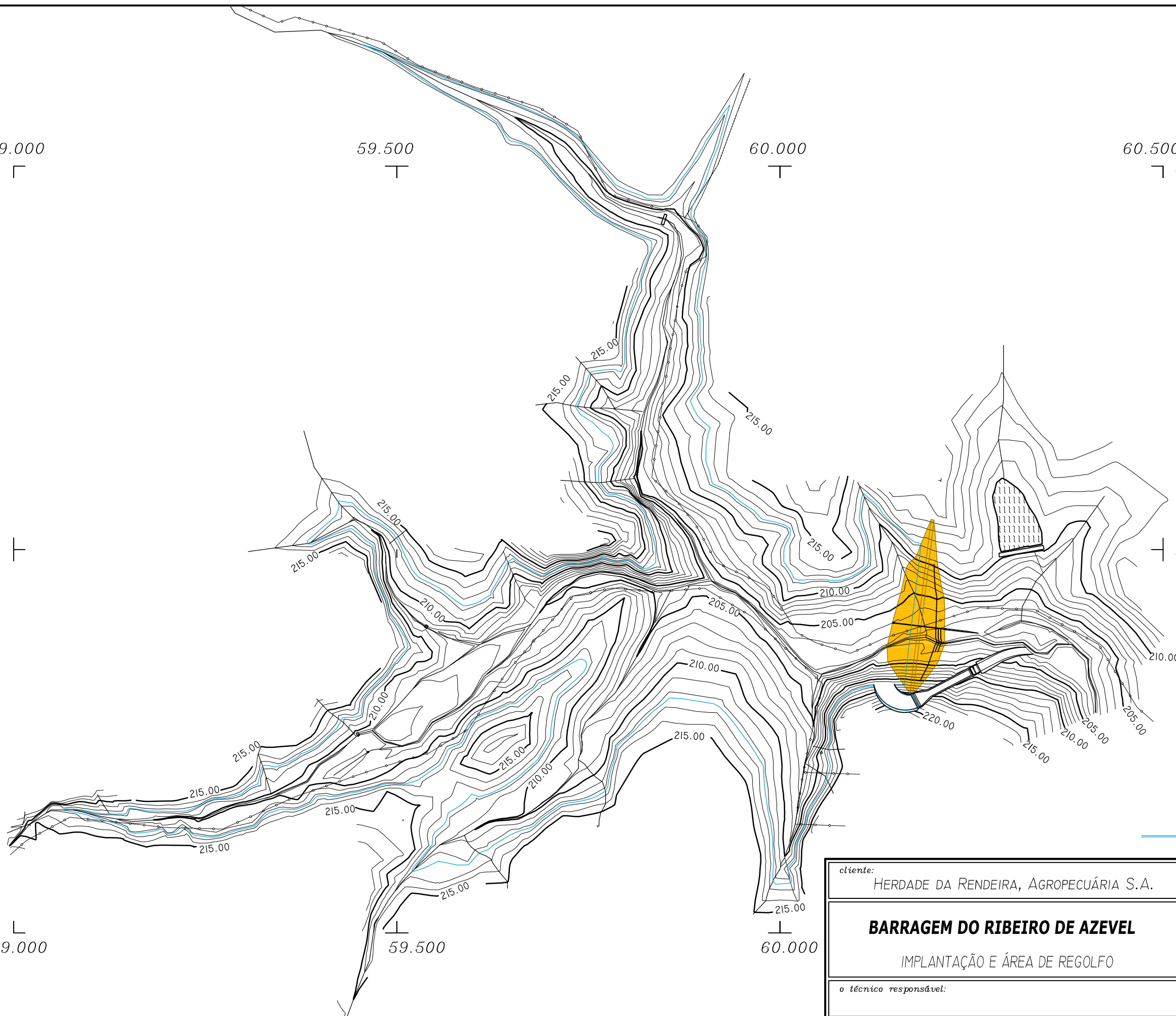
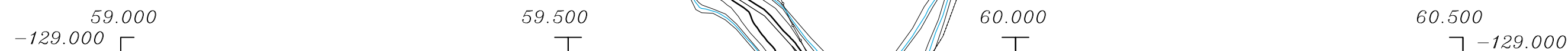
BARRAGEM DO RIBEIRO DO AZEVEL

QUADRO 1.11B - ESTIMATIVA ORÇAMENTAL

DESIGNAÇÃO	QUANTIDADE (m³)		PREÇOS UNITÁRIOS	PREÇOS PARCIAIS	PREÇOS TOTAIS
			€	€	€
<u>C) EVACUADOR DE CHEIAS</u>					
<u>c1) Escavação</u>					
Canal de chegada.....	E.	5.342	2,20	11.752,40	
Canal de descarga.....	E.	6.924	2,20	15.232,80	
Canal de restituição.....	E.	2.916	2,20	15.232,80	42.218,00
<u>c2) Descarregador</u>					
Soleira	B.S.	12,74	225,00	2.866,50	
Lage	B.S.	32,22	250,00	8.055,00	
Paredes	B.A.	9,30	300,00	2.790,00	
Brita		2,33	30,00	69,90	13.781,40
<u>c3) Canal de Descarga</u>					
Paredes	B.A.	29,01	300,00	8.703,00	
Lage	B.S.	117,31	250,00	29.327,50	38.030,50
<u>c4) Bacia de Dissipação</u>					
Paredes	B.A.	35,15	300,00	10.545,00	
Lage	B.A.	37,62	250,00	9.405,00	
Dentes	B.A.	10,03	300,00	3.009,00	
Enrocamento		12,60	30,00	378,00	
Brita		11,83	30,00	354,90	
TOTAL - DESCARREGADOR EM BETÃO ARMADO					
TOTAL 1.11A + 1.11B					
PROJECTO					
TOTAL					
 <i>B.S. - Betão simples</i>					
<i>B.A. - Betão armado</i>					
<i>A. - Alvenaria</i>					
<i>E. - Escavação</i>					
466/15					



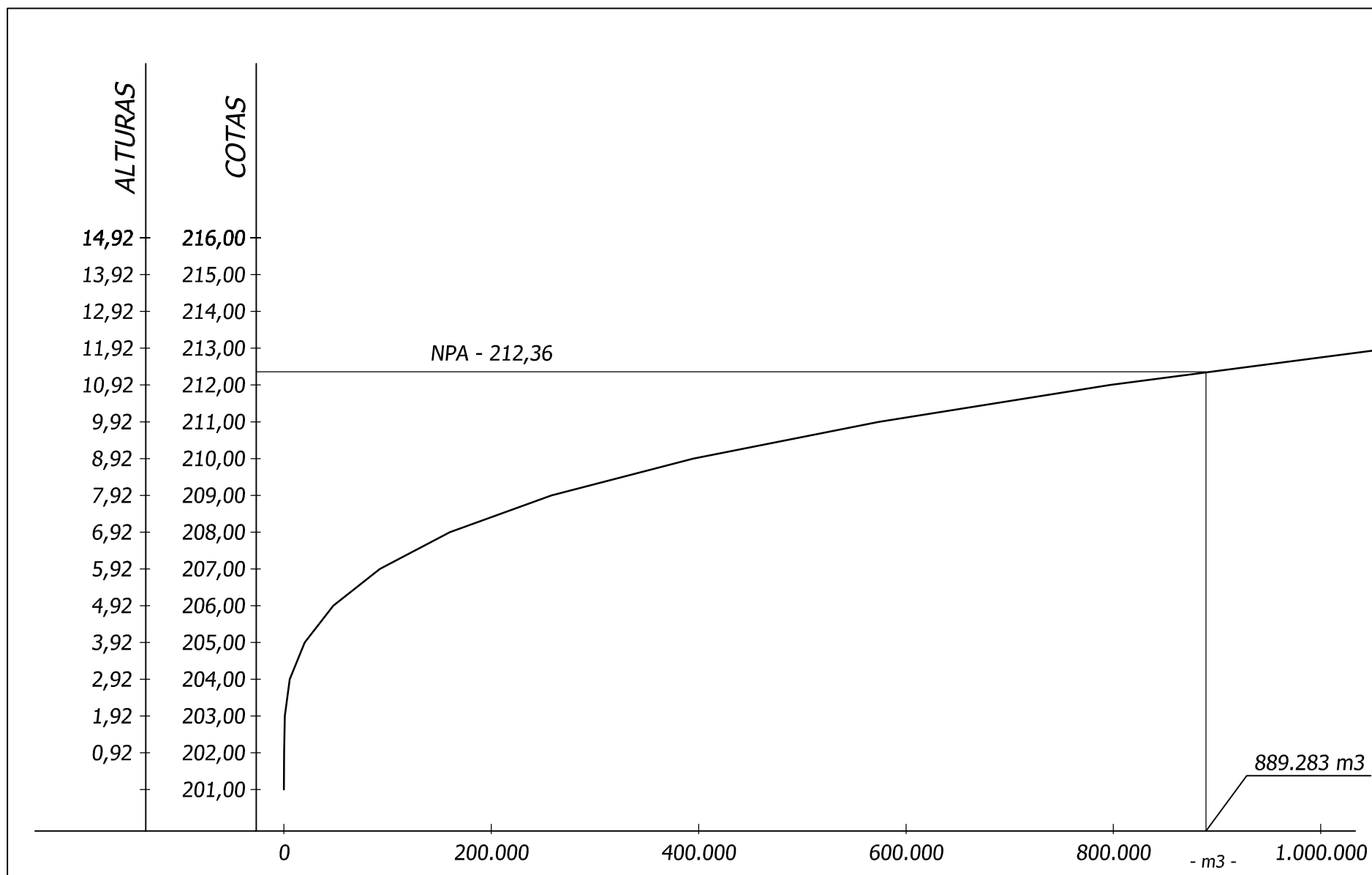
cliente:	HERDADE DA RENDEIRA, AGROPECUÁRIA S.A.	data:	Jul. 15	G.E.S.
BARRAGEM DO RIBEIRO DE AZEVEL		escala:	1/25.000	
LOCALIZAÇÃO CM 462 E 473		alterações:		desenho n.º
o técnico responsável:		referência:	466/15	1.1



===== N.P.A. (212,36)

cliente:	HERDADE DA RENDEIRA, AGROPECUÁRIA S.A.	data:	Jul. 15	G.E.S.
BARRAGEM DO RIBEIRO DE AZEVEL IMPLANTAÇÃO E ÁREA DE REGOLFO		escala:	1/5.000	
		alterações:		desenho nº:
o técnico responsável:		referência:	466/15	1.2

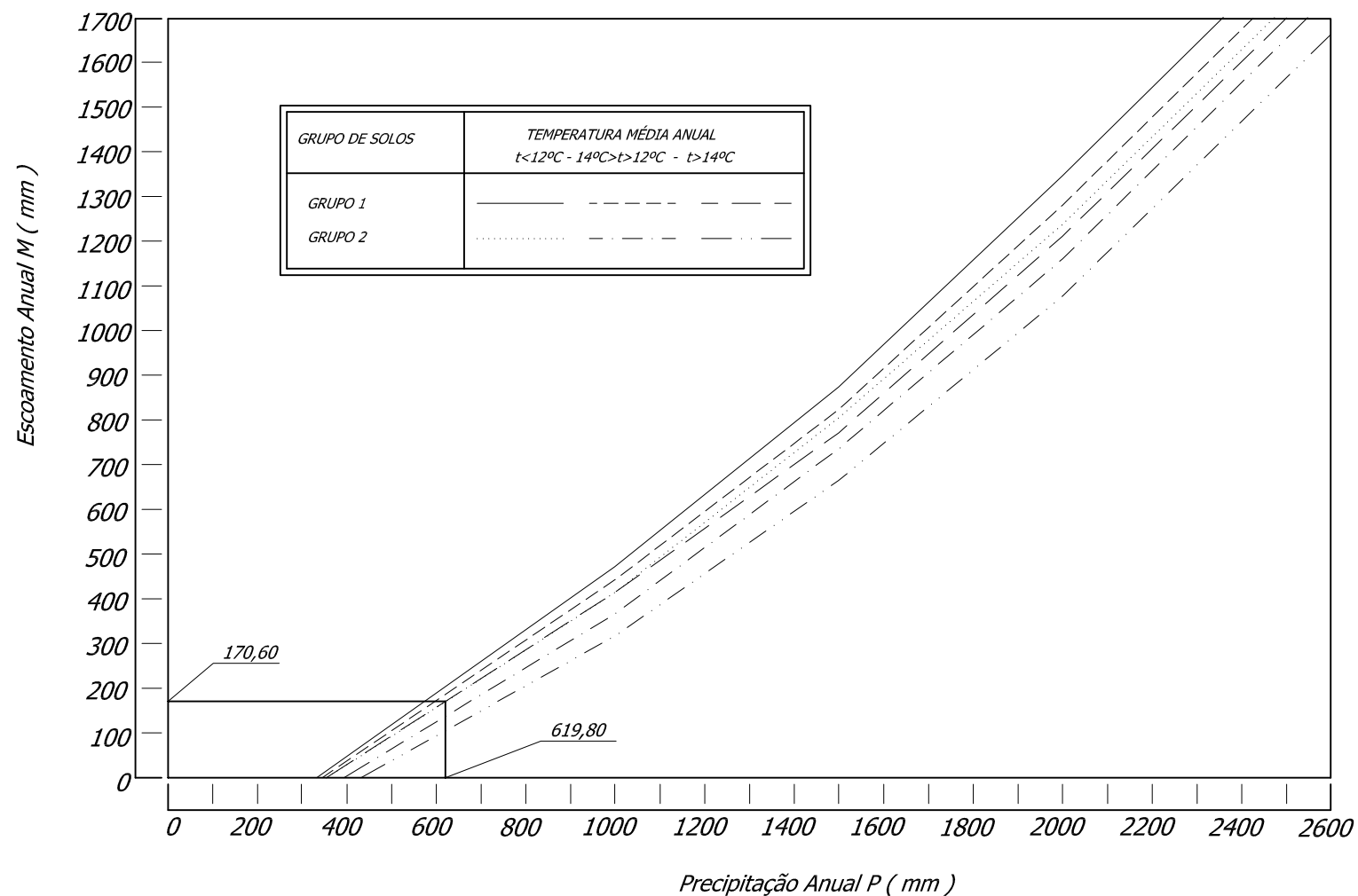
CURVA DE CAPACIDADE NATURAL DA ALBUFEIRA



Barragem do Ribeiro de Azevel

Desenho 1.3

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 AZEVÉL

PROJECTO DE CONSTRUÇÃO

CAPITULO II - PROJECTO DE EXECUÇÃO

proprietário:

Herdade da Rendeira, Agropecuária S.A,
Aldeia da Venda
7200-020 SANTIAGO MAIOR

Julho 2015

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 14,13 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 princípio ser utilizados no remate final do talude jusante uma vez que são os que apresentam as melhores características agronómicas 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 5,00 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.

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 também ser eventualmente reaproveitados nas áreas mais a jusante e a cotas mais elevadas do corpo da barragem.

Deverão ainda ser removidos todos os solos remexidos 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.

No desenho nº 2.1 delimita-se uma área de 63.000 m² escolhida para a escavação dos solos a reutilizar no aterro (mancha de empréstimo), após limpeza superficial, admitindo-se que terá uma profundidade média de 0,90 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 69.000 m³.

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 desfasamento 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 (ω_{opt}) com um desvio não superior a 2% e o valor da compactação relativa igual ou superior a 95% (Proctor normal)

$$\begin{aligned}\omega_{opt} &= 15,90 \% \\ \gamma_{dm} &= 1,77 \text{ g/cm}^3\end{aligned}$$

Estes parâmetros correspondem a uma mistura a 50% dos solos recolhidos para análise laboratorial (ML e CL), de acordo com as recomendações apresentadas no Reconhecimento Geológico, que para ambos aponta boas ou satisfatórias características no que se refere à impermeabilidade após compactação.

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 valas com 0,60 e 0,50 m de profundidade e 0,40 m de largura de fundo, escavadas no terreno natural, após limpeza, abertas 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 ϕ 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) CONDOTA 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 kg/cm², 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 204,80 com a comporta fechada e saída á cota 202,84, ao eixo, sendo o seu comprimento em planta, medido à base dos taludes, de 68,54 metros, o comprimento de PVC de 65,57 metros, e a sua inclinação de 1,76%.

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 204,85 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 2,41 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 203,69.

Na sua câmara de entrada será montada uma válvula de guilhotina ϕ 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 (204,35) 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, deverá ser instalada entre a válvula de guilhotina e o varão de accionamento, no interior da caixa de betão, uma junta articulada universal (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” que ligará na extremidade jusante da curva em PVC que promove a concordância entre o tubo PVC e a válvula de guilhotina por meio de abraçadeira em ferro fundido com saída roscada conforme representado no desenho nº 2.8.

Na extremidade jusante da conduta será instalada uma válvula de cunha elástica ϕ 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 direita da barragem.

A secção de controlo é uma soleira em betão simples com crista à cota 212,36 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 18,50 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 sobrepressões 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 8,00 metros, alargando para 10,00 metros no final ao constituir uma bacia de dissipação da energia com blocos de impacto. As suas paredes terão alturas de 1,25 e de 1,10 m, com espessuras variando de 0,25 a 0,15 m consoante a localização. A altura máxima em paredes corresponde à bacia de dissipação (4,65 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 (212,36), que define a folga e a segurança da barragem ao galgamento (2 metros), e a cota do fundo da bacia de dissipação (201,00), para evitar fenómenos de erosão regressiva que possam causar o descalçamento desta bacia e a sua rotura progressiva para montante.

BARRAGEM DO RIBEIRO DO AZEVEL

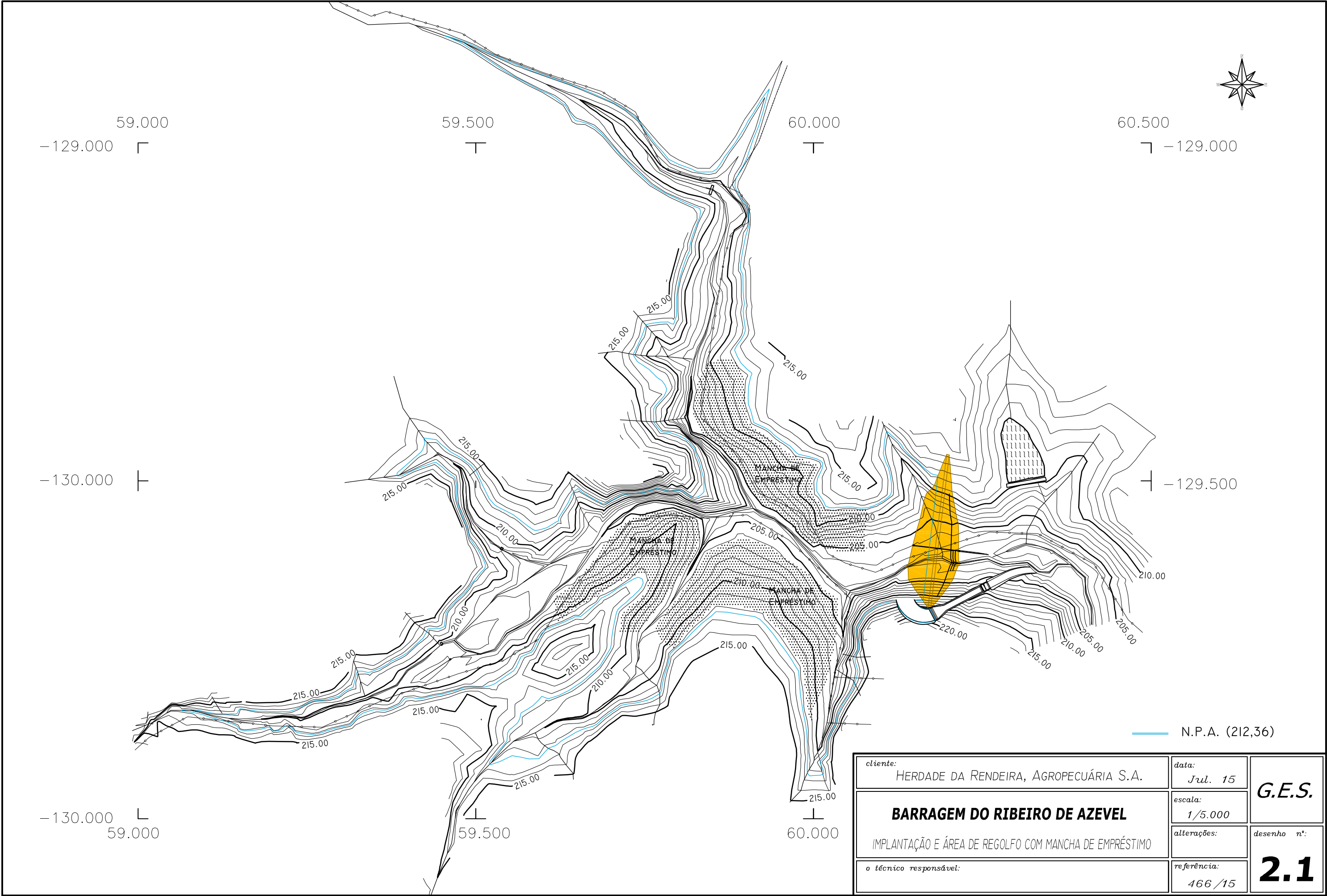
QUADRO 2.1A - MEDIÇÕES

DESIGNAÇÃO	QUANTID.		PREÇOS UNITARIOS	PREÇOS PARCIAIS	PREÇOS TOTAIS
			€	€	€
A) CORPO DA BARRAGEM					
Escavação da vala de inserção	6.478	m ³			
Saneamento	3.119	m ³			
Aterro acima do terreno natural	53.090	m ³			
Aterro em reposição de escavações	9.597	m ³			
Abertura de vala para drenos	219,00	m			
Areia no Filtro de pé	82,56	m ³			
Gravilha no Filtro de pé	17,99	m ³			
Tubo PE corrugado SN4 parede dupla 100 mm	219,00	m			
Tubo PVC 110 mm	44,00	m			
Betão Armado na caixa de saída do filtro de pé ...	0,32	m ³			
Enrocamento no paramento montante.....	5.475	m ²			
Cobertura vegetal paramento de jusante	4.615	m ²			
B) CONDUITA DE FUNDO					
Aterro Manual	20,70	m ³			
Válvula de guilhotina, cardan, acessórios 400 mm	1,00	un			
Tubo PVC 6 kg/cm ² de 400 mm incluindo abertura, e fecho de vala	65,77	m			
valor arredondado (varas de 6 m)	72,00	m			
Curva longa PVC 90° 4 kg/cm ²	1,00	un			
Braçadeira FF roscada 1 1/4"	1,00	un			
Betão na Conduita de Fundo	28,57	m ³			
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 na caixa de montante	2,73	m ³			
Betão Armado na caixa de jusante	2,24	m ³			
Betão Armado na Viga de Rigidez e nos pilaretes	3,55	m ³			
Varões de accionamento e de arejamento em ferro galvanizado 1 1/4", com ligações	66,50	ml			
Total					
466/15					
Abril					
			Capacidade (m ³)	958,322	
			Cota do NPA	212,36	
			Cota do Coroamento	215,21	

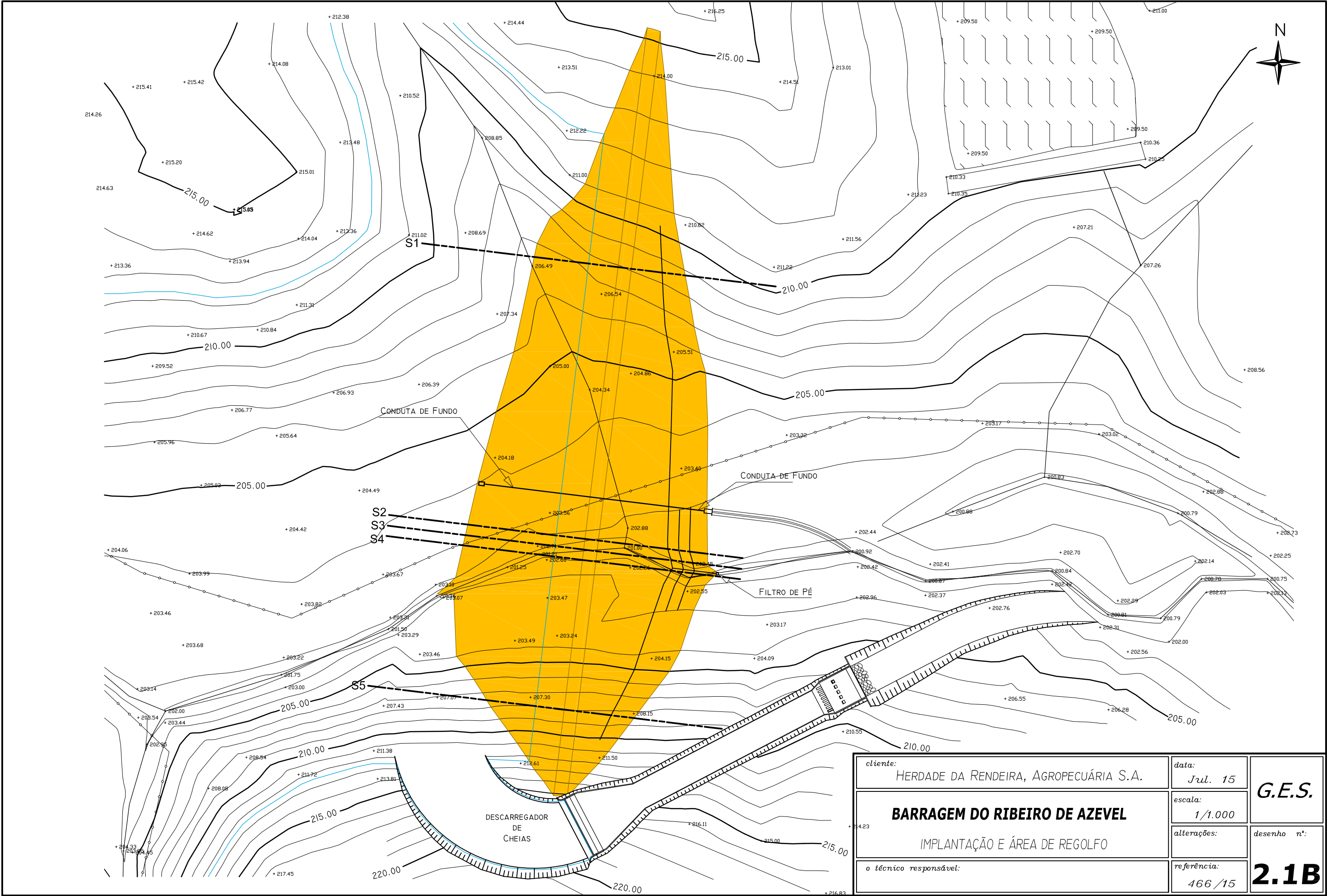
BARRAGEM DO RIBEIRO DO AZEVEL

QUADRO 2.1B - MEDIÇÕES

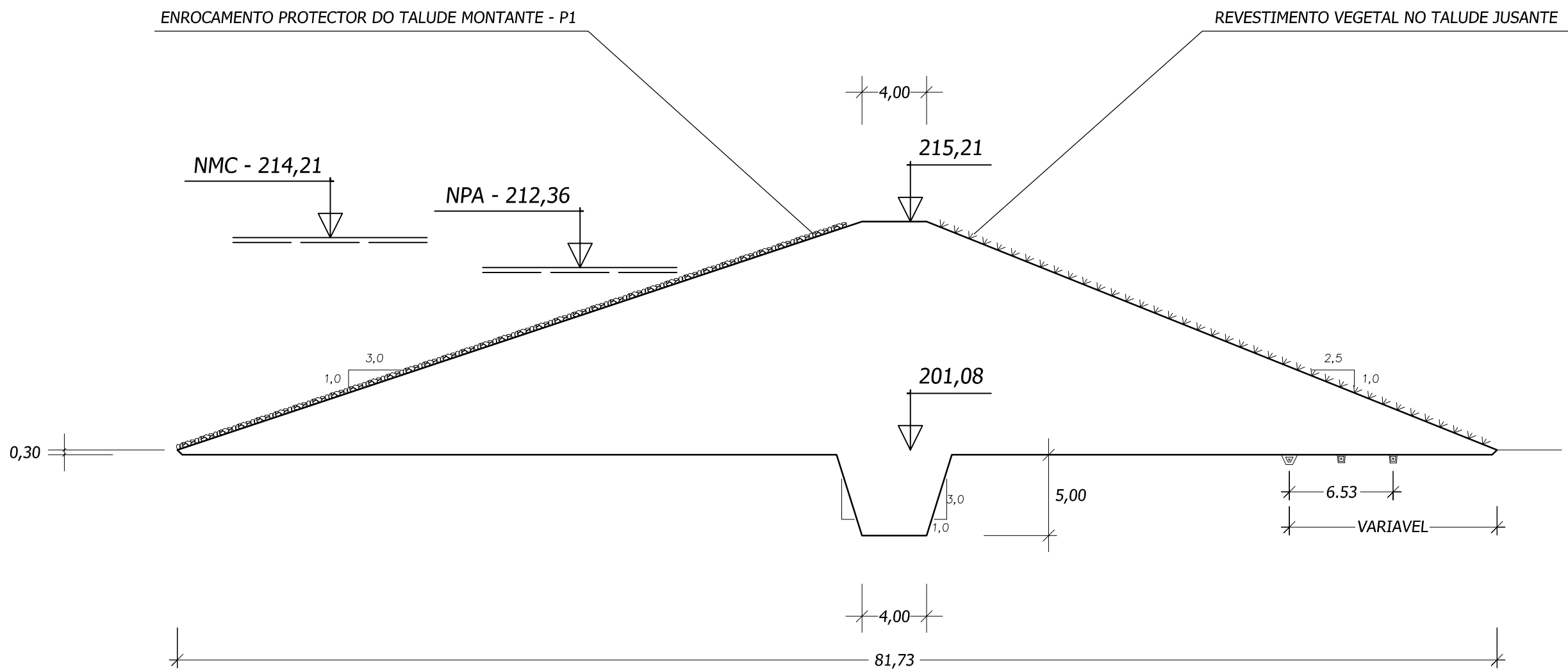
DESIGNAÇÃO	QUANTIDADE (m³)	PREÇOS UNITÁRIOS	PREÇOS PARCIAIS	PREÇOS TOTAIS
		€	€	€
<u>C) EVACUADOR DE CHEIAS</u>				
<u>c1) Escavação</u>				
Canal de chegada.....	E. 5.342			
Canal de descarga.....	E. 6.924			
Canal de restituição.....	E. 2.916			
<u>c2) Descarregador</u>				
Soleira	B.S. 12,74			
Lage	B.S. 32,22			
Paredes	B.A. 9,30			
Brita	2,33			
<u>c3) Canal de Descarga</u>				
Paredes	B.A. 29,01			
Lage	B.S. 117,31			
<u>c4) Bacia de Dissipação</u>				
Paredes	B.A. 35,15			
Lage	B.A. 37,62			
Dentes	B.A. 10,03			
Enrocamento	12,60			
Brita	11,83			
TOTAL - DESCARREGADOR EM BETÃO ARMADO				
TOTAL 1.11A + 1.11B				
PROJECTO				
TOTAL				
<i>B.S. - Betão simples</i>				
<i>B.A. - Betão armado</i>				
<i>A. - Alvenaria</i>				
<i>E. - Escavação</i>				



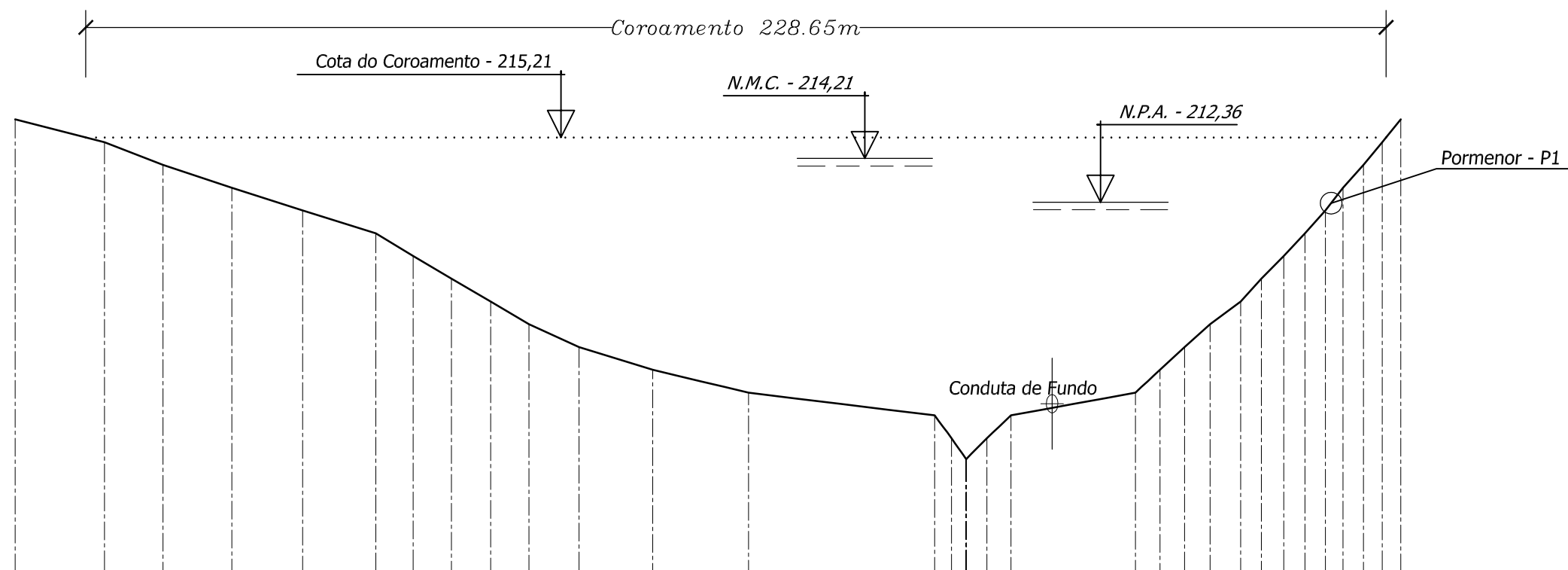
cliente: HERDADE DA RENDEIRA, AGROPECUÁRIA S.A.	data: Jul. 15	G.E.S.
BARRAGEM DO RIBEIRO DE AZEVEL	escala: 1/5.000	
IMPLANTAÇÃO E ÁREA DE REGOLFO COM MANCHA DE EMPRÉSTIMO	alterações:	desenho n°:
o técnico responsável:	referência: 466/15	2.1



cliente: HERDADE DA RENDEIRA, AGROPECUÁRIA S.A.	data: Jul. 15	G.E.S.
BARRAGEM DO RIBEIRO DE AZEVEL	escala: 1/1.000	
IMPLANTAÇÃO E ÁREA DE REGOLFO	alterações:	desenho n°:
o técnico responsável:	referência: 466 /15	2.1B



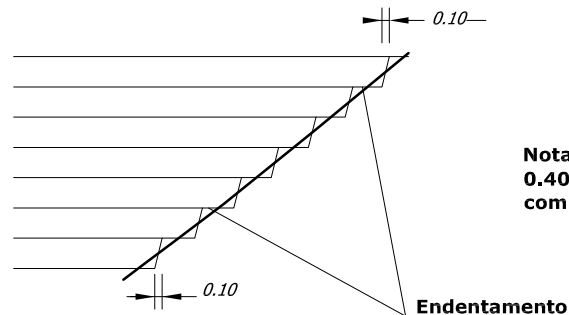
cliente:	HERDADE DA RENDEIRA, AGROPECUÁRIA S.A.	data:	Jul. 15	G.E.S.
BARRAGEM DO RIBEIRO DO AZEVEL		escala:	1/300	
PERFIL TIPO		alterações:		desenho n.º:
o técnico responsável:		referência:	466/15	2.2



COTA DO TERRENO	216	215	214	213	212	211	210	209	208	207	206	205	204	203	202	201.08	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	
DISTÂNCIA A ORIGEM	0.00	26.00	0.00	38.09	50.53	63.42	69.98	76.69	83.59	90.35	99.14	112.09	128.94	161.67	164.65	170.86	175.08	196.97	201.29	205.61	210.11	215.49	223.06	230.40	237.07	243.64	240.38	233.50	237.07	243.64	
NUMERO DO PONTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
DIST. ENTRE PONTOS	15.71	10.29	12.09	12.45	12.89	6.56	6.71	6.90	6.76	8.78	12.95	16.85	32.73	2.99	2.56	3.64	4.22	21.89	4.32	4.32	4.50	5.39	3.66	3.91	3.75	3.10	3.58	3.57	3.31	3.26	
SECÇÕES TRANSVERSAIS	ST1													ST3		ST2		ST4	ST5												
DIST. ENTRE SECÇÕES	81.06													2.56		3.64	44.64														

P1 - Pormenor do endentamento

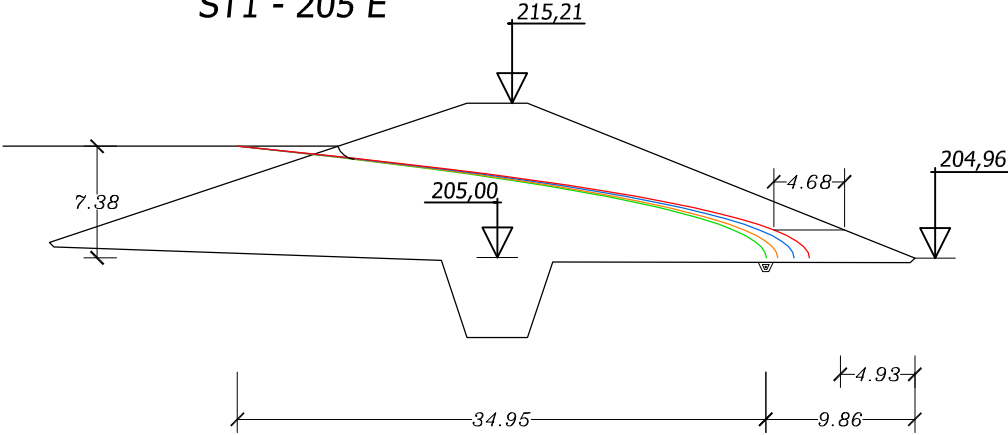
Esc. 1/100



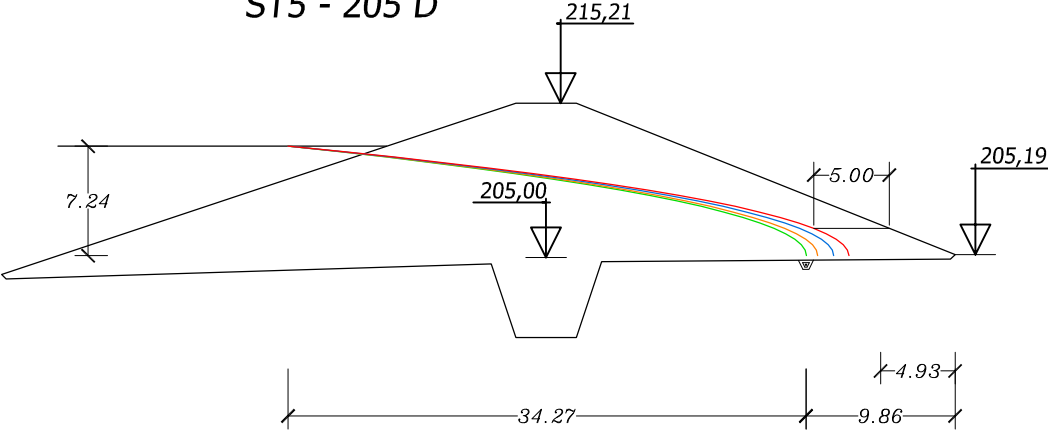
Nota: Patamares horizontais com 0.40m de espessura máxima, compactados com cilindro vibrador.

cliente:	HERDADE DA RENDEIRA, AGROPECUÁRIA S.A.	data:	Jul. 15	G.E.S.
BARRAGEM DO RIBEIRO DE AZEVEL		escala: $V=1/250$ $H=1/1.000$		
PERFIL LONGITUDINAL NO EIXO DA BARRAGEM		alterações:		desenho n°:
o técnico responsável:		referência:	466/15	2.3

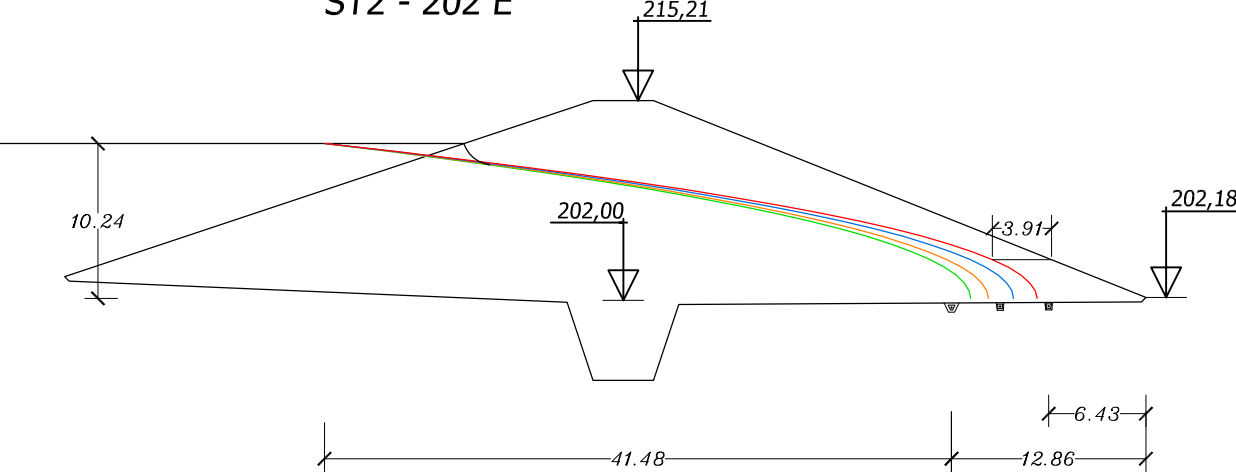
ST1 - 205 E



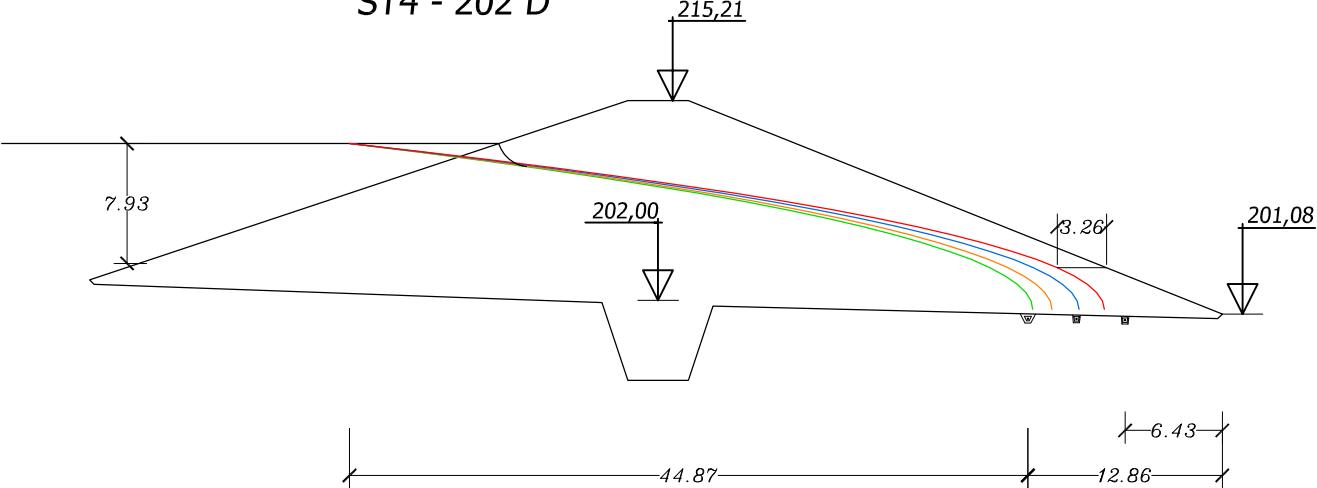
ST5 - 205 D



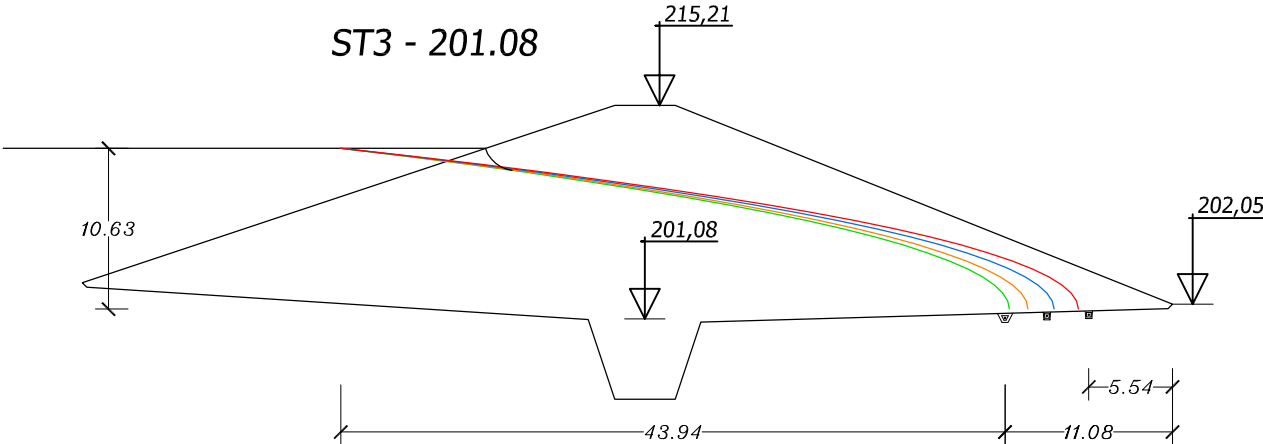
ST2 - 202 E



ST4 - 202 D



ST3 - 201.08



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

cliente: HERDADE DA RENDEIRA, AGROPECUÁRIA S.A.

data: Jul. 15

G.E.S.

BARRAGEM DO RIBEIRO DE AZEVEL

escala: 1/500

PERFIS DE PERCOLAÇÃO - SECÇÕES TRANSVERSAIS

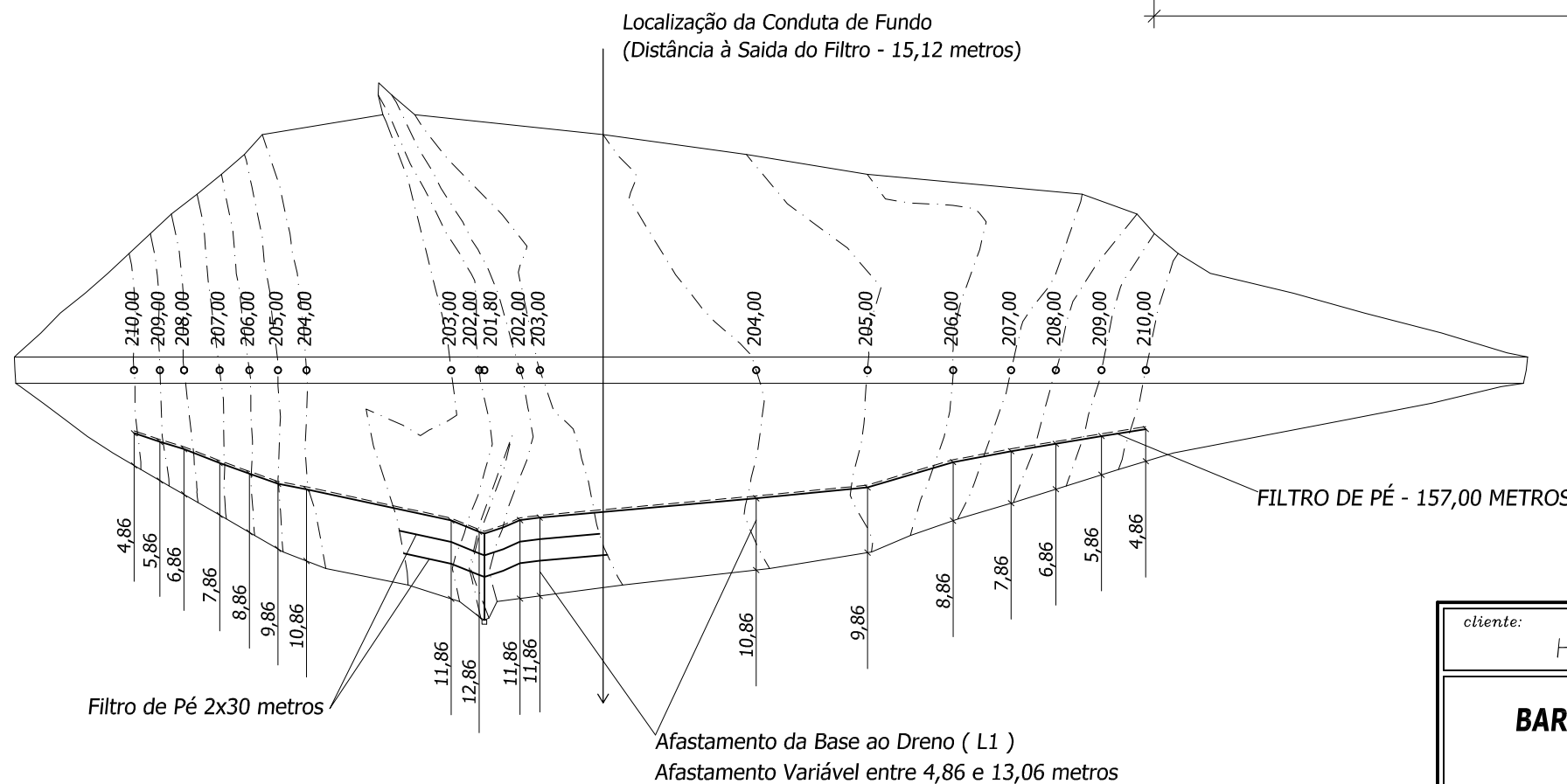
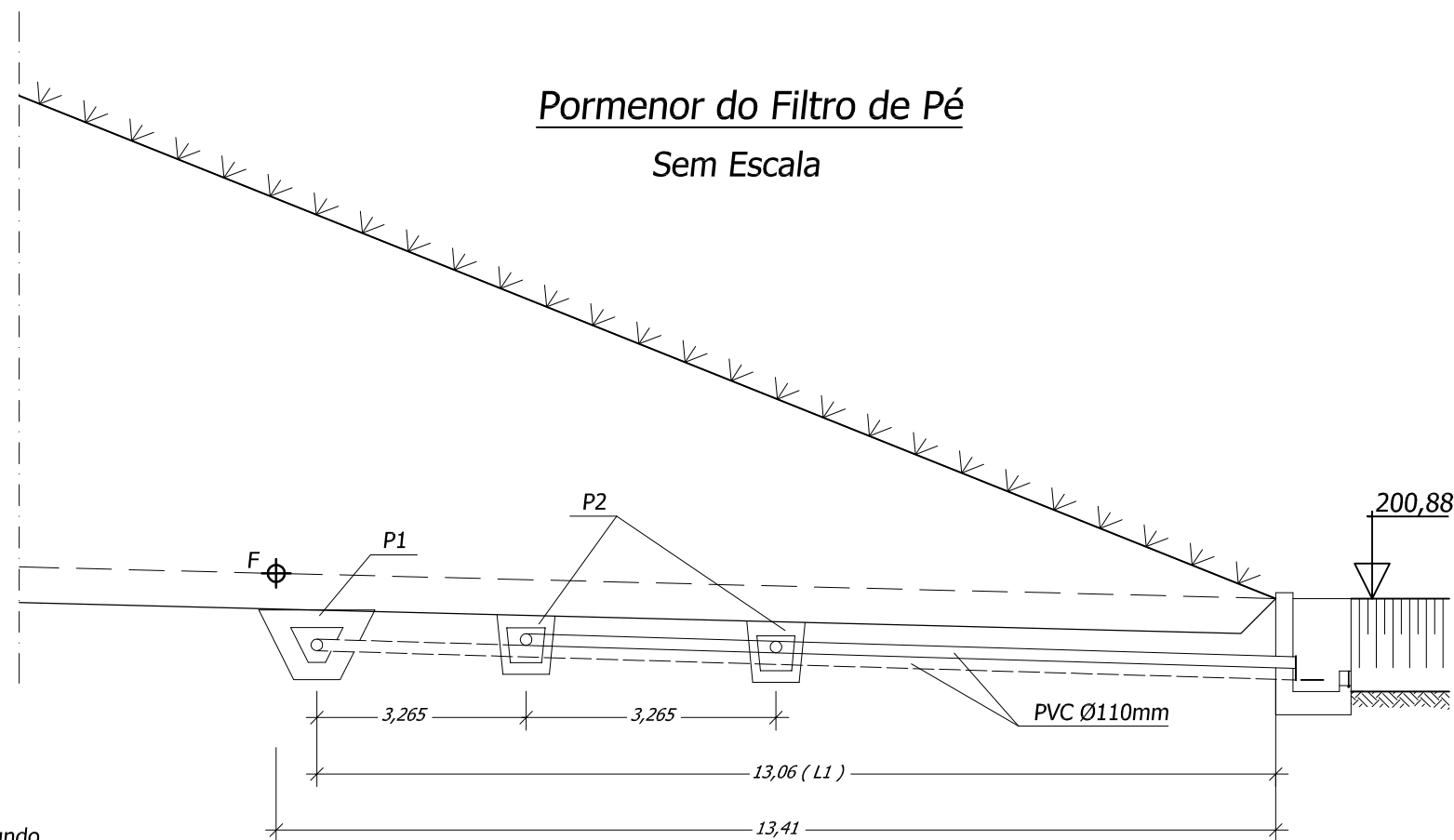
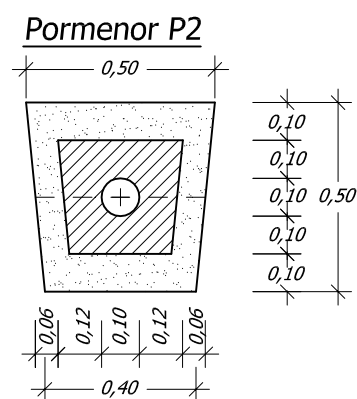
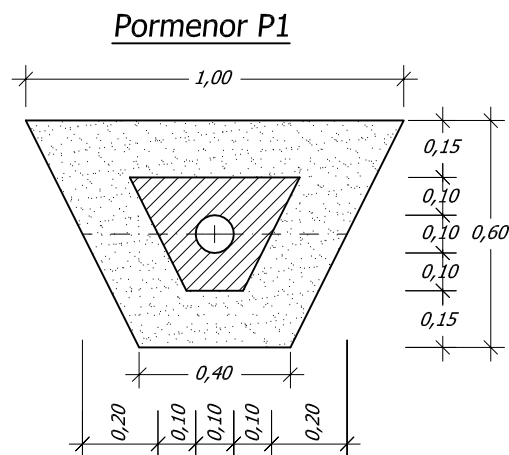
alterações:

desenho n°:

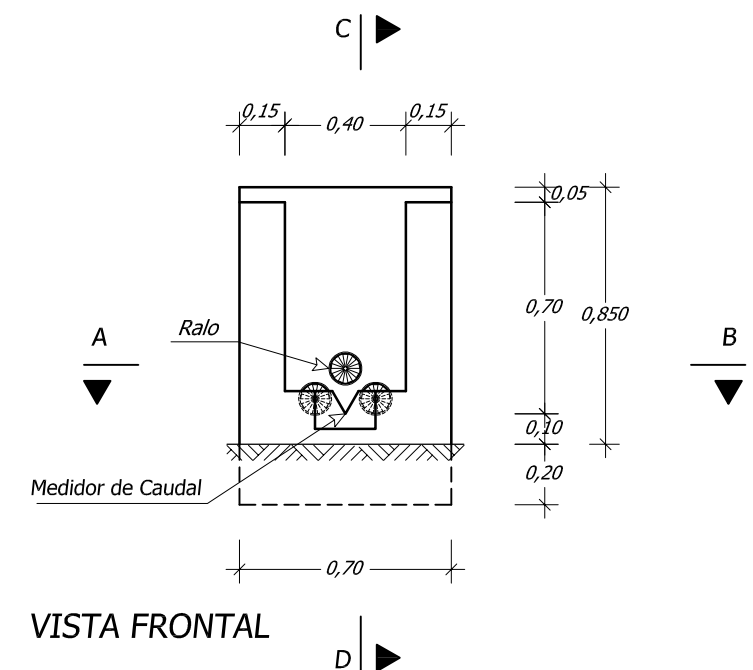
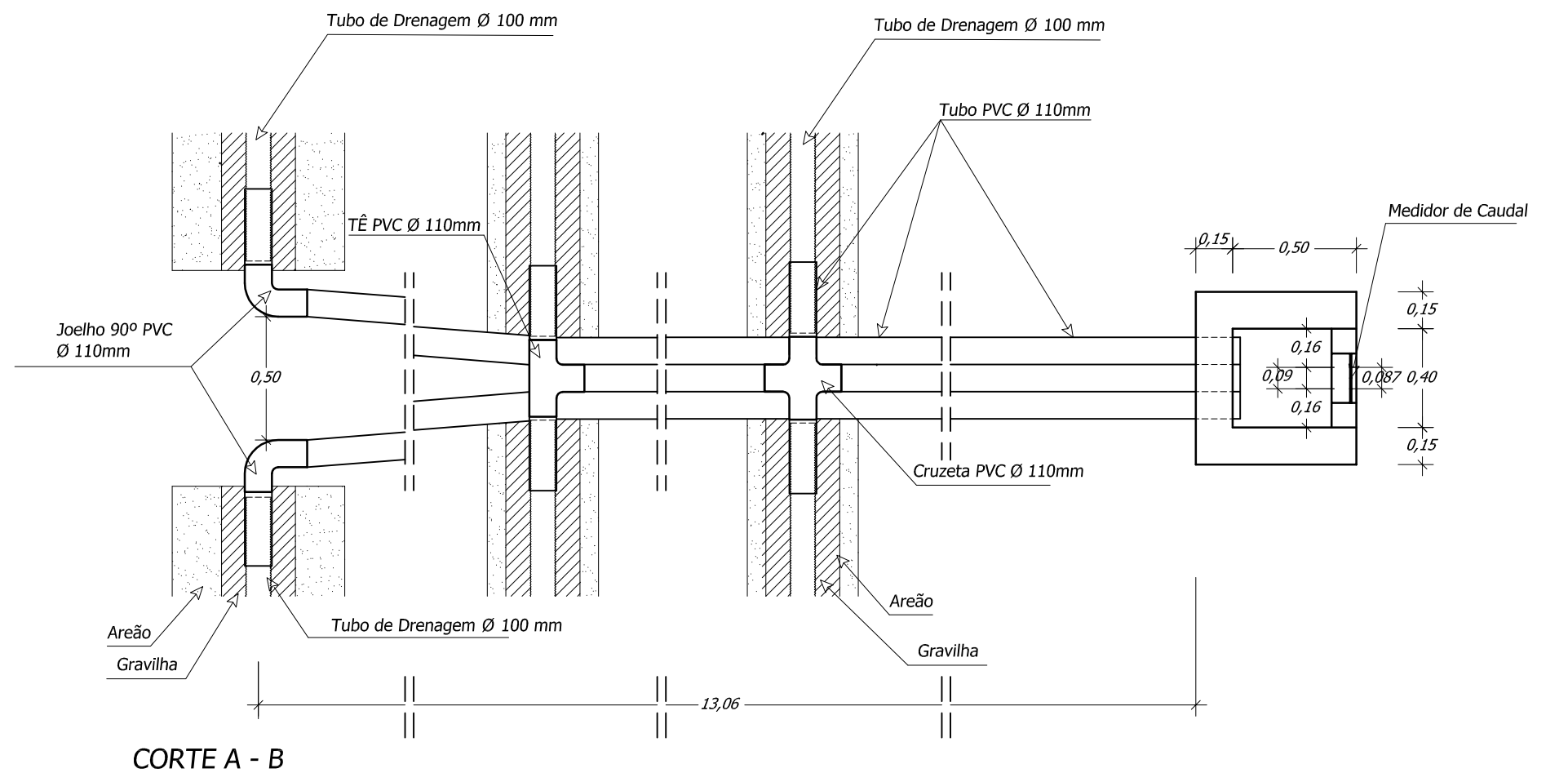
o técnico responsável:

referência: 466/15

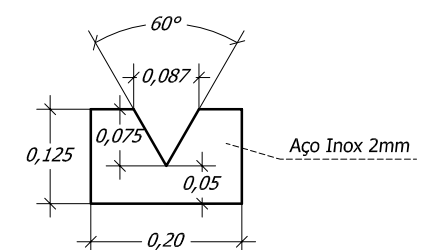
2.4



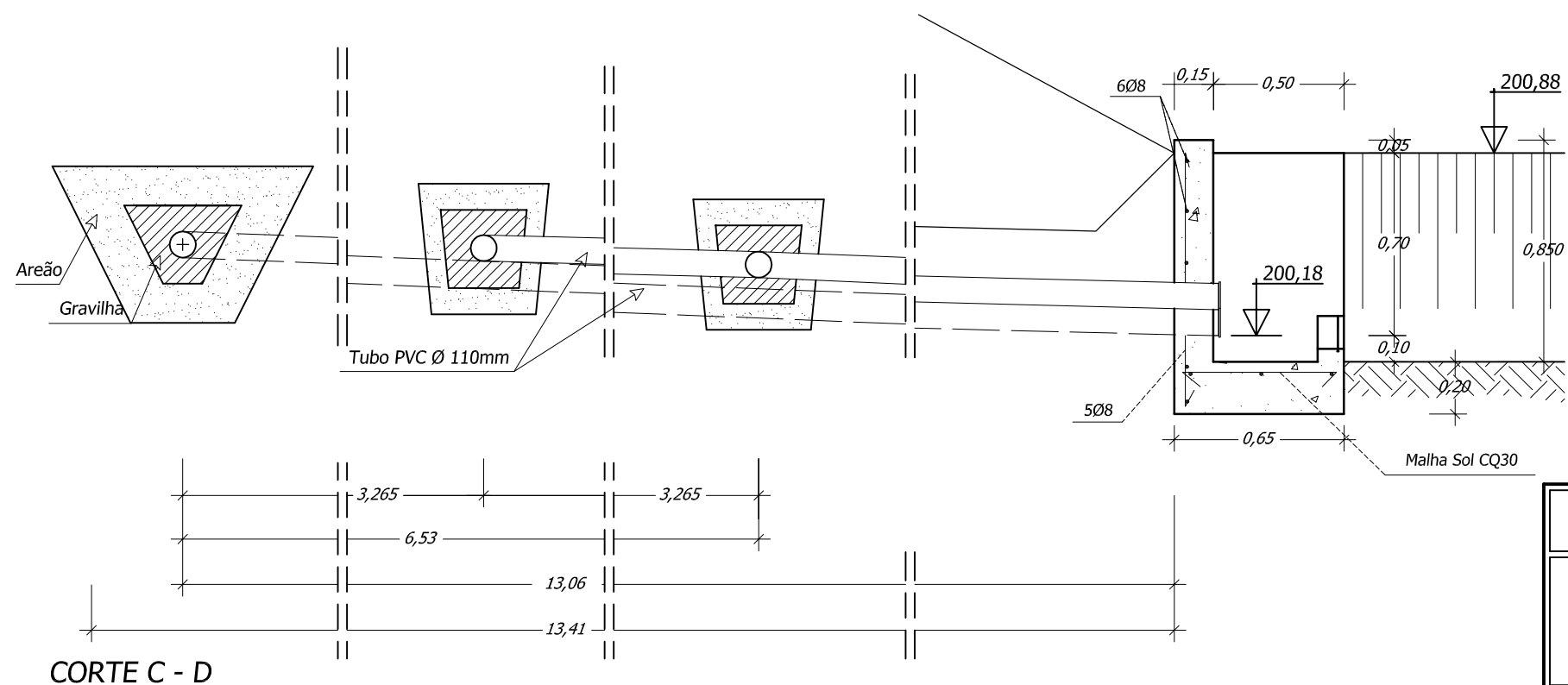
cliente:	HERDADE DA RENDEIRA, AGROPECUÁRIA S.A.	data:	Jul. 15	G.E.S.
BARRAGEM DO RIBEIRO DE AZEVEL		escala:	1/1.000	
FILTRO DE PÉ		alterações:		desenho n°:
o técnico responsável:		referência:	466/15	2.5



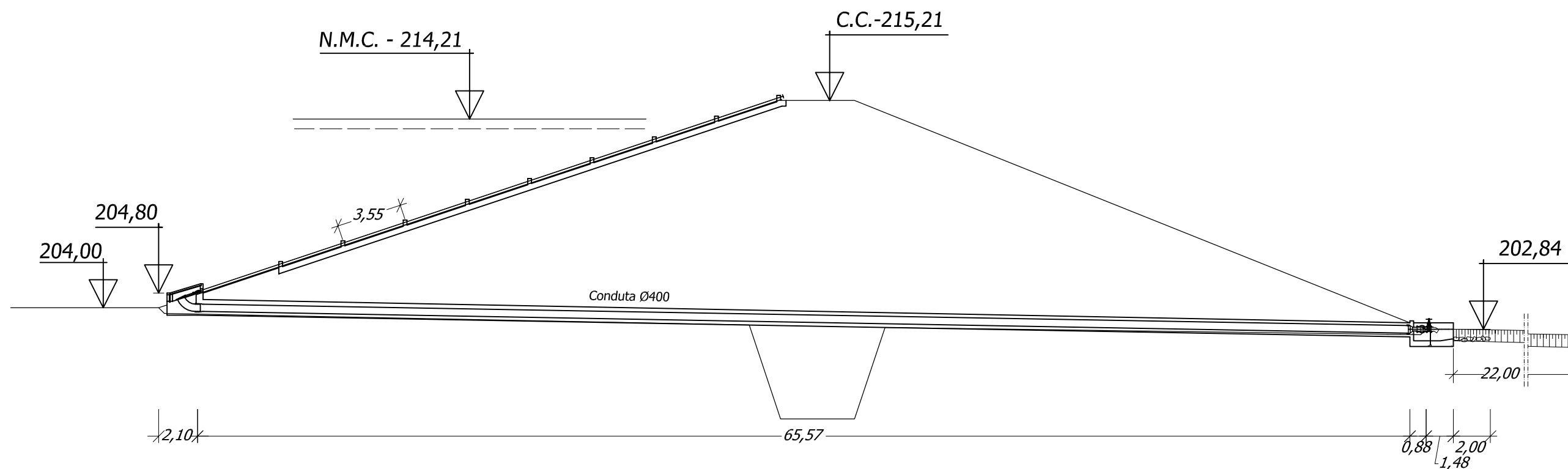
Medidor de Caudal
Esc. 1/10



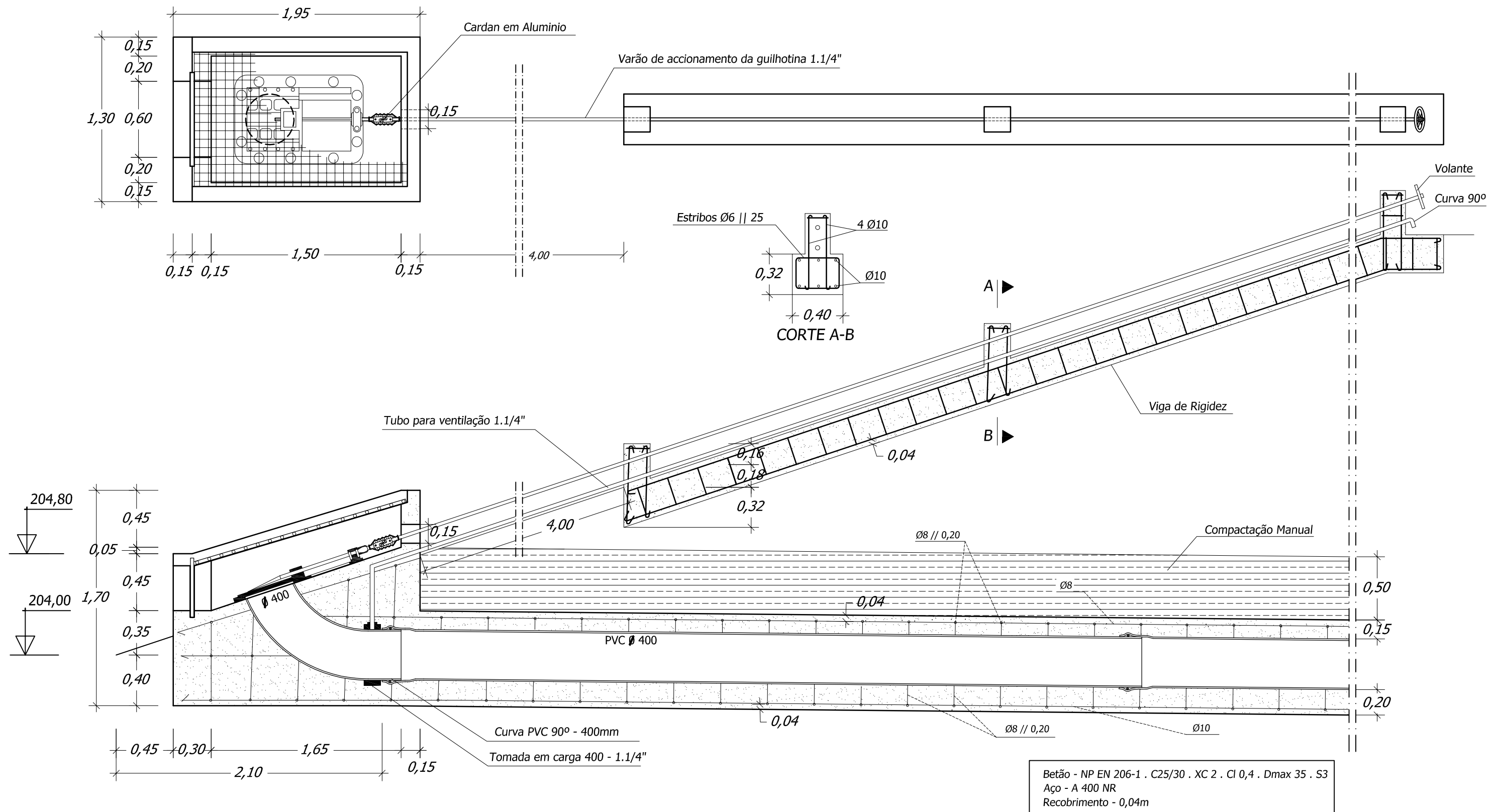
Betão - NP EN 206-1 . C25/30 . XC 2 . CI 0,4 . Dmax 35 . S3
Aço - A 400 NR
Recobrimento - 0,04m



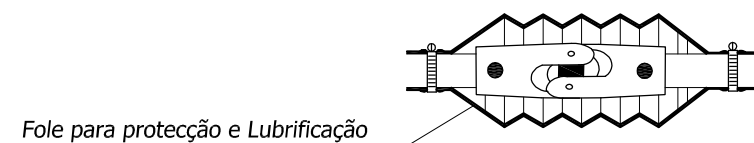
cliente:	HERDADE DA RENDEIRA, AGROPECUÁRIA S.A.	data:	Jul. 15	G.E.S.
BARRAGEM DO RIBEIRO DE AZEVEL		escala:	1/25	
PORMENORES DO FILTRO DE PÉ		alterações:		desenho n°:
o técnico responsável:		referência:	466/15	2.6



cliente:	HERDADE DA RENDEIRA, AGROPECUÁRIA S.A.	data:	Jul. 15	G.E.S.
BARRAGEM DO RIBEIRO DO AZEVEL		escala:	1/250	
SECÇÃO NO EIXO DA CONDUTA DE FUNDO		alterações:		desenho n°:
o técnico responsável:		referência:	466/15	2.7

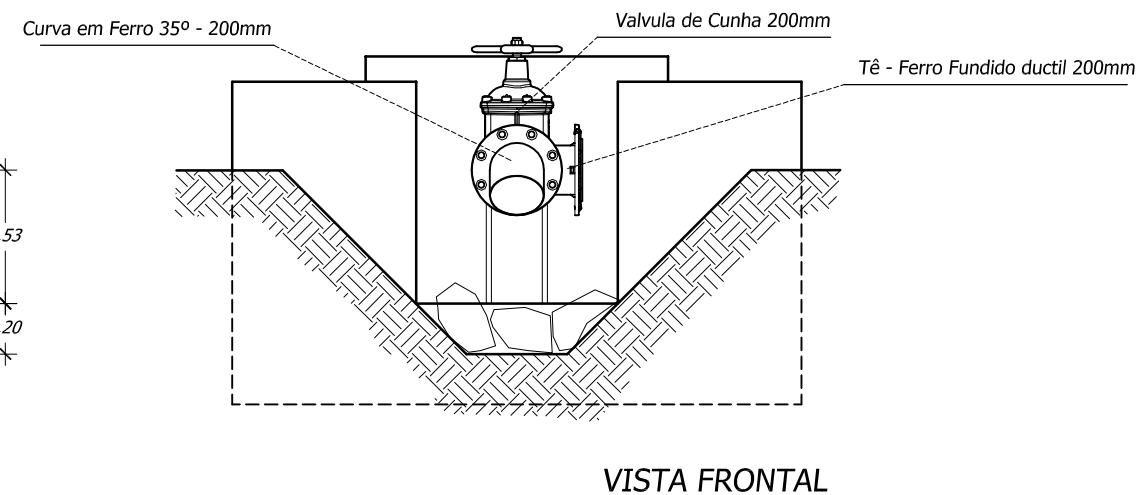
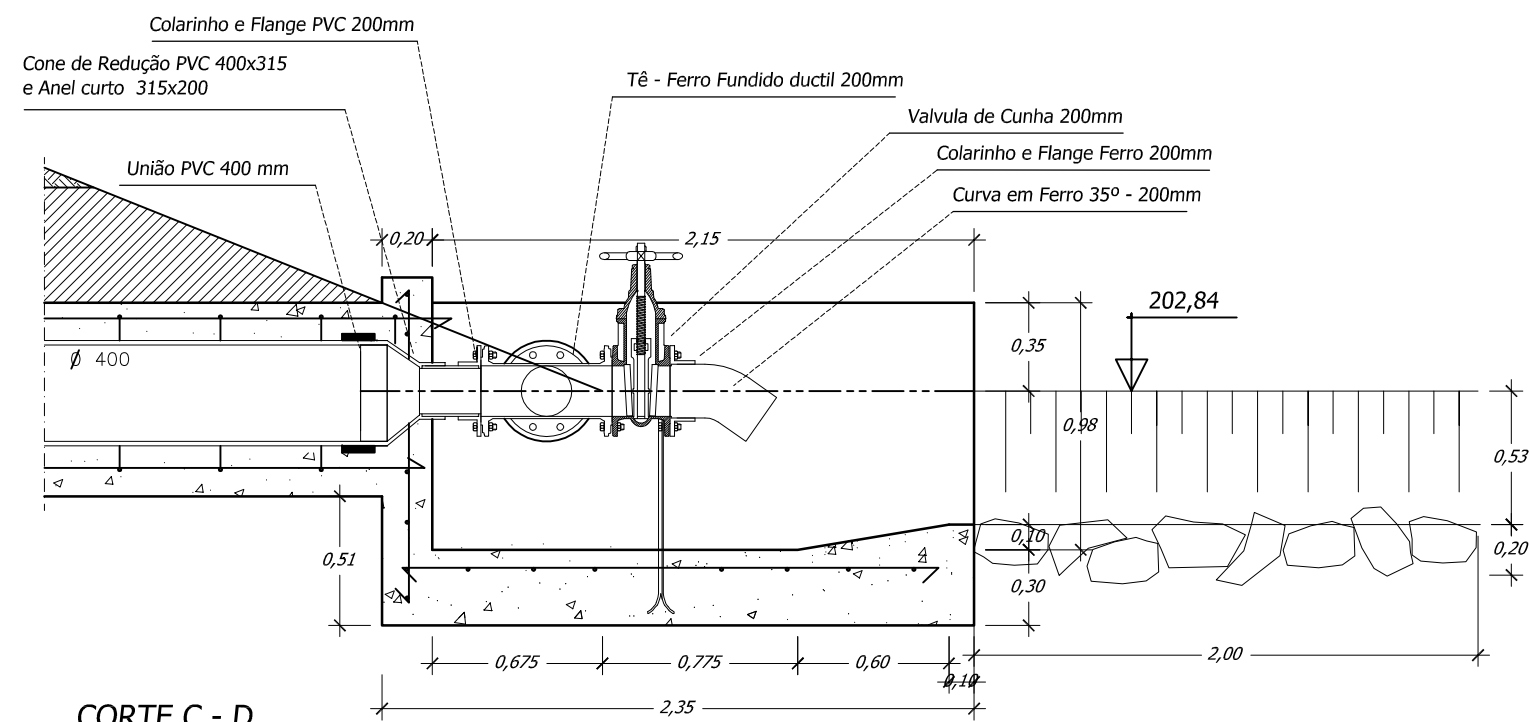
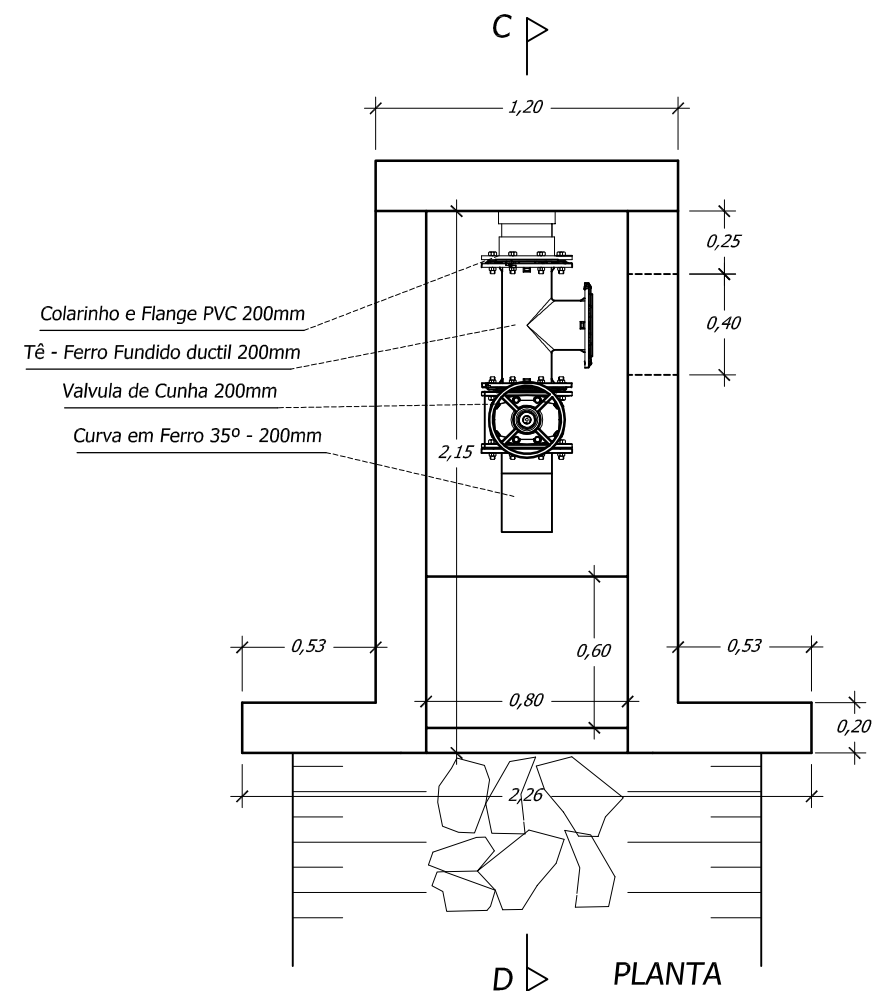
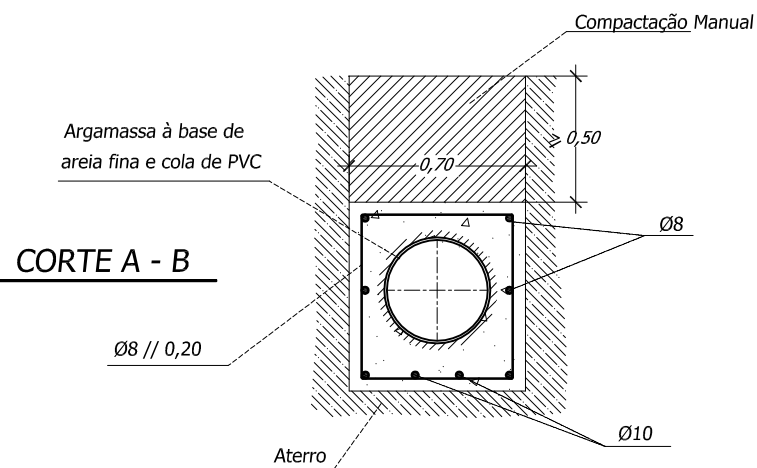
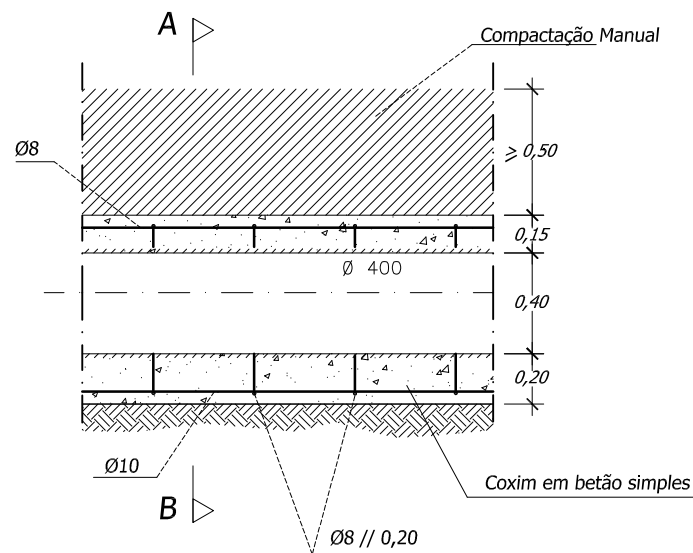


PORMENOR DO CARDAN



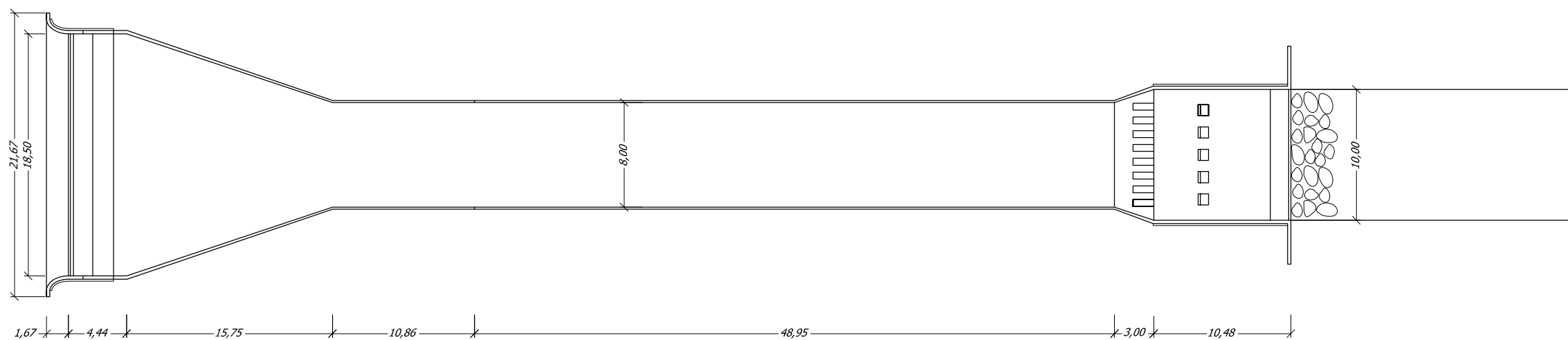
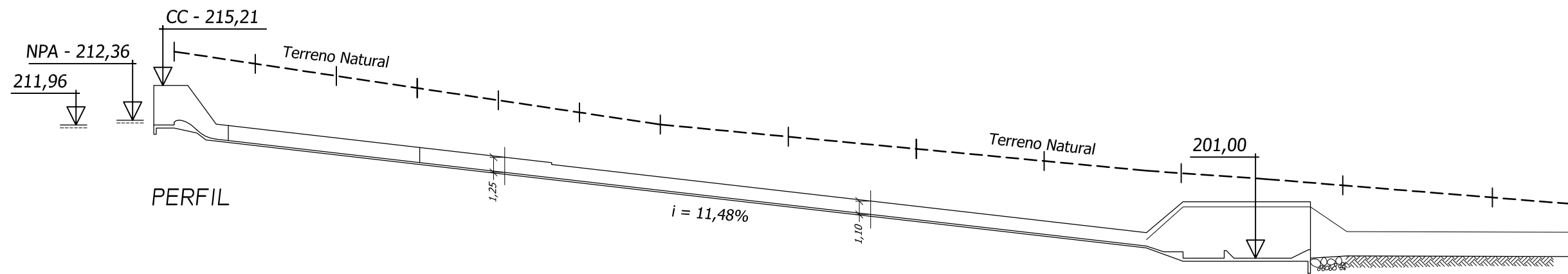
Betão - NP EN 206-1 . C25/30 . XC 2 . Cl 0,4 . Dmax 35 . S3
Aço - A 400 NR
Recobrimento - 0,04m

cliente:	HERDADE DA RENDEIRA, AGROPECUÁRIA S.A.	data:	Jul. 15	G.E.S.
BARRAGEM DO RIBEIRO DO AZEVEL		escala:	1/30	
PORMENORES DA VALVULA DE GUILHOTINA		alterações:		desenho nº:
o técnico responsável:		referência:	466/15	2.8



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

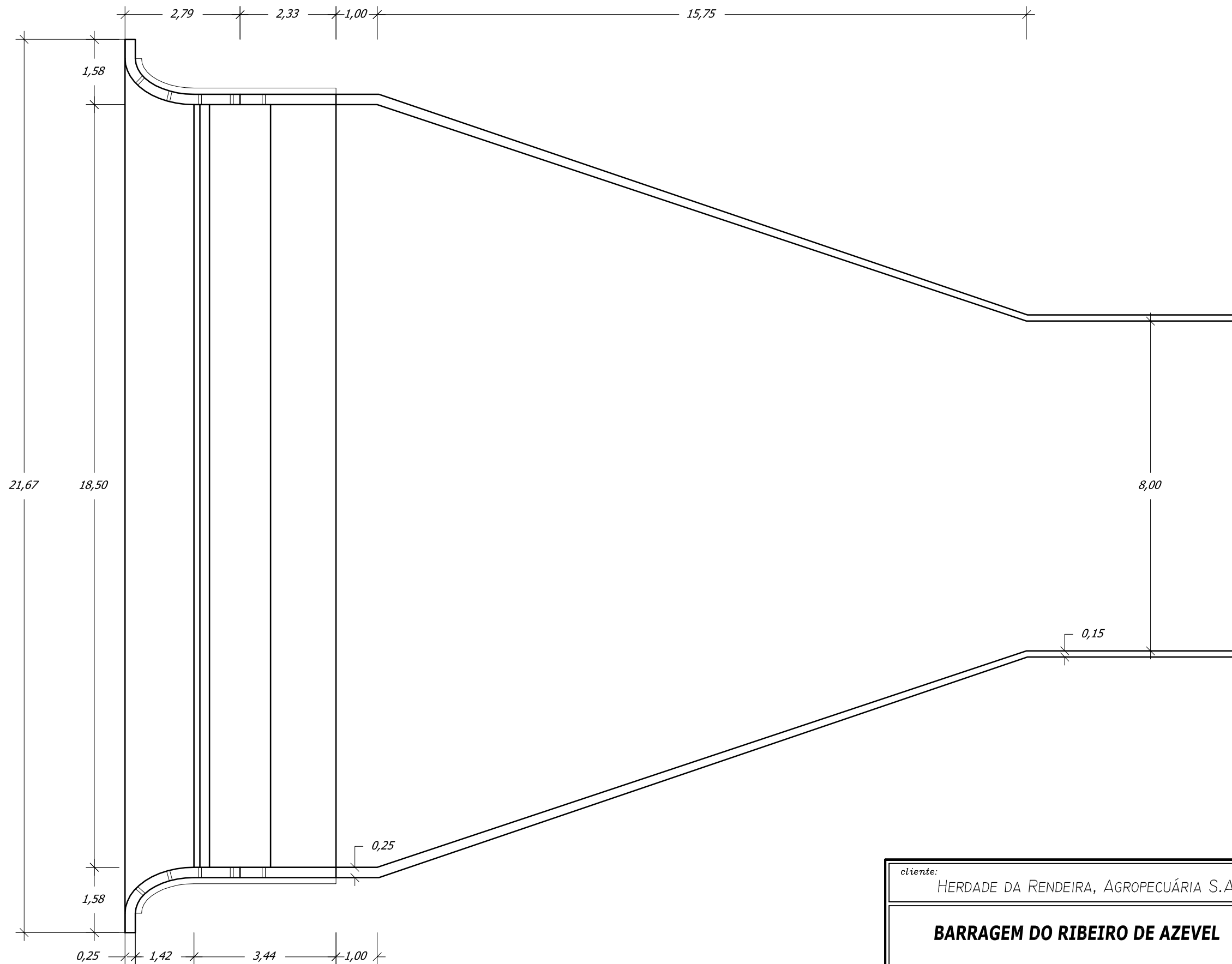
cliente:	HERDADE DA RENDEIRA, AGROPECUÁRIA S.A.	data:	Jul. 15	G.E.S.
BARRAGEM DO RIBEIRO DO AZEVEL		escala:	1/30	
PORMENOR DA CONDUTA DE FUNDO		alterações:		desenho nº:
o técnico responsável:		referência:	466/15	2.9



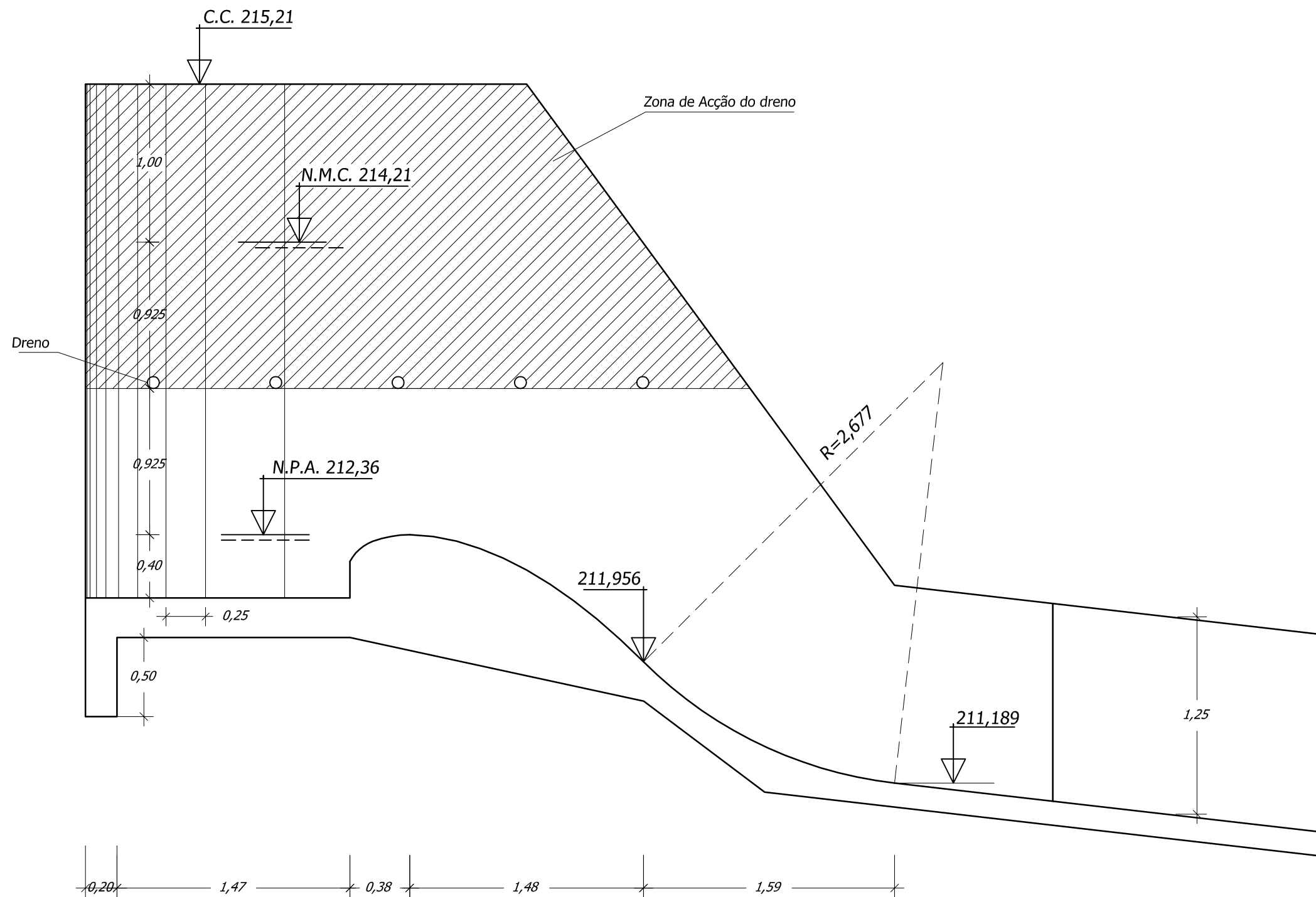
PLANTA

COTA DO TERRENO	218,00	217,00	216,00	215,00	214,00	213,00	212,00	211,00	210,00	209,00	208,00	207,00	206,00
COTA DO CANAL	212,36	210,42	209,65	208,89	208,12	207,36	206,59	205,38	204,18	202,97	201,53	201,18	201,17
DISTÂNCIA À SOLEIRA	0,00	6,67	13,33	20,00	26,67	33,33	40,00	50,53	61,05	71,58	82,86	96,15	108,46
INCLINAÇÃO DO CANAL (%)	11,48												

cliente: HERDADE DA RENDEIRA, AGROPECUÁRIA S.A.	data: Jul. 15	G.E.S.
BARRAGEM DO RIBEIRO DE AZEVEL DESCARREGADOR DE CHEIAS - PERFIL LONGITUDINAL	escala: 1/400	
o técnico responsável:	alterações:	desenho n°:
	referência: 466/15	2.10

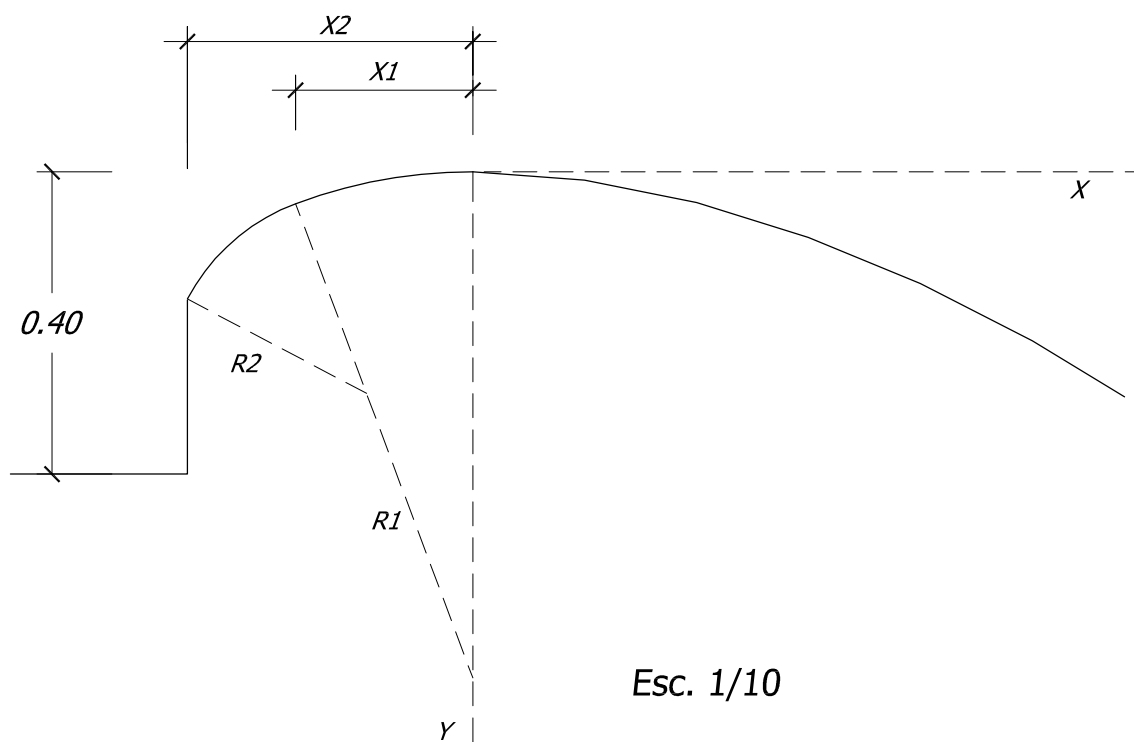


cliente: HERDADE DA RENDEIRA, AGROPECUÁRIA S.A.	data: Jul. 15	G.E.S.
BARRAGEM DO RIBEIRO DE AZEVEL	escala: 1/100	
DESCARREGADOR DE CHEIAS - PLANTA	alterações:	desenho n°:
o técnico responsável:	referência: 466/15	2.11



cliente: HERDADE DA RENDEIRA, AGROPECUÁRIA S.A.	data: Jul. 15	G.E.S.
BARRAGEM DO RIBEIRO DE AZEVEL	escala: 1/30	
DESCARREGADOR DE CHEIAS - PERFIL DA SOLEIRA	alterações:	desenho n°:
o técnico responsável:	referência: 466/15	2.12

PERFIL DA SOLEIRA



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

CARGA = 1,673

PARAMENTO MONTANTE VERTICAL

$$N = 1,85$$

$$K = 2,00$$

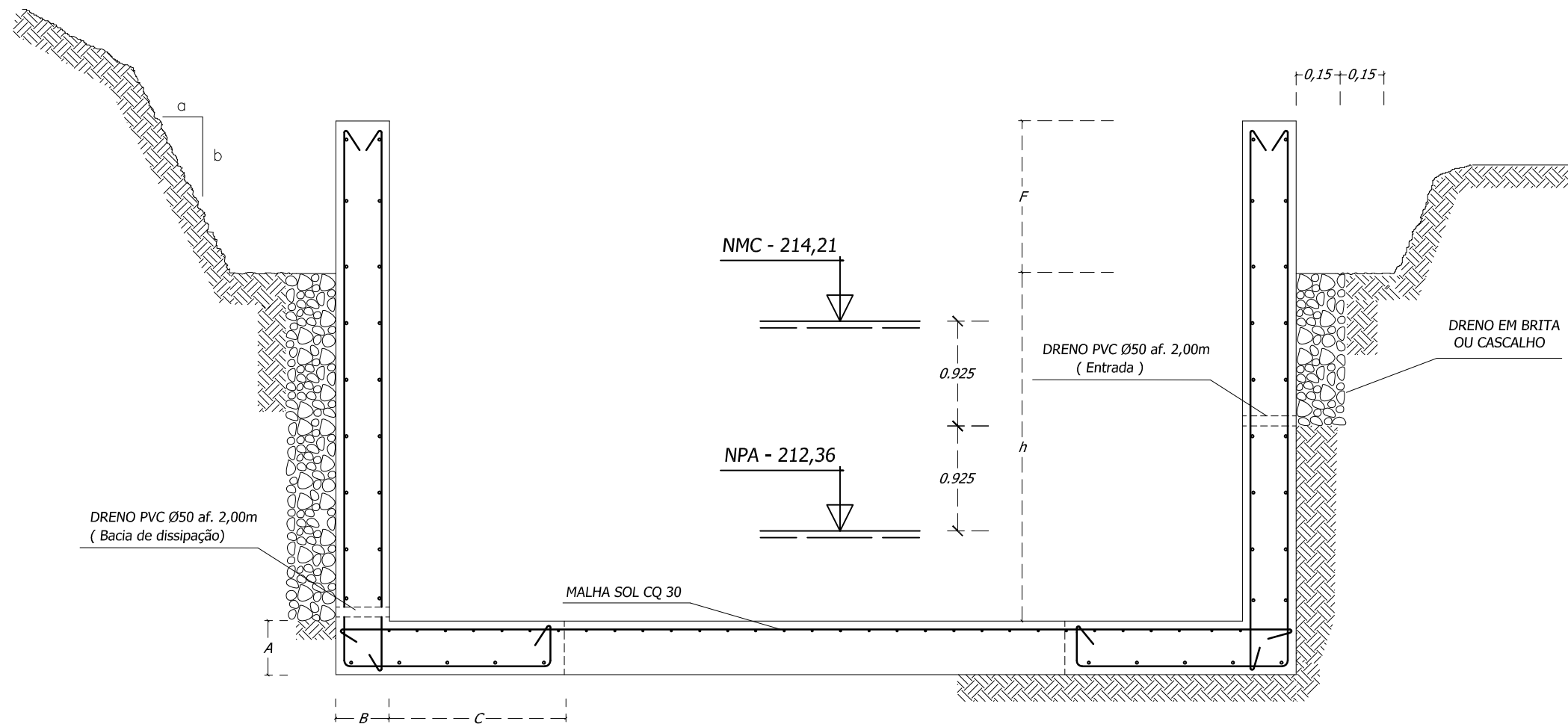
$$R1 = 0,50 \quad x \quad 1,338 \quad = \quad 0,669$$

$$R2 = 0,20 \quad x \quad 1,338 \quad = \quad 0,268$$

$$X1 = 0,175 \quad x \quad 1,338 \quad = \quad 0,234$$

$$X2 = 0,282 \quad x \quad 1,338 \quad = \quad 0,377$$

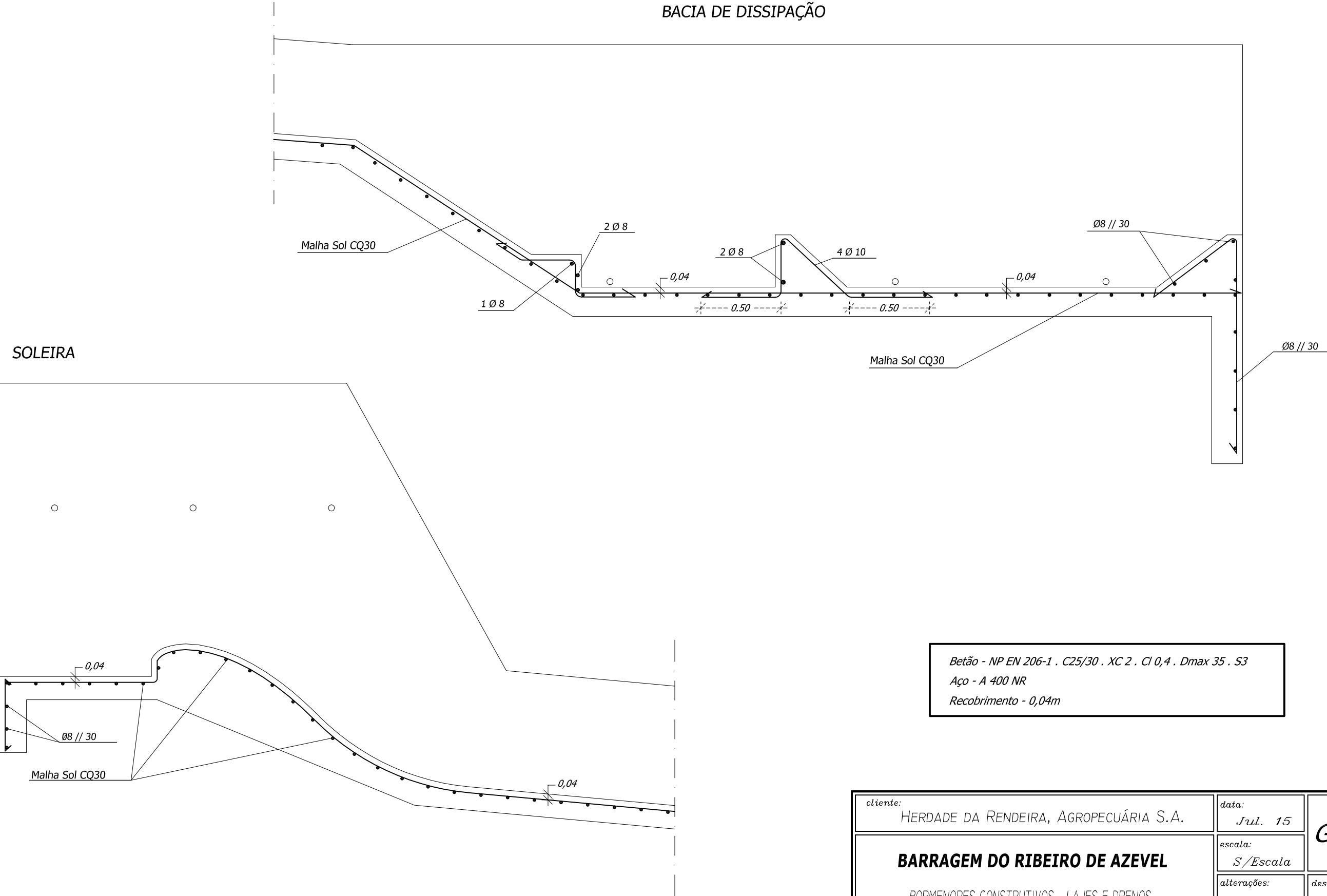
$X (m)$	$Y (m)$
0,00	0,000
0,10	0,006
0,20	0,020
0,30	0,042
0,40	0,072
0,50	0,108
0,60	0,152
0,70	0,202
1,00	0,390
1,20	0,547
1,40	0,727
1,60	0,931



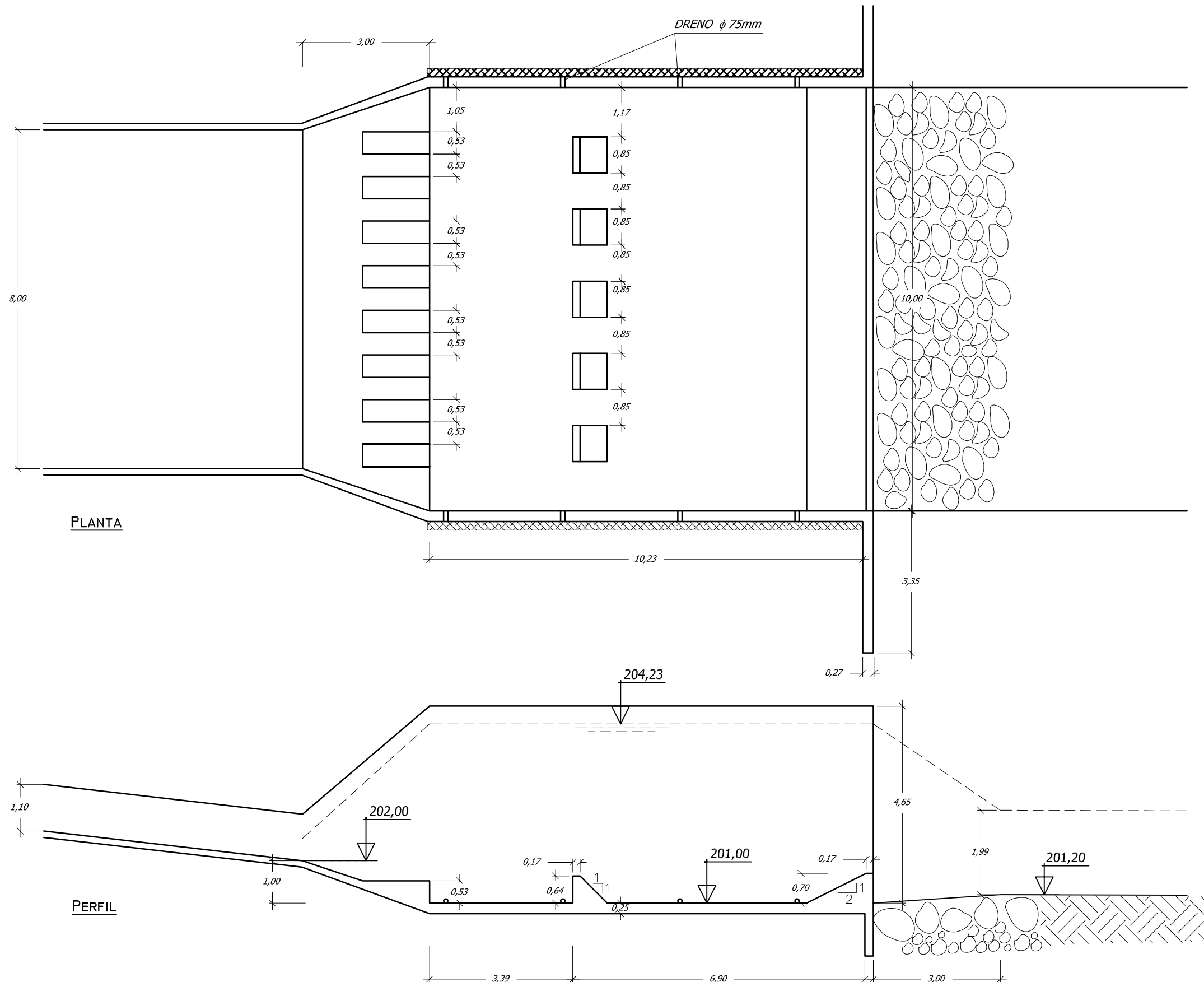
MUROS DE SUPORTE	DIMENSÕES					INCL. a/b	AÇO		DRENO s/n
	A	B	C	F	h		HORIZONTAL	VERTICAL	
CANAL DE CHEGADA E SOLEIRA	0,25	0,25	2,50	0,00	3,25	1/3	4Ø6/m	Ø16/20cm	SIM
CANAL DE DESCARGA	0,15	0,15	0,90	0,25	1,00	1/3	4Ø6/m	Ø8/20cm	NÃO
BACIA DE DISSIPACÃO	0,25	0,25	2,80	0,80	3,85	1/1,5	4Ø6/m	Ø16/15cm	SIM

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: Jul. 15	G.E.S.
BARRAGEM DO RIBEIRO DE AZEVEL	escala: S/ escala	
PORMENORES CONSTRUTIVOS - MUROS DE SUPORTE	alterações:	desenho nº:
o técnico responsável:	referência: 466/15	2.14



cliente: HERDADE DA RENDEIRA, AGROPECUÁRIA S.A.	data: Jul. 15	G.E.S.
BARRAGEM DO RIBEIRO DE AZEVEL	escala: S/Escala	
PORMENORES CONSTRUTIVOS - LAJES E DRENOS	alterações:	desenho n°:
o técnico responsável:	referência: 466/15	2.15



cliente:	HERDADE DA RENDEIRA, AGROPECUÁRIA S.A.	data:	Jul. 15	G.E.S.
BARRAGEM DO RIBEIRO DE AZEVEL		escala:	1/75	
DESCARREGADOR DE CHEIAS - BACIA DE DISSIPAÇÃO		alterações:		desenho nº:
o técnico responsável:		referência:	466/15	2.16

BARRAGEM DO RIBEIRO DO AZEVÉL

PROJECTO DE CONSTRUÇÃO

CAPITULO III - PROJECTO TÉCNICO JUSTIFICATIVO

proprietário:

Herdade da Rendeira, Agropecuária S.A,
Aldeia da Venda
7200-020 SANTIAGO MAIOR

Julho 2015

3 - PROJECTO TÉCNICO JUSTIFICATIVO

3.1) ESCAVAÇÕES E ATERROS

O reconhecimento geológico realizado ao local e apresentado no **Anexo II** permitiu verificar que estamos na presença de um de maciço essencialmente xistoso, atribuído à “Formação de Barrancos” (Ba) - xistos cinzentos, recobertos localizadamente por níveis de cascalheira.

Na sequência destas observações foi estipulada à segurança uma profundidade média para a vala corta-águas de 5 metros.

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 ML e CL 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 0,90 metros para a escavação na mancha de empréstimo que, para um coeficiente de empolamento de 10%, deverá abranger uma área de cerca de 62.700 m² 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 .

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;
- mesmo admitindo o pleno enchimento da albufeira com os caudais pluviais afluentes, única fonte de abastecimento da albufeira, estes serão diminutos ou nulos durante o período estival pelo que não existirá reposição dos volumes perdidos por percolação, sendo assim imposto que não sofra de importantes perdas 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 5 das secções transversais 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 bastante mais elevado que o máximo indicado¹¹ para os solos identificados pelas análises laboratoriais e considerados representativos para reutilização em aterro (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	1,10	$7,73 \times 10^{-8}$	$1,06 \times 10^{-7}$
valor utilizado	5,17		5×10^{-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.

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 processo¹² consistindo na redução da escala horizontal do perfil pelo factor

¹¹ Design of Small Dams; BUREC

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

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 processo¹³ 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:

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

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

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.

A interpretação destes resultados obtidos permite concluir que:

a) caudais

Nos quadros nº 3.5A a 3.5D apresentam-se os parâmetros de cálculo e os resultados obtidos para cada uma das secções e para as várias anisotropias consideradas, com resumo no quadro seguinte:

<i>Kh / Kv</i>		1,0	3,0	6,0	9,0
Caudal dreno esquerdo	l/h	13,38	20,65	21,91	21,70
Caudal dreno direito	l/h	8,22	12,69	13,46	13,32
Caudal total	l/h	21,59	33,34	35,37	35,01
Caudal total anual	m ³ /ano	189,2	292,0	309,8	306,7
Caudal máximo por secção	l/h.m	0,24	0,37	0,39	0,38

Verifica-se que o valor do caudal anual mesmo no cenário em situação $K_h/K_v = 9$ é muito reduzido ($\approx 310\text{m}^3/\text{ano}$) não comprometendo a viabilidade ou a segurança da obra, equivalendo a apenas cerca de 0,03% da capacidade da albufeira, e será muito menor em situação de utilização normal dado a abaixamento do seu nível ao longo do ano.

¹² Gupta (2008)

¹³ Casagrande (1937)

O valor máximo descarregado avaliado em cerca de $35 \text{ l/h} \approx 0,01 \text{ l/s}$ corresponderá aproximadamente a cerca de 1,0 cm de altura no descarregador triangular da caixa de restituição¹⁴, 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 3% dos apresentados.

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).

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

Dos quadros já referidos constam igualmente os parâmetros de cálculo e os resultados obtidos, verificando-se que estas distâncias são sempre superiores a 32% da altura de água h_t , com valores absolutos nas secções mais desfavoráveis variando entre 3,60 a 3,90 m, não havendo intersecção da linha de percolação com o talude jusante.

Atendendo aos mesmos e aos reduzidos valores obtidos para os caudais, considera-se assim que não será provável a ocorrência de ressurgências no talude jusante em resultado de eventual deficiência na compactação dos solos e que, caso ocorram, serão de magnitude diminuta.

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 60% do valor inicialmente previsto em condições de isotropia.

Justifica-se assim, ao admitir 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.

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.

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

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 203,00 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 50% 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 a 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 colmatção 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 (0,70m) foi estabelecida à segurança de forma a respeitar o valor de metade da distância focal da parábola correspondente à linha de percolação¹⁵ 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:

$$q = k \cdot A = 0,01 \times 100 \times 70 = 70 \text{ cm}^3/\text{s.m} = 252 \text{ l/h.m}$$

valor este bastante superior ao caudal máximo calculado para a secção e anisotropia mais desfavorável cujo valor foi de 0,39 l/h.m, correspondendo-lhe assim um factor de segurança com um valor de cerca de 645.

A inclinação mínima do dreno mais desfavorável é de 0,174 m/m (margem esquerda) tendo de transportar, considerando a barragem cheia e a anisotropia mais desfavorável, um caudal máximo da ordem dos 43,81 l/h.

A capacidade de transporte do tubo HPDE de 100 mm nestas condições ronda os 120 m³/h, sendo assim cerca de 2.746 vezes superior ao máximo calculado.

3.3) CONDUTA 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 98 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/cm² cujo diâmetro interno seja superior a 201,43 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:

¹⁵ Casagrande (1937)

Tempo para esvaziamento da conduta de fundo (dias)			
Conduta \ válvula jusante	150	200	250
250	65,2	47,6	41,5
315	57,0	36,2	28,0
400	54,0	31,6	21,9

Face a estes resultados adopta-se uma conduta de PVC de 400 mm 6 kg/cm², 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 (458,6 m³/h) para cerca de 1,14 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 (2,16 m) tendo-se obtido o valor de 647,5 m³/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 31,6 dias, o que corresponde a uma velocidade de rebaixamento variável entre 57,4 e 12,8 cm/dia, com uma média de cerca de 23,3 cm/dia, o que corresponde a um esvaziamento brusco¹⁶.

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:

a) Perdas Contínuas:

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

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

sendo: p_c = perda continua (m/m); Q = caudal escoado (m³/s) e ϕ 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.

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

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

	k'	ϕ_{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>763,4</u>	horas
- abaixamento médio diário	23,8	cm

A conduta de arejamento prevista destina-se a permitir a saída de ar acumulado na conduta sobretudo no seu primeiro enchimento e, em períodos de funcionamento, a permitir a entrada de ar que compense fenómenos de cavitação provocados por singularidades na conduta de que se destacam as associadas à abertura parcial da válvula de guilhotina instalada a montante.

Considerando a utilização da conduta de fundo para efeitos de rega e a sua manutenção em carga permanente durante este período com a válvula de montante totalmente aberta, possibilitando a automatização do funcionamento do grupo electrobomba, não existirão ao longo da conduta estrangulamentos de magnitude suficiente para produzir cavitação considerável, acrescendo que as velocidades do escoamento serão bastante reduzidas dado o sobredimensionamento do diâmetro da conduta neste contexto.

A conduta de arejamento desempenhará assim funções essencialmente por ocasião de manobras de abertura / fecho da válvula montante previstas quase exclusivamente em caso de ensaio do equipamento, de curta duração, ou apenas se por motivos de segurança se justificar esvaziar total ou parcialmente a albufeira, devendo manter-se presente a noção que a abertura total da conduta de fundo pode ter implicações indesejáveis na estabilidade do talude montante por configurar um esvaziamento brusco da albufeira como referido.

¹⁷ Nota - " ϕ_{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.

A tubagem de arejamento proposta, com um diâmetro interno da ordem dos 30 mm, tem capacidade de descarga de um caudal de ar da ordem dos 126 m³/h para uma velocidade de 50 m/s, valor correspondente a cerca de 9,3 % do caudal de água máximo na conduta de fundo, pelo que é suficiente para as solicitações existentes.

O processo de ligação entre estas condutas que se propõe (abraçadeira em ferro fundido) tem por objectivo a solidarização estrutural e vedação do conjunto e a constituição de uma câmara para recolha do ar na localização onde se prevê que venham a ocorrer as maiores subpressões.

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 albufera em NPA, sem criar impedimentos a uma eventual necessidade de remoção das peças ali instaladas, para efeitos de vistoria à conduta, manutenção ou reparação.

As dimensões da caixa de descarga e da vala de restituição foram estabelecidas com o objectivo de que, mesmo para caudal máximo (1.360,3 m³/h), a válvula de seccionamento não sofresse de afogamento, tendo-se calculado uma altura do escoamento¹⁸ 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 escoamento¹⁹, definindo-se um comprimento da ordem dos 30 metros até à ligação da linha de água a jusante sensivelmente à cota 202,21, ou a cota inferior, com uma inclinação mínima de 0,34 % ao longo do seu percurso.

Prevê-se a instalação de derivação de diâmetro igual ao da válvula de jusante à qual deverá ser ligado o equipamento de rega, de forma que a válvula jusante esteja permanentemente livre para efeitos de descargas de controle ou de emergência.

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 cerca de 0,4% 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.

¹⁸ descarregador rectangular, fórmula de Rehbock, Manual de Hidráulica Geral, A. Lencastre

¹⁹ 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 1951/80²⁰, 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 à qual corresponde o fetch máximo da albufeira cujo valor ronda os 1,1 km.

Para ventos de 80 km/h e 120 km/h a altura máxima prevista para a ondulação²¹ na albufeira é de respectivamente 0,56 m e 0,63 m,

Nestas condições, a dimensão recomendada²² para o enrocamento (ondas até 1,00m de altura) será definida por:

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

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.

²⁰ O CLIMA DE PORTUGAL, Fascículo XLIX, Normais Climatológicos da região “Alentejo e Algarve”

²¹ DESIGN OF SMALL DAMS, United States Department of the Interior Bureau of Reclamation,

²² 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 18,50 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 $H_0 = 1,673$ m e $Q_a = 78,034$ m³/s considerando o amortecimento de cheias para a precipitação mais desfavorável correspondente a um período de retorno de 1.000 anos, tendo-se atribuído o valor $H = 1,85$ m para a definição do NMC atendendo à velocidade de chegada do escoamento.

Nestas condições a folga mínima acima do NMC terá o valor de 1,00 metro, aumentando para cerca de 1,45 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:

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

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

$$K_a = 1 - \sin \phi' / 1 + \sin \phi' = 0,333$$

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.

De forma a aliviar o valor dos impulsos sobre os muros, o sistema de drenagem referido desenvolve-se, na zona da soleira descarregadora, até à cota 213,285, valor que corresponde a metade da carga H para 1.000 anos, pelo que se admite que muito esporadicamente e durante um curto período de tempo possa ocorrer passagem de água no sentido oposto, visto tratar-se de zona perfeitamente confinada sem ligação para jusante.

Os valores obtidos para os impulsos, os correspondentes momentos flectores (M_{sd}^*) 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	30,60	3,25	49,73	0,22	1	1,027	0,317	6,982
Canal	0,333	3,29	1,00	1,64	0,12	1	0,114	0,072	0,868
Bacia	0,333	41,86	3,85	80,65	0,22	1	1,666	0,535	11,769
unidades		KN/m	m	KN.m/m	m	m	Mpa	%	cm ² /m

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	0,25	0,25	2,50	0	3,25	40,80	76,95	1,89
Canal	0,15	0,15	0,90	0,25	1,00	1,59	6,64	4,18
Bacia	0,25	0,25	2,80	0,8	3,85	64,23	114,14	1,78

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

3.6) ESTABILIDADE DOS TALUDES

Tendo a Barragem do Ribeiro do Azevél uma altura máxima de apenas 14,13 metros e uma capacidade natural de 958.322 m³ e sem riscos potenciais significativos a jusante, considera-se que a verificação da estabilidade dos taludes pode ser realizada à segurança de forma simplificada com o recurso aos parâmetros tabelados²³ para os solos identificados através dos ensaios laboratoriais que, segundo a Classificação Unificada, se enquadram nos tipos **CL** e **ML**.

A verificação é no entanto realizada igualmente para as classes de solos semelhantes, fornecendo bons coeficientes de segurança:

Classe de Solo	Factor de Segurança	
	Montante	Jusante
SM	1,653	2,229
SM-SC	1,586	1,967
SC	1,371	1,722
ML	1,364	1,727
ML-CL	1,572	2,230
CL	1,392	1,698
MH	1,336	2,040
	> 1,300	> 1,500

Assim os parâmetros utilizados para a resistência dos solos, a resistência ao corte (tensões efectivas), o ângulo de atrito e peso específico aparente seco máximo para os solos **ML**, serão:

$$c' = 0,910 \text{ t/m}^2$$

$$\theta = 31,80^\circ$$

$$\rho = 1,648 \text{ t/m}^3$$

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

$$c' = 0,819 \text{ t/m}^2$$

$$\rho = 1,813 \text{ t/m}^3$$

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	215,21
Cota do N.P.A	212,36
Cota da base do talude montante	201,39
Cota da base do talude jusante	200,88
Altura do talude montante	13,82 m
Altura do talude jusante	14,33 m
Nível de Submersão	L = 1,00

²³ DESIGN OF SMALL DAMS, United States Department of the Interior Bureau of Reclamation, WASHINGTON DC.

a) Estabilidade do Talude Montante para Esvaziamento Brusco da Albufeira

$$\frac{c'}{\gamma \cdot H} = \frac{0,819}{1,813 \cdot 13,82} = 0,033$$

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

$$F = 1,364 > 1,20$$

b) Estabilidade do Talude Jusante em Pleno Armazenamento

$$\frac{c'}{\gamma \cdot H} = \frac{0,819}{1,813 \cdot 14,33} = 0,032$$

Considerando $D = 1,00$ obtém-se:

$$\text{para } \beta_j = 2,50 : 1 \Rightarrow m = 2,121; n = 1,972$$

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

$$F = 1,727 > 1,50$$

c) Conclusões

São 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^3/s)
0,00	13.5
4,34	13.5
5,12	88,0
7,49	13.5

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 utilizada²⁴ foi ainda necessário atribuir um caudal fictício permanente (turbinado) de 5 m^3/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 sismicidade²⁵ 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 cartas 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 ²⁶:

Largura da Base da Brecha	31,09 m
Tempo de Rotura	0,67 horas
Taludes da Brecha	1/1
Cota do ponto mais alto da brecha	215,21
Cota do ponto mais baixo da brecha	200,90
Volume armazenado no momento inicial	1.850.408 m^3
Área inundada no momento inicial	410.500 m^2

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

²⁵ - zona 5 - intensidade máxima 6/10 - escala internacional - Serviço Meteorológico Nacional

²⁶ - 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 ³ /s)	Cota do Talvegue (m)	Cota do Nível da Água (m)	Altura Máxima da Água (m)	Tempo de Ocorrência de Q. máx. (h)	Velocidade (m/s)
1	0,00	1.723	200,90	215,22		0,06	3,82
2	0,16	1.723	200,00	207,25	7,25	0,66	6,38
3	1,12	1.627	199,00	204,58	5,58	0,70	2,92
4	1,75	1.582	196,00	202,00	6,00	0,72	4,59
5	2,52	1.525	193,00	198,48	5,48	0,75	2,88
6	3,16	1.468	190,00	195,47	5,47	0,78	4,77
7	3,74	1.446	187,00	191,89	4,89	0,83	3,25
8	4,26	1.441	184,00	189,79	5,79	0,80	4,46
9	4,98	1.392	181,00	185,84	4,84	0,90	3,35
10	6,65	1.270	172,00	177,03	5,03	0,93	10,14
11	7,29	1.251	169,00	175,39	6,39	1,00	4,74
12	8,24	1.147	165,00	172,37	7,37	1,22	2,78
13	12,77	531	163,00	167,20	4,20	1,57	4,90
14	13,34	528	160,00	164,36	4,36	1,64	2,70
15	15,10	508	156,60	159,52	2,92	1,77	2,58
16	16,08	503	151,50	154,68	3,18	1,87	2,71
					7,37		

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 145 ha, é caracterizada por actividade agrícola extensiva, predominantemente montados de azinho e pastagens, com reduzida ocupação humana.

Nos cerca de 16 km analisados não existe qualquer habitação ou infra-estrutura referenciável, à excepção do atravessamento pela estrada municipal nº 1114, ligando as povoações Venda e Monsaraz, localizada a cerca de 3,5 km da barragem e onde se prevê uma altura de água da ordem dos 5 metros com uma duração de cerca de 1 hora, após a qual se reduz para cerca de apenas 2 metros. O pico de cheia nas proximidades desta secção, que se representa graficamente no desenho 3.7, ocorre cerca de 45 minutos após o início do processo de rotura da barragem.

As alturas da onda de cheia previsível, nas condições de cálculo consideradas, são em média cerca de 1/3 da altura da barragem, assumindo porém valores pontuais mais elevados nas zonas de maior estrangulamento que caracterizam vários locais da linha de água contribuindo para elevações adicionais nas secções a montante pelo "efeito barragem" que provocam.

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
Julho 2015

BARRAGEM DO RIBEIRO DO AZEVEL
QUADRO 3.1A

		Kv / Kh = 1		Cotas da Secção																			
					dreno																		
		eixo	jusante	dreno (F)	af. Foco	af. dreno	h _t	d	S	S/2	B	a	k	ke	q	esp.	q	q total	L	L/h _t			
					(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(rad)	(m)	(cm/s)	(cm/s)	(l/h.m)	(m)	(l/h)	(l/h)	(m)					
e	Margem Esquerda	201,08	202,05	201,73	11,43	11,08	10,63	43,59	1,28	0,64			5,00E-06	5,00E-06	0,230	1,28	0,2941	13,378	<u>7,60</u>	0,71	Margem Esquerda		
f		202,00	202,18	202,12	12,21	11,86	10,24	42,13	1,23	0,61			5,00E-06	5,00E-06	0,221	2,77	0,6122	13,084	<u>7,92</u>	0,77			
g		203,00	202,34	202,58	12,21	11,86	9,78	41,32	1,14	0,57			5,00E-06	5,00E-06	0,206	17,86	3,6729	12,471	7,48	0,76			
h		204,00	203,91	203,94	11,21	10,86	8,42	37,17	0,94	0,47			5,00E-06	5,00E-06	0,169	24,79	4,2003	8,798	7,73	0,92			
i		205,00	204,96	204,98	10,21	9,86	7,38	34,60	0,78	0,39			5,00E-06	5,00E-06	0,140	14,90	2,0892	4,598	7,36	1,00			
j		206,00	206,90	206,54	9,21	8,86	5,82	29,36	0,57	0,29			5,00E-06	5,00E-06	0,103	10,87	1,1190	2,509	8,05	1,38			
k		207,00	207,96	207,57	8,21	7,86	4,79	26,78	0,43	0,21			5,00E-06	5,00E-06	0,077	7,77	0,5951	1,390	7,66	1,60			
l		208,00	208,80	208,48	7,21	6,86	3,88	24,85	0,30	0,15			5,00E-06	5,00E-06	0,054	6,83	0,3698	0,795	6,92	1,79			
m		209,00	209,67	209,41	6,21	5,86	2,95	22,84	0,19	0,09			5,00E-06	5,00E-06	0,034	6,81	0,2326	0,425	6,18	2,10			
n		210,00	210,50	210,31	5,21	4,86	2,05	20,97	0,10	0,05			5,00E-06	5,00E-06	0,018	6,64	0,1195	0,192	5,33	2,60			
o		211,00	211,18	211,12	4,21	3,86	1,24	19,52	0,04	0,02			5,00E-06	5,00E-06	0,007	9,72	0,0689	0,073	4,24	3,41			
p		212,00	212,17	212,12	3,21	2,86	0,24	17,15	0,00	0,00			5,00E-06	5,00E-06	0,000	12,67	0,0040	0,004	3,37	13,82			
q																0,23	4,20	13,38	3,37	0,71			
r																0,0							
s	Margem Direita	201,08	202,05	201,73	11,43	11,08	10,63	43,59	1,28	0,64			5,00E-06	5,00E-06	0,230	1,82	0,4190	8,215	<u>7,60</u>	0,71	Margem Direita		
v		202,00	201,08	201,41	13,21	12,86	10,95	44,52	1,33	0,66			5,00E-06	5,00E-06	0,239	3,93	0,9404	7,796	7,58	0,69			
w		203,00	202,16	202,46	12,21	11,86	9,90	41,87	1,15	0,58			5,00E-06	5,00E-06	0,208	13,06	2,7142	6,856	7,29	0,74			
x		204,00	204,45	204,28	11,21	10,86	8,08	35,50	0,91	0,45			5,00E-06	5,00E-06	0,163	13,11	2,1429	4,142	8,37	1,04			
y		205,00	205,19	205,12	10,21	9,86	7,24	33,92	0,76	0,38			5,00E-06	5,00E-06	0,138	4,32	0,5949	1,999	7,62	1,05			
z		206,00	206,19	206,12	9,21	8,86	6,24	31,49	0,61	0,31			5,00E-06	5,00E-06	0,110	4,41	0,4855	1,404	7,17	1,15			
aa		207,00	207,24	207,15	8,21	7,86	5,21	28,95	0,46	0,23			5,00E-06	5,00E-06	0,084	4,94	0,4135	0,918	6,77	1,30			
ab		208,00	208,49	208,30	7,21	6,86	4,06	25,80	0,32	0,16			5,00E-06	5,00E-06	0,057	4,52	0,2584	0,505	6,53	1,61			
ac		209,00	209,33	209,21	6,21	5,86	3,15	23,88	0,21	0,10			5,00E-06	5,00E-06	0,037	3,78	0,1411	0,247	5,77	1,83			
ad		210,00	210,24	210,16	5,21	4,86	2,20	21,74	0,11	0,06			5,00E-06	5,00E-06	0,020	3,83	0,0768	0,105	5,04	2,29			
ae		211,00	211,14	211,09	4,21	3,86	1,27	19,65	0,04	0,02			5,00E-06	5,00E-06	0,007	3,67	0,0270	0,029	4,19	3,31			
af		212,00	212,09	212,06	3,21	2,86	0,30	17,42	0,00	0,00			5,00E-06	5,00E-06	0,000	3,34	0,0016	0,002	3,29	10,93			
ag																0,24	2,71	8,22	3,29	0,69			
ah																							
ai																							
aj																							

* $q = K \cdot S$ ou $q = K_a \cdot a \cdot \sin^2 B$ 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 AZEVEL
QUADRO 3.1B

Kv / Kh = 3			dreno																
Cotas da Secção																			
eixo	jusante	dreno (F)	af. Foco	af. dreno	h _t	d	S	S/2	B	a	k	ke	q	esp.	q	q total	L	L/h _t	
			(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(rad)	(m)	(cm/s)	(cm/s)	(l/h.m)	(m)	(l/h)	(l/h)	(m)		
Margem Esquerda	201,08	202,05	201,73	11,43	11,08	10,63	25,17	0,64	0,83	0,00	5,00E-06	4,33E-06	0,356	1,28	0,4547	20,648	6,48	0,61	Margem Esquerda
	202,00	202,18	202,12	12,21	11,86	10,24	24,32	0,61	0,84	0,00	5,00E-06	4,33E-06	0,341	2,77	0,9445	20,193	6,85	0,67	
	203,00	202,34	202,58	12,21	11,86	9,78	23,86	0,57	0,83	0,00	5,00E-06	4,33E-06	0,318	17,86	5,6823	19,249	6,48	0,66	
	204,00	203,91	203,94	11,21	10,86	8,42	21,46	0,47	0,85	0,00	5,00E-06	4,33E-06	0,262	24,79	6,4839	13,566	6,89	0,82	
	205,00	204,96	204,98	10,21	9,86	7,38	19,98	0,39	0,86	0,00	5,00E-06	4,33E-06	0,217	14,90	3,2316	7,083	6,65	0,90	
	206,00	206,90	206,54	9,21	8,86	5,82	16,95	0,29	0,91	0,00	5,00E-06	4,33E-06	0,158	10,87	1,7125	3,851	7,52	1,29	
	207,00	207,96	207,57	8,21	7,86	4,79	15,46	0,21	0,93	0,00	5,00E-06	4,33E-06	0,117	7,77	0,9109	2,138	7,26	1,51	
	208,00	208,80	208,48	7,21	6,86	3,88	14,35	0,15	0,92	0,00	5,00E-06	4,33E-06	0,083	6,83	0,5686	1,228	6,64	1,71	
	209,00	209,67	209,41	6,21	5,86	2,95	13,19	0,09	0,92	0,00	5,00E-06	4,33E-06	0,053	6,81	0,3591	0,659	6,00	2,03	
	210,00	210,50	210,31	5,21	4,86	2,05	12,11	0,05	0,91	0,00	5,00E-06	4,33E-06	0,028	6,64	0,1856	0,300	5,23	2,55	
	211,00	211,18	211,12	4,21	3,86	1,24	11,27	0,02	0,88	0,00	5,00E-06	4,33E-06	0,011	9,72	0,1081	0,114	4,20	3,38	
	212,00	212,17	212,12	3,21	2,86	0,24	9,90	0,00	0,89	0,00	5,00E-06	4,33E-06	0,000	12,67	0,0062	0,006	3,37	13,81	
													0,36		6,48	20,65	3,37	0,61	
													0,0						
Margem Direita	201,08	202,05	201,73	11,43	11,08	10,63	25,17	0,64	0,83	0,00	5,00E-06	4,33E-06	0,356	1,82	0,6478	12,689	6,48	0,61	Margem Direita
	202,00	201,08	201,41	13,21	12,86	10,95	25,71	0,66	0,82	0,00	5,00E-06	4,33E-06	0,370	3,93	1,4539	12,042	6,42	0,59	
	203,00	202,16	202,46	12,21	11,86	9,90	24,17	0,58	0,82	0,00	5,00E-06	4,33E-06	0,322	13,06	4,2043	10,588	6,28	0,63	
	204,00	204,45	204,28	11,21	10,86	8,08	20,50	0,45	0,88	0,00	5,00E-06	4,33E-06	0,251	13,11	3,2887	6,383	7,57	0,94	
	205,00	205,19	205,12	10,21	9,86	7,24	19,58	0,38	0,87	0,00	5,00E-06	4,33E-06	0,212	4,32	0,9180	3,095	6,93	0,96	
	206,00	206,19	206,12	9,21	8,86	6,24	18,18	0,31	0,87	0,00	5,00E-06	4,33E-06	0,170	4,41	0,7510	2,177	6,62	1,06	
	207,00	207,24	207,15	8,21	7,86	5,21	16,71	0,23	0,87	0,00	5,00E-06	4,33E-06	0,130	4,94	0,6410	1,426	6,33	1,22	
	208,00	208,49	208,30	7,21	6,86	4,06	14,90	0,16	0,89	0,00	5,00E-06	4,33E-06	0,088	4,52	0,4000	0,785	6,23	1,53	
	209,00	209,33	209,21	6,21	5,86	3,15	13,79	0,10	0,89	0,00	5,00E-06	4,33E-06	0,058	3,78	0,2197	0,385	5,57	1,77	
	210,00	210,24	210,16	5,21	4,86	2,20	12,55	0,06	0,88	0,00	5,00E-06	4,33E-06	0,031	3,83	0,1201	0,165	4,93	2,24	
	211,00	211,14	211,09	4,21	3,86	1,27	11,35	0,02	0,87	0,00	5,00E-06	4,33E-06	0,012	3,67	0,0423	0,045	4,15	3,28	
	212,00	212,09	212,06	3,21	2,86	0,30	10,05	0,00	0,87	0,00	5,00E-06	4,33E-06	0,001	3,34	0,0025	0,002	3,28	10,92	
													0,37		4,20	12,69	3,28	0,59	

* $q = K \cdot S$ ou $q = K_a \cdot a \cdot \sin^2 B$ 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 AZEVEL
QUADRO 3.1C

Kv / Kh = 6			dreno																
Cotas da Secção																			
eixo	jusante	dreno (F)	af. Foco	af. dreno	h _t	d	S	S/2	B	a	k	ke	q	esp.	q	q total	L	L/h _t	
			(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(rad)	(m)	(cm/s)	(cm/s)	(l/h.m)	(m)	(l/h)	(l/h)	(m)		
Margem Esquerda	201,08	202,05	201,73	11,43	11,08	10,63	43,59	1,28	0,64	0,99	4,21	5,00E-06	3,50E-06	0,376	1,28	0,4807	21,909	4,91	0,46
	202,00	202,18	202,12	12,21	11,86	10,24	42,13	1,23	0,61	1,01	3,95	5,00E-06	3,50E-06	0,360	2,77	0,9977	21,428	5,34	0,52
	203,00	202,34	202,58	12,21	11,86	9,78	41,32	1,14	0,57	1,00	3,74	5,00E-06	3,50E-06	0,337	17,86	6,0160	20,430	5,07	0,52
	204,00	203,91	203,94	11,21	10,86	8,42	37,17	0,94	0,47	1,02	2,96	5,00E-06	3,50E-06	0,277	24,79	6,8698	14,415	5,69	0,68
	205,00	204,96	204,98	10,21	9,86	7,38	34,60	0,78	0,39	1,02	2,44	5,00E-06	3,50E-06	0,230	14,90	3,4344	7,545	5,64	0,76
	206,00	206,90	206,54	9,21	8,86	5,82	29,36	0,57	0,29	1,07	1,61	5,00E-06	3,50E-06	0,167	10,87	1,8185	4,110	6,78	1,16
	207,00	207,96	207,57	8,21	7,86	4,79	26,78	0,43	0,21	1,08	1,17	5,00E-06	3,50E-06	0,125	7,77	0,9707	2,292	6,68	1,39
	208,00	208,80	208,48	7,21	6,86	3,88	24,85	0,30	0,15	1,08	0,84	5,00E-06	3,50E-06	0,089	6,83	0,6091	1,321	6,23	1,61
	209,00	209,67	209,41	6,21	5,86	2,95	22,84	0,19	0,09	1,08	0,53	5,00E-06	3,50E-06	0,057	6,81	0,3866	0,712	5,73	1,94
	210,00	210,50	210,31	5,21	4,86	2,05	20,97	0,10	0,05	1,07	0,29	5,00E-06	3,50E-06	0,030	6,64	0,2010	0,326	5,08	2,48
	211,00	211,18	211,12	4,21	3,86	1,24	19,52	0,04	0,02	1,04	0,12	5,00E-06	3,50E-06	0,012	9,72	0,1178	0,125	4,14	3,34
	212,00	212,17	212,12	3,21	2,86	0,24	17,15	0,00	0,00	1,05	0,01	5,00E-06	3,50E-06	0,001	12,67	0,0068	0,007	3,36	13,80
													0,38		6,87	21,91	3,36	0,46	
													0,0						
Margem Direita	201,08	202,05	201,73	11,43	11,08	10,63	43,59	1,28	0,64	0,99	0,00	5,00E-06	3,50E-06	0,376	1,82	0,6848	13,457	4,91	0,46
	202,00	201,08	201,41	13,21	12,86	10,95	44,52	1,33	0,66	0,99	0,00	5,00E-06	3,50E-06	0,391	3,93	1,5366	12,772	4,79	0,44
	203,00	202,16	202,46	12,21	11,86	9,90	41,87	1,15	0,58	0,99	0,00	5,00E-06	3,50E-06	0,341	13,06	4,4540	11,236	4,85	0,49
	204,00	204,45	204,28	11,21	10,86	8,08	35,50	0,91	0,45	1,04	0,00	5,00E-06	3,50E-06	0,265	13,11	3,4762	6,782	6,41	0,79
	205,00	205,19	205,12	10,21	9,86	7,24	33,92	0,76	0,38	1,03	0,00	5,00E-06	3,50E-06	0,226	4,32	0,9746	3,306	5,93	0,82
	206,00	206,19	206,12	9,21	8,86	6,24	31,49	0,61	0,31	1,03	0,00	5,00E-06	3,50E-06	0,182	4,41	0,8002	2,331	5,82	0,93
	207,00	207,24	207,15	8,21	7,86	5,21	28,95	0,46	0,23	1,04	0,00	5,00E-06	3,50E-06	0,139	4,94	0,6856	1,531	5,70	1,09
	208,00	208,49	208,30	7,21	6,86	4,06	25,80	0,32	0,16	1,05	0,00	5,00E-06	3,50E-06	0,095	4,52	0,4291	0,845	5,79	1,43
	209,00	209,33	209,21	6,21	5,86	3,15	23,88	0,21	0,10	1,05	0,00	5,00E-06	3,50E-06	0,063	3,78	0,2370	0,416	5,28	1,67
	210,00	210,24	210,16	5,21	4,86	2,20	21,74	0,11	0,06	1,04	0,00	5,00E-06	3,50E-06	0,034	3,83	0,1303	0,179	4,77	2,16
	211,00	211,14	211,09	4,21	3,86	1,27	19,65	0,04	0,02	1,04	0,00	5,00E-06	3,50E-06	0,013	3,67	0,0461	0,049	4,09	3,23
	212,00	212,09	212,06	3,21	2,86	0,30	17,42	0,00	0,00	1,03	0,00	5,00E-06	3,50E-06	0,001	3,34	0,0027	0,003	3,28	10,91
													0,39		4,45	13,46	3,28	0,44	

* $q = K \cdot S$ ou $q = K_a \cdot a \cdot \sin^2 B$ 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 AZEVEL
QUADRO 3.1D

Kv / Kh = 9																					
Cotas da Secção			dreno																		
eixo	jusante	dreno (F)	af. Foco	af. dreno	h _t	d	S	S/2	B	a	k	ke	q	esp.	q	q total	L	L/h _t			
			(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(rad)	(m)	(cm/s)	(cm/s)	(l/h.m)	(m)	(l/h)	(l/h)	(m)				
Margem Esquerda	201,08	202,05	201,73	11,43	11,08	10,63	43,59	1,28	0,64	1,08	0,00	5,00E-06	3,00E-06	0,370	1,28	0,4738	21,697	<u>3,42</u>	0,32	Margem Esquerda	
	202,00	202,18	202,12	12,21	11,86	10,24	42,13	1,23	0,61	1,09	0,00	5,00E-06	3,00E-06	0,355	2,77	0,9833	21,223	<u>3,91</u>	0,38		
	203,00	202,34	202,58	12,21	11,86	9,78	41,32	1,14	0,57	1,09	0,00	5,00E-06	3,00E-06	0,333	17,86	5,9386	20,239	3,70	0,38		
	204,00	203,91	203,94	11,21	10,86	8,42	37,17	0,94	0,47	1,10	0,00	5,00E-06	3,00E-06	0,274	24,79	6,7925	14,301	4,55	0,54		
	205,00	204,96	204,98	10,21	9,86	7,38	34,60	0,78	0,39	1,11	0,00	5,00E-06	3,00E-06	0,229	14,90	3,4048	7,508	4,68	0,63		
	206,00	206,90	206,54	9,21	8,86	5,82	29,36	0,57	0,29	1,15	0,00	5,00E-06	3,00E-06	0,166	10,87	1,8066	4,103	6,06	1,04		
	207,00	207,96	207,57	8,21	7,86	4,79	26,78	0,43	0,21	1,16	0,00	5,00E-06	3,00E-06	0,125	7,77	0,9680	2,297	6,13	1,28		
	208,00	208,80	208,48	7,21	6,86	3,88	24,85	0,30	0,15	1,16	0,00	5,00E-06	3,00E-06	0,089	6,83	0,6100	1,329	5,83	1,50		
	209,00	209,67	209,41	6,21	5,86	2,95	22,84	0,19	0,09	1,16	0,00	5,00E-06	3,00E-06	0,057	6,81	0,3890	0,719	5,47	1,85		
	210,00	210,50	210,31	5,21	4,86	2,05	20,97	0,10	0,05	1,15	0,00	5,00E-06	3,00E-06	0,031	6,64	0,2032	0,330	4,94	2,41		
	211,00	211,18	211,12	4,21	3,86	1,24	19,52	0,04	0,02	1,13	0,00	5,00E-06	3,00E-06	0,012	9,72	0,1196	0,126	4,08	3,29		
	212,00	212,17	212,12	3,21	2,86	0,24	17,15	0,00	0,00	1,13	0,00	5,00E-06	3,00E-06	0,001	12,67	0,0069	0,007	3,36	13,79		
										0,00				0,37	6,79	21,70	3,36	0,32			
										0,0											
Margem Direita	201,08	202,05	201,73	11,43	11,08	10,63	43,59	1,28	0,64	1,08	0,00	5,00E-06	3,00E-06	0,370	1,82	0,6751	13,317	<u>3,42</u>	0,32	Margem Direita	
	202,00	201,08	201,41	13,21	12,86	10,95	44,52	1,33	0,66	1,08	0,00	5,00E-06	3,00E-06	0,385	3,93	1,5142	12,642	3,26	0,30		
	203,00	202,16	202,46	12,21	11,86	9,90	41,87	1,15	0,58	1,08	0,00	5,00E-06	3,00E-06	0,337	13,06	4,3978	11,127	3,46	0,35		
	204,00	204,45	204,28	11,21	10,86	8,08	35,50	0,91	0,45	1,12	0,00	5,00E-06	3,00E-06	0,262	13,11	3,4346	6,730	5,31	0,66		
	205,00	205,19	205,12	10,21	9,86	7,24	33,92	0,76	0,38	1,11	0,00	5,00E-06	3,00E-06	0,224	4,32	0,9660	3,295	5,00	0,69		
	206,00	206,19	206,12	9,21	8,86	6,24	31,49	0,61	0,31	1,12	0,00	5,00E-06	3,00E-06	0,181	4,41	0,7956	2,329	5,05	0,81		
	207,00	207,24	207,15	8,21	7,86	5,21	28,95	0,46	0,23	1,12	0,00	5,00E-06	3,00E-06	0,138	4,94	0,6840	1,534	5,10	0,98		
	208,00	208,49	208,30	7,21	6,86	4,06	25,80	0,32	0,16	1,14	0,00	5,00E-06	3,00E-06	0,095	4,52	0,4298	0,850	5,37	1,32		
	209,00	209,33	209,21	6,21	5,86	3,15	23,88	0,21	0,10	1,13	0,00	5,00E-06	3,00E-06	0,063	3,78	0,2384	0,420	4,99	1,58		
	210,00	210,24	210,16	5,21	4,86	2,20	21,74	0,11	0,06	1,13	0,00	5,00E-06	3,00E-06	0,034	3,83	0,1317	0,181	4,61	2,09		
	211,00	211,14	211,09	4,21	3,86	1,27	19,65	0,04	0,02	1,12	0,00	5,00E-06	3,00E-06	0,013	3,67	0,0468	0,050	4,03	3,18		
	212,00	212,09	212,06	3,21	2,86	0,30	17,42	0,00	0,00	1,12	0,00	5,00E-06	3,00E-06	0,001	3,34	0,0027	0,003	3,28	10,90		
													0,38	4,40	13,32	3,26	0,30				

* $q = K \cdot S$ ou $q = K_a \cdot a \cdot \sin^2 B$ 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 AZEVÉL

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
212,36	264.429								
212,00	246.762	212,180	92.014	9,34	1.360,3	67,6	1,012	8,324	12,77
211,50	223.643	211,750	117.601	8,91	1.328,2	88,5	0,970	7,936	13,55
211,00	200.524	211,250	106.042	8,41	1.290,0	82,2	0,920	7,486	14,60
210,50	178.954	210,750	94.870	7,91	1.250,6	75,9	0,871	7,035	15,82
210,00	157.385	210,250	84.085	7,41	1.209,9	69,5	0,821	6,585	17,27
209,50	136.572	209,750	73.489	6,91	1.167,9	62,9	0,771	6,135	19,07
209,00	115.760	209,250	63.083	6,41	1.124,3	56,1	0,720	5,686	21,39
208,50	98.074	208,750	53.458	5,91	1.079,0	49,5	0,669	5,237	24,22
208,00	80.388	208,250	44.615	5,41	1.031,7	43,2	0,618	4,788	27,75
207,50	67.449	207,750	36.959	4,91	982,3	37,6	0,566	4,340	31,89
207,00	54.509	207,250	30.489	4,41	930,2	32,8	0,513	3,893	36,61
206,50	44.885	206,750	24.849	3,91	875,2	28,4	0,460	3,446	42,26
206,00	35.261	206,250	20.037	3,41	816,5	24,5	0,407	2,999	48,90
205,50	27.752	205,750	15.753	2,91	753,4	20,9	0,352	2,554	57,39
Tempo para Esvaziamento Total						763,36	horas		

Caudal mínimo:

204,80	1,96	616,49	0,25	1,71
--------	------	--------	------	------

466/15

Cota do NPA	212,36
Cota de Entrada da Caixa de Montante	204,80
Cota de Saída da Conduta de Fundo (terreno)	202,84
Comprimento da Conduta (PVC) (m)	65,57

$$k = 14,193$$

Diâmetro Exterior Conduta (mm)	400
Secção Válvula de Controle (mm)	200
Diâmetro da Válvula de Guilhotina (mm)	400
Abaixamento diário médio (cm)	23,8

BARRAGEM DO RIBEIRO DO AZEVÉL

QUADRO 3.3 - AMORTECIMENTO DE CHEIAS

- HIDROGRAMA DE GIANDOTTI -

Tempo de Ocorrência (horas)	Caudal Afluente (m ³ /seg)	Altura de água (m)	Volume Armazenado (m ³)	Caudal Descarregado (m ³ /seg)
0,512	1,600	0,006	1.459,6	0,015
1,025	3,200	0,022	5.759,2	0,116
1,537	4,800	0,048	12.672,9	0,376
2,050	6,400	0,082	21.859,6	0,847
2,562	8,000	0,123	32.906,7	1,555
3,075	9,600	0,169	45.376,3	2,502
3,587	11,200	0,218	58.845,6	3,670
4,100	12,800	0,269	72.935,8	5,028
4,612	39,598	0,395	108.321,5	8,942
5,125	87,995	0,702	198.058,2	21,203
5,637	87,995	1,050	305.354,5	38,767
6,150	87,995	1,345	401.319,8	56,215
6,662	87,995	1,604	489.292,2	73,212
7,175	71,863	1,673	513.556,1	78,034
7,687	55,731	1,534	465.204,2	68,479
8,199	39,598	1,369	409.443,9	57,749
8,712	23,466	1,198	352.992,5	47,263
9,224	13,333	1,037	301.359,2	38,072
9,737	12,800	0,909	261.323,2	31,261
10,249	12,266	0,812	231.328,9	26,375
10,762	11,733	0,736	208.192,3	22,748
11,274	11,200	0,675	189.955,0	19,988
11,787	10,666	0,625	175.262,2	17,833
12,299	10,133	0,584	163.160,9	16,107
12,812	9,600	0,550	152.970,4	14,691
13,324	9,066	0,520	144.197,7	13,501
13,837	8,533	0,493	136.481,6	12,477
14,349	8,000	0,469	129.554,7	11,578
14,862	7,466	0,447	123.217,0	10,771
15,374	6,933	0,426	117.317,3	10,035
15,886	6,400	0,407	111.741,0	9,353
16,399	5,866	0,388	106.399,7	8,713
16,911	5,333	0,370	101.224,9	8,106
17,424	4,800	0,352	96.163,0	7,524
17,936	4,267	0,334	91.171,3	6,963
18,449	3,733	0,316	86.215,2	6,419
18,961	3,200	0,299	81.266,4	5,889
19,474	2,667	0,281	76.300,8	5,371
		1,673		

BARRAGEM DO RIBEIRO DO AZEVEL

QUADRO 3.4 - AMORTECIMENTO DE CHEIAS

- HIDROGRAMA UNITARIO -

Tempo de Ocorrência (horas)	Caudal Afluente (m ³ /seg)	Altura de água (m)	Volume Armazenado (m ³)	Caudal Descarregado (m ³ /seg)
0,063	0,127	0,001	14,3	0,001
0,126	0,254	0,004	56,6	0,007
0,189	0,763	0,011	167,1	0,035
0,252	1,272	0,024	380,1	0,120
0,315	1,992	0,044	702,3	0,300
0,378	2,713	0,071	1.132,1	0,611
0,441	3,730	0,105	1.669,2	1,090
0,503	4,747	0,144	2.306,5	1,762
0,566	6,018	0,189	3.027,9	2,635
0,629	7,290	0,237	3.816,9	3,708
0,692	8,731	0,287	4.650,2	4,957
0,755	10,172	0,339	5.510,2	6,354
0,818	11,613	0,391	6.369,2	7,848
0,881	13,054	0,440	7.210,0	9,397
0,944	14,071	0,486	7.984,4	10,892
1,007	15,089	0,526	8.665,3	12,257
1,070	15,767	0,560	9.247,4	13,459
1,133	16,445	0,588	9.731,2	14,482
1,196	16,699	0,610	10.112,0	15,301
1,259	16,953	0,625	10.389,2	15,905
1,322	16,784	0,635	10.564,1	16,289
1,385	16,614	0,640	10.638,5	16,453
1,447	16,106	0,639	10.621,6	16,416
1,510	15,597	0,633	10.519,3	16,190
1,573	14,919	0,623	10.350,2	15,819
1,636	14,241	0,610	10.124,9	15,329
1,699	13,478	0,595	9.857,4	14,752
1,762	12,715	0,577	9.555,3	14,108
1,825	11,952	0,559	9.230,8	13,425
1,888	11,189	0,539	8.890,7	12,719
1,951	10,342	0,518	8.531,2	11,985
2,014	9,494	0,496	8.149,6	11,219
2,140	8,307	0,453	7.421,0	9,798
2,266	7,120	0,414	6.758,2	8,555
2,392	6,273	0,378	6.160,5	7,477
2,517	5,425	0,347	5.630,9	6,558
2,643	4,747	0,317	5.146,7	5,751
2,769	4,069	0,291	4.700,3	5,035
2,895	3,560	0,266	4.290,2	4,404
3,021	3,052	0,243	3.917,5	3,853
3,147	2,628	0,222	3.569,9	3,360
3,273	2,204	0,202	3.242,6	2,916
3,398	1,933	0,184	2.945,8	2,531
3,524	1,661	0,168	2.686,5	2,208
3,650	1,466	0,154	2.456,6	1,934
3,776	1,272	0,141	2.253,2	1,702
4,091	0,941	0,115	1.833,1	1,253
4,405	0,610	0,093	1.484,1	0,915
4,720	0,458	0,075	1.195,4	0,663
5,035	0,305	0,061	975,1	0,489
5,349	0,229	0,050	795,9	0,361
5,664	0,153	0,041	654,6	0,270
5,979	0,110	0,034	537,1	0,201
6,293	0,068	0,028	440,0	0,149
0,640				

BARRAGEM DO RIBEIRO DO AZEVÉL

QUADRO 3.5 - CALCULO DO CANAL DE DESCARGA

L	K _s	Δ _s	Δ _L	b	j	H ₀	h	v	i	i _m	Δ _z	cota	Δ _z Δ _L i _m	H ₁	h _c	I _c
						3,216	0,587		0,018			210,790				
1,00	80,00	1,00	1,01	18,50	11,48	3,216	0,576	7,329	0,019	0,018	0,115	210,675	0,096	3,313	1,220	0,169
8,88	80,00	7,88	7,93	13,25	11,48	3,313	0,726	8,107	0,018	0,019	0,904	209,771	0,757	4,077	1,523	0,176
16,75	80,00	7,88	7,93	8,00	11,48	4,077	1,142	8,544	0,013	0,016	0,904	208,867	0,780	4,862	2,133	0,211
22,18	80,00	5,43	5,47	8,00	11,48	4,862	1,056	9,240	0,017	0,015	0,623	208,243	0,541	5,407	2,133	0,211
27,61	80,00	5,43	5,47	8,00	11,48	5,407	0,991	9,847	0,021	0,019	0,623	207,620	0,521	5,933	2,133	0,211
33,04	80,00	5,43	5,47	8,00	11,48	5,933	0,939	10,387	0,024	0,022	0,623	206,996	0,501	6,438	2,133	0,211
38,47	80,00	5,43	5,47	8,00	11,48	6,438	0,897	10,873	0,028	0,026	0,623	206,373	0,481	6,923	2,133	0,211
43,90	80,00	5,43	5,47	8,00	11,48	6,923	0,862	11,315	0,032	0,030	0,623	205,749	0,461	7,387	2,133	0,211
49,33	80,00	5,43	5,47	8,00	11,48	7,387	0,832	11,719	0,035	0,033	0,623	205,126	0,441	7,832	2,133	0,211
54,76	80,00	5,43	5,47	8,00	11,48	7,832	0,807	12,090	0,039	0,037	0,623	204,502	0,421	8,257	2,133	0,211
60,19	80,00	5,43	5,47	8,00	11,48	8,257	0,785	12,433	0,042	0,041	0,623	203,879	0,401	8,664	2,133	0,211
65,62	80,00	5,43	5,47	8,00	11,48	8,664	0,765	12,750	0,046	0,044	0,623	203,256	0,382	9,051	2,133	0,211
71,05	80,00	5,43	5,47	8,00	11,48	9,051	0,748	13,043	0,049	0,048	0,623	202,632	0,364	9,419	2,133	0,211
76,56	80,00	5,51	5,54	8,00	11,48	9,419	0,732	13,319	0,053	0,051	0,632	202,000	0,350	9,774	2,133	0,211
78,06	80,00	1,50	1,58	9,00	33,33	9,774	0,633	13,707	0,064	0,058	0,500	201,500	0,408	10,208	1,972	0,198
79,56	80,00	1,50	1,58	10,00	33,33	10,208	0,555	14,055	0,078	0,071	0,500	201,000	0,388	10,623	1,838	0,190

Período de Retorno

1.000 anos

Caudal

78,034 m³/s

L - Distância à origem em planta (m)

Δ_s - Distância entre secções em planta (m)

Δ_L - Comprimento entre secções (m)

b - Largura do canal (m)

j - Inclinação do canal (%)

i - Perda de carga (m)

v - velocidade (m/s)

H₀ - Energia na secção 0 (m)

H₁ - Energia na secção 1 (m)

h - Altura do Escoamento (m)

i_m - Perda de Carga Média (m)

K_s - rugosidade (m^{1/3} s⁻¹)

h_c = altura crítica (m)

I_c = inclinação crítica (%)

BARRAGEM DO RIBEIRO DO AZEVEL

QUADRO 3.6

Adaptação da distribuição de Pearson tipo III
aos caudais máximos instantâneos da
Estação Hidrométrica de Amieira
(Área da Bacia Hidrográfica = 1454 Km²)

24L01

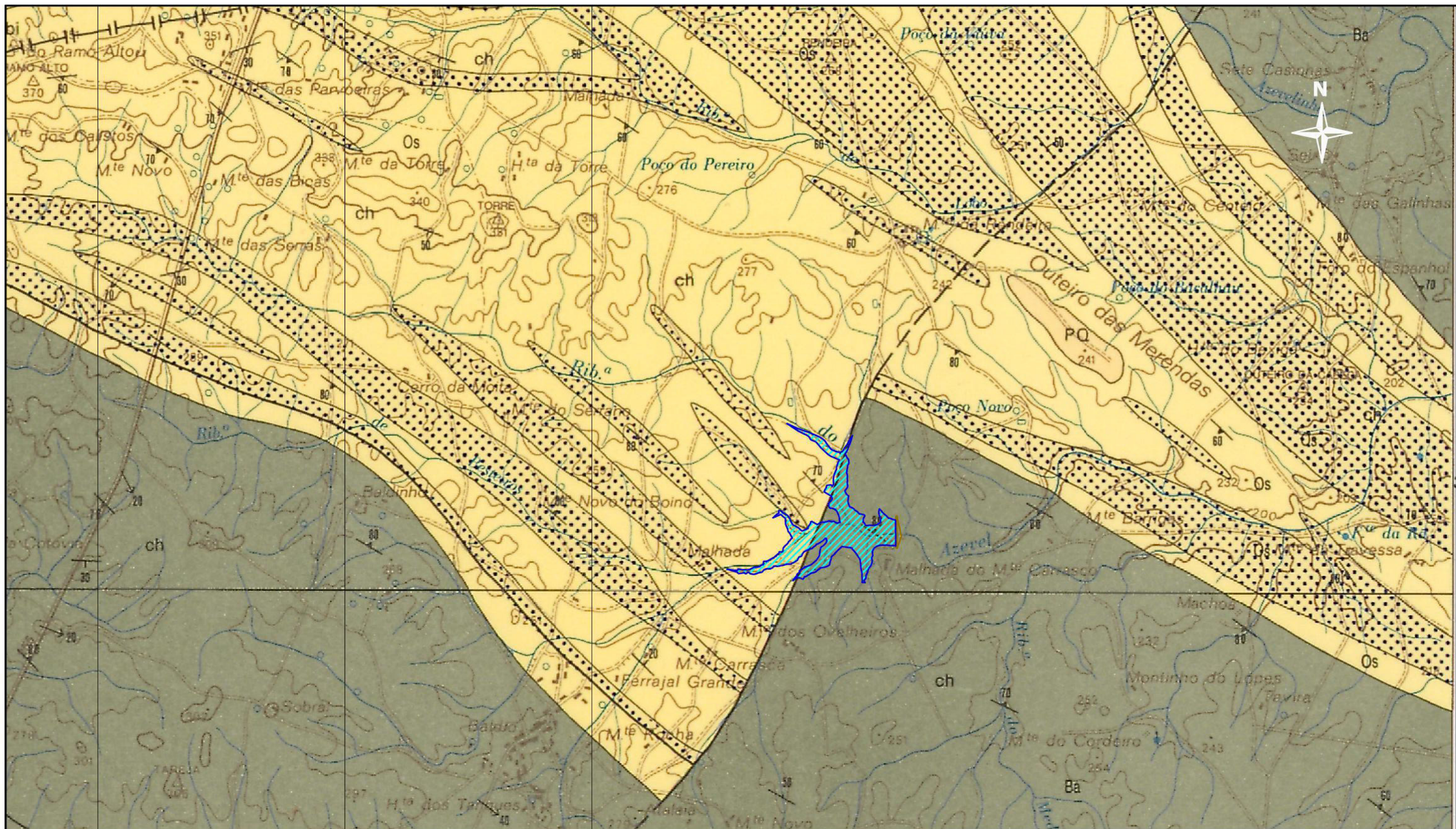
			Teste do χ^2		
nº	Caudais (m ³ /seg)	F (x)	O	E	χ^2
1	2,89	0,0979			
2	5,94	0,0992			
3	6,13	0,0993			
4	6,52	0,0995	4	4,1	0,00244
5	24,29	0,1072			
6	26,30	0,1080			
7	35,60	0,1122			
8	44,38	0,1162			
9	120,48	0,1537			
10	125,20	0,1562			
11	190,67	0,1924	7	4,1	2,05122
12	235,60	0,2191			
13	257,90	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)	3.019,74	0,999			12,4146
b)	51,43	0,999			<

máx 0,95 14,067

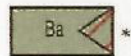
Média	704,280	m=	10,00
Desvio Padrão.....	592,459	div=	0,1
coef.de assimetria	0,556	E=	4,1
		v=	7,00

a) Valor extrapolado para T=1000 anos

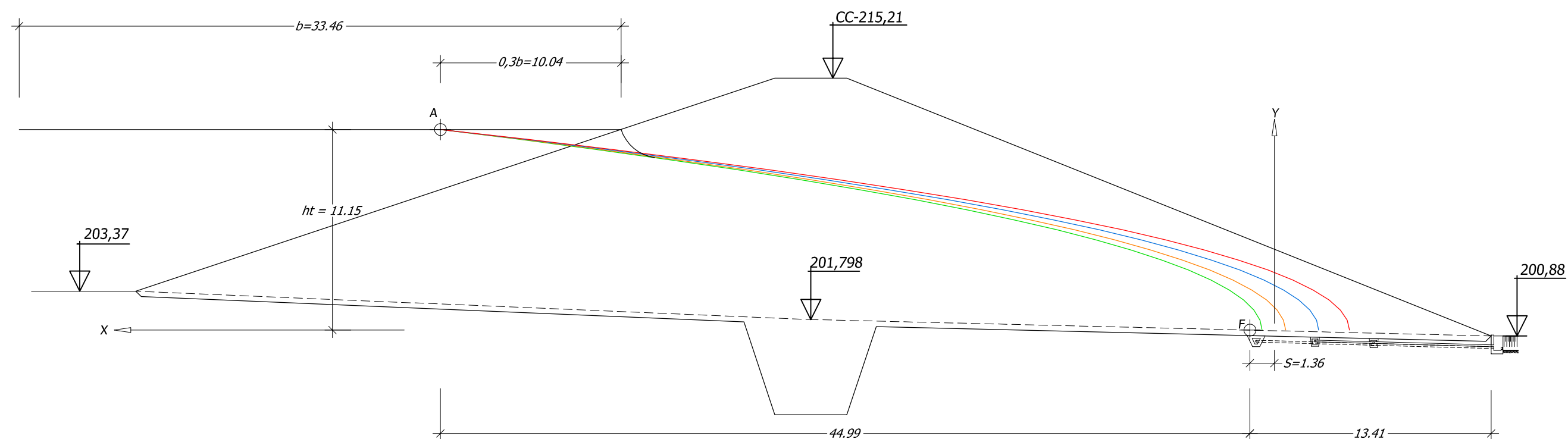
b) Valor extrapolado para T=1000 anos e corrigido para 24,764 Km²



Ordovício inf.-med. { FORMAÇÃO DE BARRANCOS: xistos cinzentos, esverdeados e violetas, às vezes, psamíticos; metabasitos (β) subordinados *

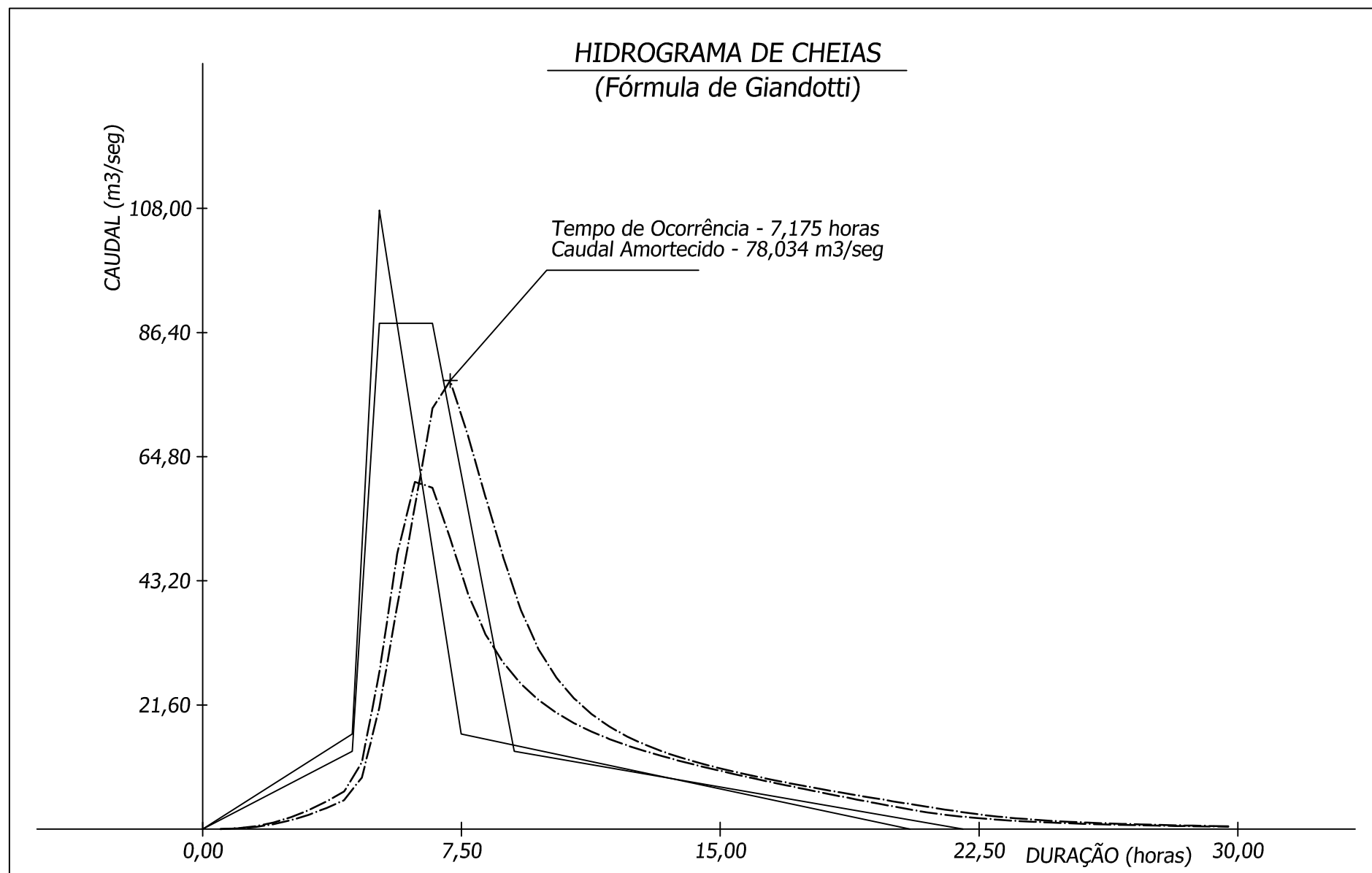


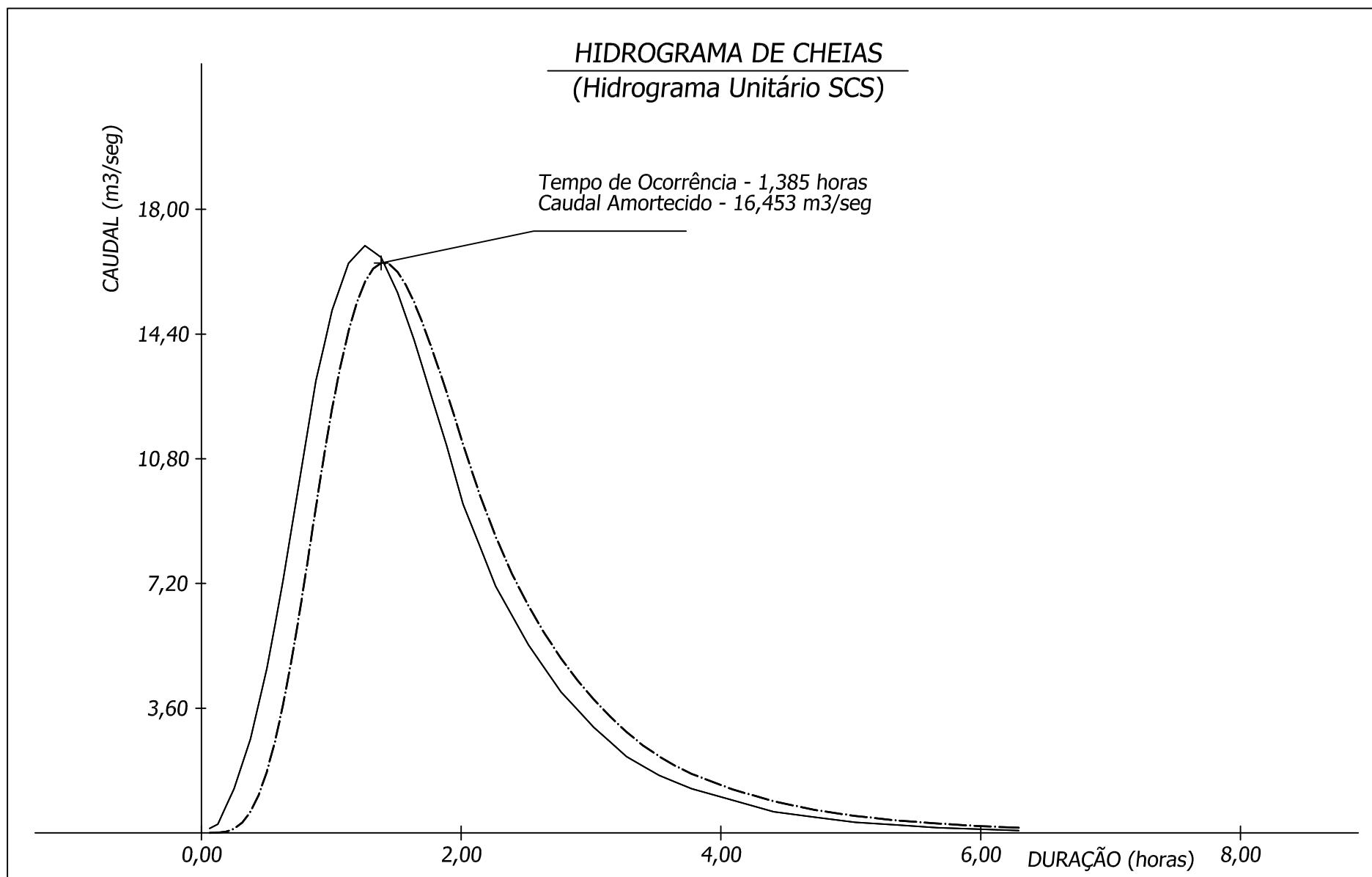
cliente:	HERDADE DA RENDEIRA, AGROPECUÁRIA S.A.	data:	Jul. 15	G.E.S.
BARRAGEM DO RIBEIRO DE AZEVEL		escala:	1/25.000	
IMPLANTAÇÃO - SOBRE CARTA GEOLOGICA 40B		alterações:		desenho nº:
CARTA FORNECIDA PELO LNEG		referência:	466/15	3.1
o técnico responsável:				



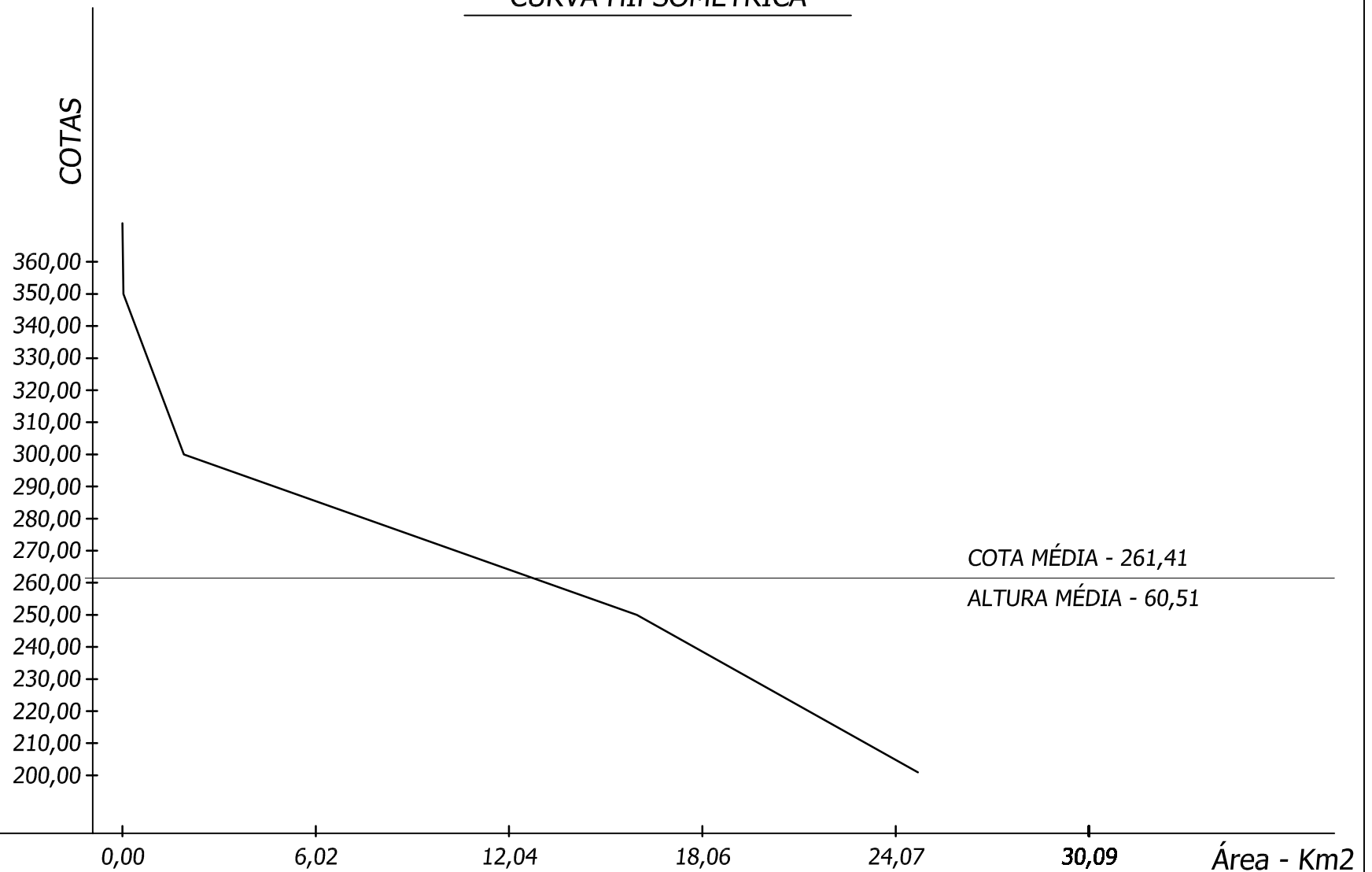
Factor de ANISOTROPIA = 1
Factor de ANISOTROPIA = 3
Factor de ANISOTROPIA = 6
Factor de ANISOTROPIA = 9

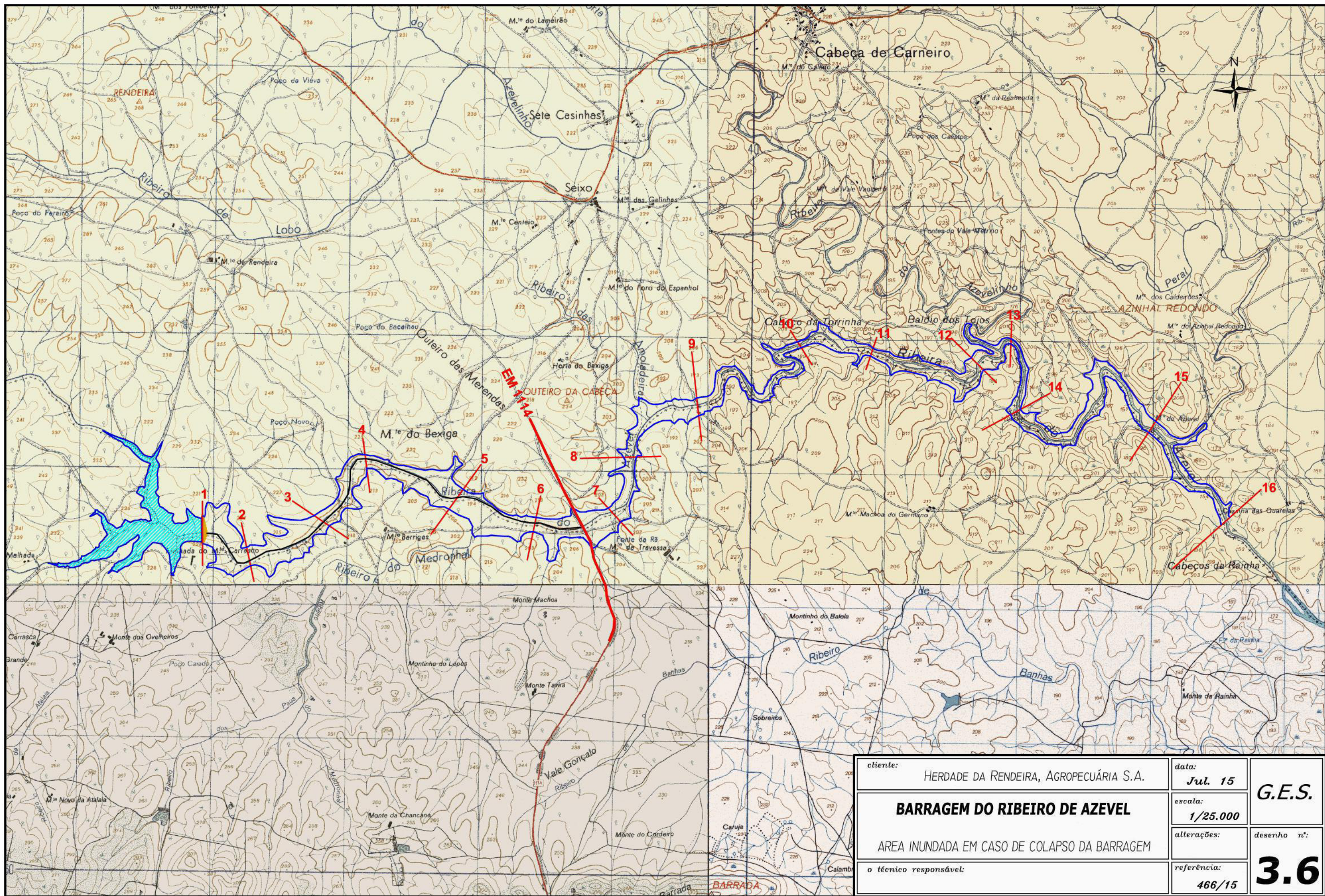
cliente: HERDADE DA RENDEIRA, AGROPECUÁRIA S.A.	data: Jul. 15	G.E.S. desenho n°: 3.2
BARRAGEM DO RIBEIRO DE AZEVEL	escala: 1/200	
LINHAS DE PERCOLAÇÃO	alterações:	
o técnico responsável:	referência: 466/15	



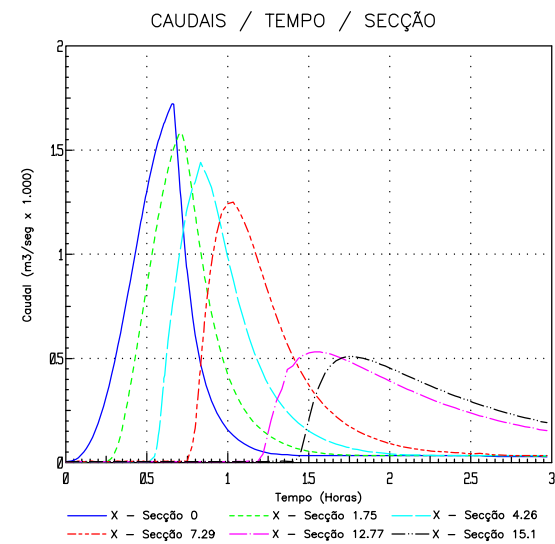
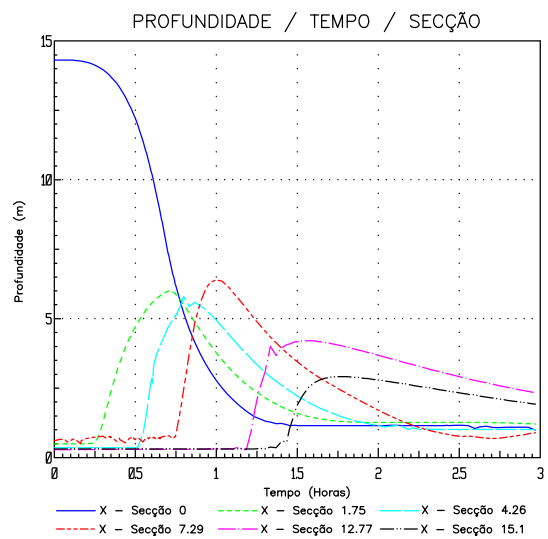
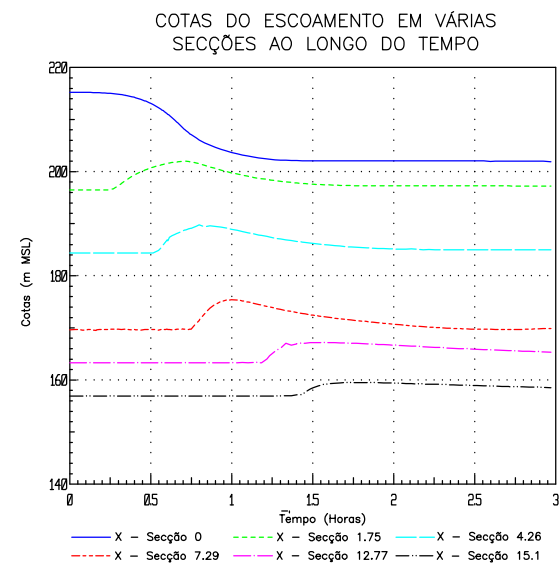
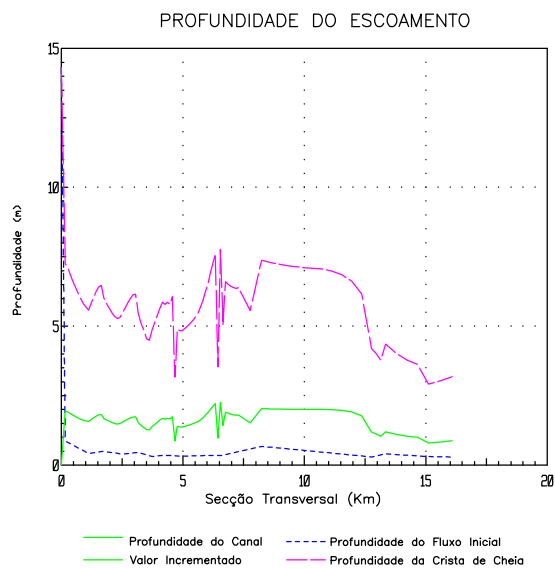


CURVA HIPSOMÉTRICA





cliente:		HERDADE DA RENDEIRA, AGROPECUÁRIA S.A.		data:		Jul. 15		G.E.S.	
BARRAGEM DO RIBEIRO DE AZEVEL				escala:		1/25.000			
				AREA INUNDADA EM CASO DE COLAPSO DA BARRAGEM				alterações:	
o técnico responsável:				referência:		466/15		3.6	



BARRAGEM DO RIBEIRO DO AZEVÉL

PROJECTO DE CONSTRUÇÃO

ANEXO I - CÁLCULO DO DESCARREGADOR DE CHEIAS

proprietário:

Herdade da Rendeira, Agropecuária S.A,
Aldeia da Venda
7200-020 SANTIAGO MAIOR

Julho 2015

BARRAGEM DO RIBEIRO DO AZEVEL

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 ¹), com a duração do tempo de concentração T_c característico da bacia hidrográfica em questão.

$$h = 67,890 T_c^{0,239} \quad (T_c \text{ em horas e } h \text{ em mm})$$

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 LNEC², conforme o caso, e de avaliação estatística a partir dos registos de caudais instantâneos disponíveis na região.

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

² - “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 ²	Distância (Km)	Nº de Registos	Caudal (m ³ /s)
23M/01H	Ponte Mourão	52.294	13,6	49	6,55
24L01	Amieira	1.454	26,0	41	51,43
25M01	Ardila	3.634	38,8	42	13,79
23I/01H	Flor da Rosa	328	54,8	7	32,88

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

$$\underline{T_c} = (4 \cdot A^{1/2} + 1,50 \cdot L) / (0,8 \cdot h_m^{1/2}) = 5,125 \text{ horas,}$$

sendo A = área da bacia hidrográfica = 24,764 km²

h_m = altura média da bacia = 60,51 m

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

$$T_c = t_1 / 0,6 = \frac{2,587 \cdot L^{0,8} (0,03937 \cdot S + 1)^{0,7}}{0,6 \cdot 1900 \cdot i^{0,5}} = 3,886 \text{ horas}$$

sendo L = 7.990 m (comprimento do curso de água principal),

i = declive médio da bacia (considerou-se o índice de Declive, i = 1,703 %)

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, 0,571 m/s e 0,433 m/s.

b) Precipitação

A precipitação correspondente ao caudal de cheias máximo é obtida a partir da linha de possibilidade udométrica de Évora³, com a duração do tempo de concentração $\underline{T_c}$ característico da bacia hidrográfica em questão

$$h = 67,890 \cdot T_c^{0,239} \quad (T_c \text{ em horas e } h \text{ em mm, } T = 1.000 \text{ anos})$$

³ - “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

$$Q_p = \lambda A h / t_c = 107,667 \text{ m}^3/\text{seg}, \text{ com } \lambda=0,225 (\gamma=6,50)$$

Caudal de Cheias pela Fórmula do Soil Conservation Service

$$Q_p = 0,277 k A h_u / t_p = 80,857 \text{ m}^3/\text{seg},$$

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

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

$$t=4,134 \text{ h} ; h=94,227 \text{ mm} ; h_u=67,180 \text{ mm} ; t_r= 3,886 \text{ h e } t_p=4,275 \text{ h}$$

d) Hidrogramas de Caudais Afluentes

d.1) Fórmula de Giandotti

$$Q_{\text{máx}} = 107,667 \text{ m}^3/\text{seg}$$

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

$$\gamma = 6,50$$

$$\lambda = 4,00$$

tendo-se obtido:

$$Q_{\text{méd}} = Q_{\text{máx}} / \gamma = 16,564 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$T_a = T_c * (1 - Q_{\text{méd}} / Q_{\text{máx}}) = 4,336 \text{ horas}$$

$$T_b = (Q_{\text{méd}} / Q_{\text{máx}}) * (\theta - T_c) + T_c = 7,490 \text{ horas}$$

$$\theta = \lambda * T_c = 20,499 \text{ horas}$$

⁴ - 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 ⁵:

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

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

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 ⁶, tendo sido obtidos os seguintes valores:

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

$$t = 1,335 \text{ horas}$$

$$h = 39,453 \text{ mm}$$

$$h_u = (h - h_0) / (h + 4 h_0) = 18,427 \text{ mm}$$

$$t_r = t - h_0 / (h(t)/t) = 1,144 \text{ horas}$$

$$t_p = 1,259 \text{ horas}$$

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

$$q_p = 0,920 \text{ m}^3/\text{seg}$$

O caudal máximo de cheias será dado por:

$$Q_{\text{máx}} = q_p \cdot h_u = \underline{16,953} \text{ m}^3/\text{seg}$$

⁵ - “Métodos de Análise e Determinação de Caudais de Cheia”, Francisco Nunes Correia, LNEC 1983

⁶ - “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/tp	q/q_p	t/tp	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

$$Q_p = c \ i \ A = \underline{98,664 \text{ m}^3/\text{seg}},$$

sendo $c=0,60$ e $i= 6,640\text{E-}06 \text{ m/s}$

Caudal de Cheias pela Fórmula de Mockus

$$Q_p = 0,277 \ k \ A \ h_u / (t_c^{0,5} + 0,6 \ t_c) = \underline{80,675 \text{ m}^3/\text{seg}},$$

sendo $(t_r)_{\text{crit}} = 3,943 \text{ h}$; $t=4,193 \text{ h}$; $h=94,538 \text{ mm}$; $h_u=67,472 \text{ mm}$

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 regolho da albufeira.

O descarregador projectado é um descarregador frontal de secção rectangular com uma largura $b = 18,50$ metros dispondo de uma soleira tipo Creager, a que se atribui um coeficiente de vazão fixo de $\mu = 0,44$, 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 212,36, portanto definindo uma área inundada de 264.429,33 m².

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:

	Giandotti		Hidrograma Unitário SCS	
	Inicial	Final	Inicial	Final
Múltiplo de T_c	1	1,3	1	1,0
Duração da Chuvada (h) ⁷	5,125	6,662	1,144	1,987
Caudal Máximo Afluente (m ³ /s)	107,667	87,995	16,953	85,479
Caudal Amortecido (m ³ /s)	60,402	78,034	16,453	18,447
Tempo de Ocorrência (h)	6,150	7,175	1,385	3,658
Altura de água máxima H_o (m)	1,411	1,673	0,640	0,640

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:

⁷ duração da precipitação útil (tr)

$$v = 1,87 \text{ m/s}$$

$$v^2 / 2g = 0,179 \text{ m}$$

$$H = H_0 + v^2 / 2g = 1,851 \text{ m} \approx 1,85 \text{ m}$$

$$S = b \cdot (H + p + E) = 41,65 \text{ m}^2$$

O NMC ficará assim definido 1,85 m acima da crista da soleira, portanto à cota 214,21.

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 49,00 metros com o rasto à cota 211,96, taludes inclinados a 1/3. A sua largura é variável, estreitando para jusante, com um valor médio de 22,50 metros. A sua altura média será de 4,54 metros, conforme se representa nos desenhos 2.10 a 2.16.

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, com secções rectangulares, ficando a estrutura de descarga com um comprimento total de 94,48 metros. A jusante da soleira o canal estrangula para uma largura de 8,00 metros que se mantém até ao alargamento final na entrada da bacia de dissipação, cuja largura será de 10,00 metros. As alturas das paredes do canal de descarga são variáveis, tendo no início 1,25 m e terminando em 1,10 m, valores que respeitam uma folga mínima de 0,10 m relativamente à altura calculada para o escoamento, atingindo um máximo de 4,65 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 11,48 %.

$$Q_{\text{proj}} = g^{1/2} \cdot S_c \cdot h_c^{3/2} = 78,034 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$h_c = (Q^2 / g \cdot b^3)^{1/3} = 2,133 \text{ m}$$

$$I_c = g \cdot h_c / K_s^2 \cdot (S_c / R_c)^{4/3} = 0,211 \%$$

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 ($E1 = E2 + dx \cdot Sf - dx \cdot So$) após o cálculo da altura e energia iniciais, pelas expressões:

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

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

$$b = 18,50 \text{ m}; L = \text{ m}; K_s = 80 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$$

$$H_A = 1,673 + 1,570 - 0,027 = 3,216 \text{ m}$$

$$H_A = h_A + \frac{Q^2}{2 * g * S^2} \Rightarrow h_A = 0,587 \text{ m}$$

O método utilizado⁸ 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 1,14 metros.

⁸ - 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 III do “Bureau of Reclamation”, USA, já que os valores do caudal unitário e velocidade são inferiores aos máximos recomendados para este tipo de dissipação ($F_r > 4,5$; $v < 18$ m/s), sendo que para F_r entre 4,5 e 9 o ressalto é considerado estável.

Adopta-se para esta bacia uma largura 10,00 m e a cota 201,00 para a sua laje, atendendo à cota da linha de água a jusante.

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.

$$h_1 = 0,527 \text{ m}$$

$$q = 7,80 \text{ m}^3/\text{seg.m}$$

$$v = Q / b * h = 14,05 \text{ m/seg}$$

$$F_1 = v / (g * h)^{1/2} = 6,022$$

$$h_2 / h_1 = 8,031$$

$$h_2 = 4,230 \text{ m}$$

$$L / h_2 = 2,478$$

$$L = 10,48 \text{ m}$$

Com base nestes resultados fixa-se o comprimento da bacia de dissipação em 10,48 metros e a altura das suas paredes laterais em 4,65 metros.

i) Canal de Restituição

O canal de restituição à linha de água natural, com 76,52 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 201,00.

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.

$$Q = K_s * S^{2/3} * R * i^{1/2} = 78,034 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Para o caudal de projecto, considerando uma largura do fundo de 10,00 m, a inclinação do fundo e dos taludes adoptadas ($i=0,003 \text{ m/m}$ 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

$$h'_2 = 1,993 \text{ m}$$

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

Julho 2015

BARRAGEM DO RIBEIRO DO AZEVÉL

PROJECTO DE CONSTRUÇÃO

ANEXO II - PLANO DE OBSERVAÇÃO

proprietário:

Herdade da Rendeira, Agropecuária S.A,
Aldeia da Venda
7200-020 SANTIAGO MAIOR

Julho 2015

ANEXO II

BARRAGEM DO RIBEIRO DE AZEVEL

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 Azevel nos termos do Quadro I do Anexo das Normas de Observação e Inspeção de Barragens (Portaria 847/93) é apresentado no quadro seguinte:

QUADRO I - FACTORES DE APRECIACÃO DAS CONDIÇÕES DE RISCO

i	α			
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	E = 2,8
6	1	Dimensionamento estrutural	Adequado	
7	2	Fundações	Boas	
8	1	Órgãos de descarga	Fiáveis	
9	3	Manutenção	Satisfatória	F = 1,75
10	2	Volume da albufeira	<1.000.000 m³	
11	2	Instalações a jusante	Áreas isoladas. Agricultura	R = 2
				α_g = 9,8

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. Inspecções 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 subsequentes 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
Julho 2015

BARRAGEM DO RIBEIRO DO AZEVÉL

PROJECTO DE CONSTRUÇÃO

ANEXO III - RECONHECIMENTO GEOLÓGICO

proprietário:

Herdade da Rendeira, Agropecuária S.A,
Aldeia da Venda
7200-020 SANTIAGO MAIOR

Julho 2015

ÍNDICE

♦ TEXTO	Pág.
1. INTRODUÇÃO	1
2. TRABALHOS REALIZADOS	2
3. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO	4
3.1 – ESTRATIGRAFIA	
3.2 – GEOLOGIA	
4. ENQUADRAMENTO REGIONAL	8
4.1 – GEOMORFOLOGIA E TECTÓNICA	
4.2 – CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS	
4.3 – SISMICIDADE	
5. CONDIÇÕES DE FUNDAÇÃO	12
6. REUTILIZAÇÃO DE MATERIAIS	14
7. ANÁLISE DOS FACTORES DE APRECIACÃO DAS CONDIÇÕES DE RISCO	18

♦ **PROSPECÇÃO**

Poços de reconhecimento, P1 a P8

♦ **ENSAIOS DE LABORATÓRIO**

Amostras remexidas, nº 60533 e 60534

♦ **PEÇAS DESENHADAS**

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

Fig. 2 - Cartografia geológica de superfície à escala 1:1.500;

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

1. INTRODUÇÃO

Tendo por objectivo proceder à construção duma barragem para represar a Ribeira do Azével, na Herdade da Rendeira, situada 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.

Como 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 1:1.500.

No presente relatório referem-se os trabalhos realizados 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 se refere 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 retro-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.

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.

Nos poços de reconhecimento P2 e P3 procedeu-se à colheita de amostras remexidas sobre as quais se procedeu a posterior caracterização laboratorial. Estas foram consideradas como representativas dos materiais de empréstimo a utilizar.

O posicionamento dos poços complementares encontra-se também indicada na planta 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 aluvionares (a)

PLIO-PLISTOCÉNICO

- Cascalheira do tipo “ranha” (PQ)

ORDOVÍCIO INFERIOR-MÉDIO

“Formação de Barrancos” (Ba) – Xistos cinzentos

3.2 GEOLOGIA

A área de implantação da futura barragem encontra-se situada em terrenos de idade ordovícica representados essencialmente por rochas metamórficas atribuídos à “Formação de Barrancos” (Ba), recobertos localizadamente por níveis de cascalheira de idade plio-pleistocénica (PQ).

Generalizadamente, em toda a área reconhecida, os terrenos apresentam 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 recentes, aluvionares (a).

A sua expressão é reduzida em termos de espessura, estimando que não supere valores de 1,00 a 1,50 metros.

Os materiais aluvionares caracterizam-se por composição litológica predominantemente silto-areno-argilosa, apresentando seixos dispersos.

Foi definida a ocorrência, com carácter localizado mas com predominância na margem a esquerda, de níveis de cascalheira. Estes apresentam composição essencialmente argilo-arenosa, com presença de cascalheira muito abundante e espessuras compreendidas na zona prospectada entre cerca de 0,5 a 1,2 metros.

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

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 0.5 e 2.5 metros.

A sua composição é essencialmente silto-argilosa, com componente arenosa mais ou menos desenvolvida.

Em 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 – N60°W, 80°N a S.V.
(Coincidente com a xistosidade)

F2 – N40°E, 80°E a S.V.

F3 – N-S, 80°E a 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 (Abr.' 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 200 e os 220 metros.

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

A linha de água a interessar, Ribeira do Azével, exhibe desenvolvimento próximo de W-E. Trata-se de um elemento secundário 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 quartzitos, recobertos localmente por níveis de cascalheira.

Na zona oeste do regolho da futura barragem encontra-se assinalada a presença de uma falha com desenvolvimento SSW-NNE. Esta falha não pressupõe, no entanto, condicionalismos a implantação da barragem em apreço.

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 plio-plistocénica e recente, aluvionar, 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 ²
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 realização de 8 poços de reconhecimento permitiu estabelecer uma aproximação ao dispositivo geológico local.

A prospecção revelou a ocorrência de substrato rochoso, constituído por xistos, com recobrimento terroso constituído por solos residuais provenientes da alteração intensa do maciço subjacente e, localizadamente, com a presença de nível superficial de cascalheiras. Na zona do eixo do vale o substrato encontra-se recoberto por deposições aluvionares de relativa, reduzida expressão em termos de espessura.

As condições geotécnicas recomendam a decapagem do horizonte de terra vegetal, bem como o saneamento integral do nível cascalhento na zona de implantação da futura barragem.

Ainda na zona de implantação da futura barragem deverá promover-se o atravessamento do nível de solos residuais, recorrendo à mobilização do maciço rochoso nos seus níveis medianamente alterados. A análise dos dados decorrentes dos poços de reconhecimento demonstrou que, por tendência, deverão ser atingidas profundidades ao eixo para fundação da barragem generalizadamente compreendidas entre cerca de 1.2 e 3.0 metros, mobilizando cotas que reúnam as condições de estanquicidade adequadas para a implantação da futura vala “corta-águas”.

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

6. REUTILIZAÇÃO DE MATERIAIS

A relativa pequena possança dos solos com aptidão para reutilização nas imediações do local da futura barragem poderá obrigar a estender a área da mancha de empréstimo. Por este motivo procedeu-se a uma avaliação generalizada em toda a zona a expropriar pela albufeira da futura barragem.

Contudo, e face à relativa homogeneidade dos solos em presença, procedeu-se apenas à colheita e análise de duas amostras de solos remexidos colhidas em poços realizados na zona de implantação da futura barragem (P2 e P3).

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.

As análises laboratoriais permitiram estabelecer a caracterização dos materiais e avaliar os respectivos parâmetros de reutilização.

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 siltosos com componente areno-argilosa mais ou menos desenvolvida, e solos grosseiros com seixo predominante em matriz areno-silto-argilosa.

No que concerne à Classificação Rodoviária AASHTO os solos ensaiados são englobáveis nas classes A-4(8) e A-6(8), e nos grupos ML e CL da Classificação Unificada.

Os solos em presença, incluídos nos grupos ML e CL, podem pressupor comportamento algo similar no que concerne à aptidão para reutilização em barragens de terra.

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

Por seu turno, os solos incluídos no grupo CL pressupõem boas características no que se refere à impermeabilidade após compactação e trabalhabilidade satisfatória, mas características menos boas no que se refere à compressibilidade e à resistência a tensões de corte após compactação.

Mediante os dados decorrentes da prospecção efectuada pressupõe-se espessura média de solos reutilizáveis, de cerca de 1.0 metros.

Os afloramentos abundantes e a reduzida possança dos níveis de solos poderão obrigar ao alargamento da área de empréstimo a toda a zona do regolfo da futura barragem ou mesmo a terrenos contíguos. A referida escassez de solos sugere como recomendável a mistura prévia das duas tipologias de solos (50/50) tanto para a obtenção duma maior quantidade de material como 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 ($\gamma_{d_{\text{máx}}}$) compreendidos entre 16,6 e 18,7 kN.m⁻³, para teores em humidade óptimo (W_{opt}) de respectivamente 17,4 e 14,4%.

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).

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.

Entidade : GES

Obra : Barragem de Azevel - Herdade da Rendeira

Processo : 21215

Tipo de Amostras : Remexidas

Resultados dos ensaios laboratoriais

S o n d a g e m (Nº)	Amostra (Nº)	Prof. (m)	Descrição	L i t. - E s t. r.	Classif.	w _n	ρ	LL	VA	Granulometria			Comp.	CBR					Consolidação		Resistência					Permea- bilidade
					Unificada	Sr	ρ _d	IP	(g/100g	<2.0	<0.074	dim.	Wopt	CR	Desv.	Ind.	Expan sibili dade	CBR a 95%	Cc	Cv (cm²/s)	qu	σ ₃	C	φ	Carga H. (kg/cm²)	
					ASTM (D2487-00)	EA	(g/cm³)	LR	MO	mm	mm	maior part.	γ _{dmax}													
					GTR		Dens. Part. G	Ph	<0.42	<0.002	Max.	(g/cm³)														
					Rodoviária (E 240)	(%)				mm	mm	Min. (mm)	Leve													
										Pesado	(%)	(%)			Penet.	eo	K (cm/s)	E (kPa)	σ ₁ (kPa)	C' (kPa)	φ' (º)	K (cm/s)				
P 2	60533	0.40	Silte arenoso, levemente argiloso, amarelo esbranquiçado.		(ML)s			36		94	78		17.4													
		2.50			A-4(8)			7		88	9		1.66													
Am 3	60622	0.00	Argila silto-arenosa, com seixo disperso, castanho amarelado a avermelhado.		s(CL)			34		88	67		14.4													
		0.00			A-6(8)			13		79	20		1.87													

7. ANÁLISE DOS FACTORES DE APRECIACÃO 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).

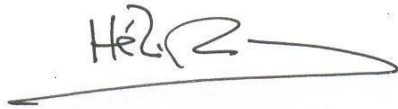
Estes factores, em conjunção com factores de outra índole, permitem estabelecer o índice global EFR, tendo por objectivo a elaboração do plano de observação da barragem.

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

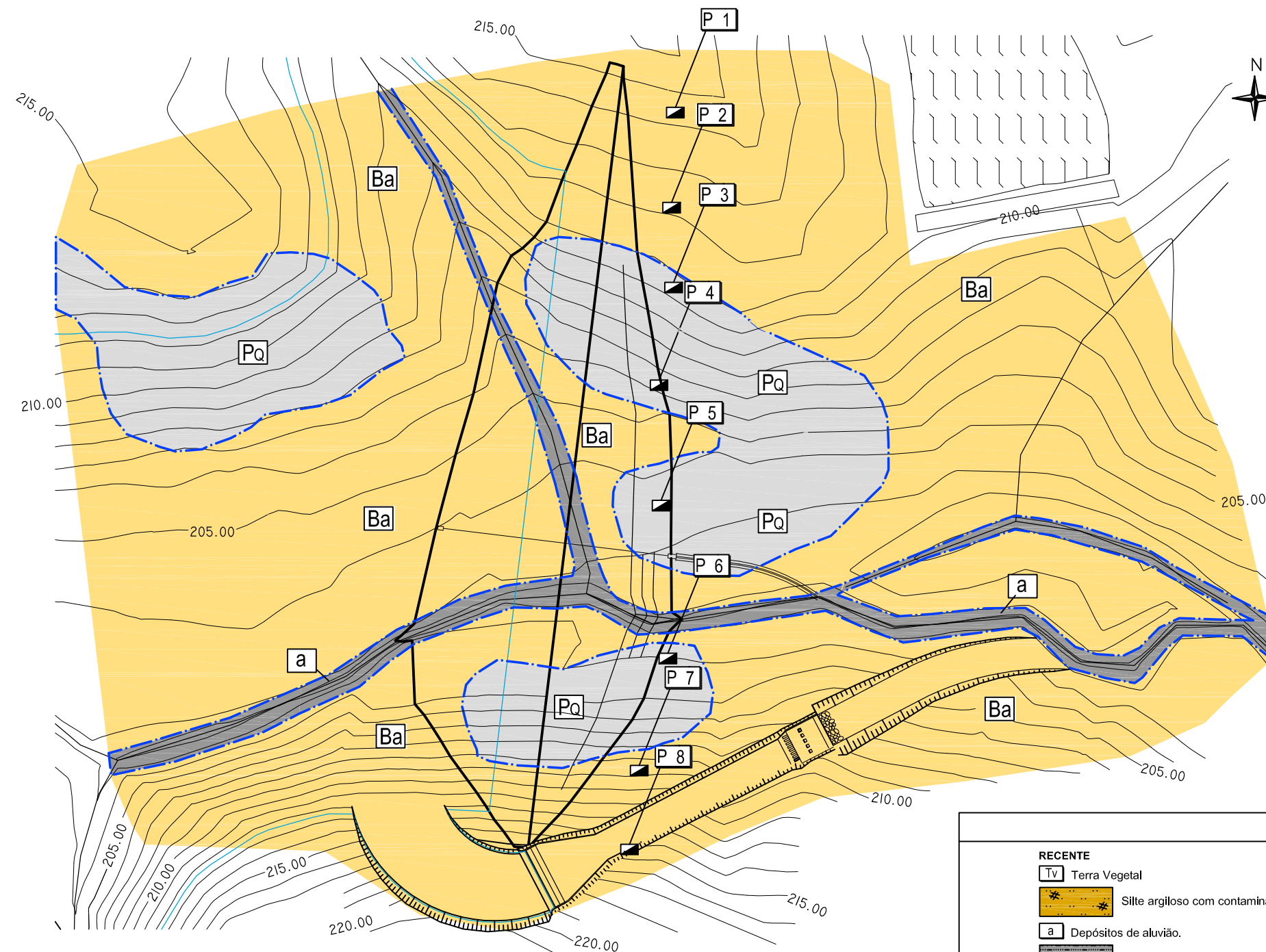
Quadro 1 – Factores de apreciação das condições de risco

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

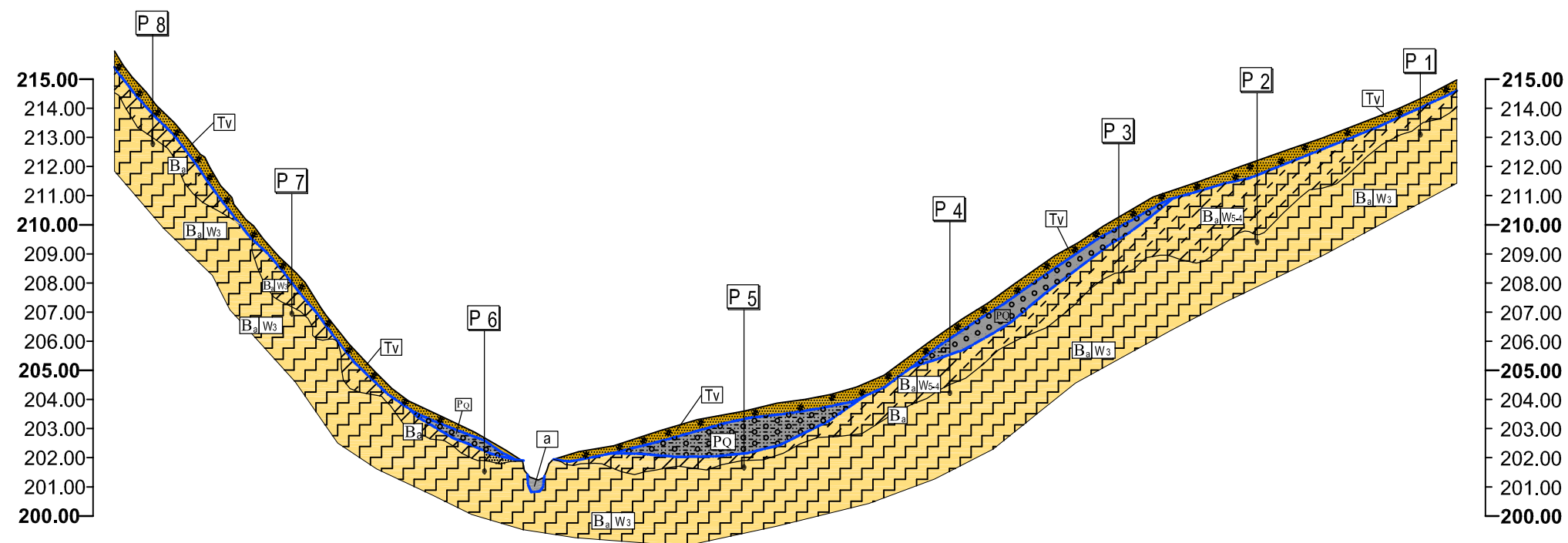
Ponte Sor, Julho de 2015

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Hélio Nunes', with a long horizontal stroke extending to the right.

Hélio Nunes
(Eng. Geólogo)



LEGENDA		
RECENTE [Tv] Terra Vegetal [S] Silte argiloso com contaminação orgânica. [a] Depósitos de aluvião. [A] Areia argilosa com seixo. [Pq] Plio-Plistocénico [Aa] Argila areno-siltosa, com cascalheira abundante.	ORDOVICICO [Ba] "Formação de Barrancos" [X1] Xisto decomposto a muito alterado. [X2] Xisto medianamente alterado.	
Notações --- Limite Geológico --- Limite Litológico		
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 DE AZEVEL - SANTIAGO MAIOR - Cartografia Geológica de Superfície	Escalas: 1 / 1.500	Desenho N°: 2
	Data: Jul. 2015	



LEGENDA		
RECENTE Tv Terra Vegetal Silte argiloso com contaminação orgânica. a Depósitos de aluvião. Areia argilosa com seixo. Po Plio-Plistocénico Argila areno-siltosa, com cascalheira abundante.		ORDOVICICO Ba "Formação de Barrancos" Xisto decomposto a muito alterado. Xisto medianamente alterado.
Notações ----- Limite Geológico ----- Limite Litológico		
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 DE AZEVEL - SANTIAGO MAIOR - Perfil Geológico Interpretativo	Escalas: H: 1/500 V: 1/100	Desenho N°:
	Data: Jul. 2015	

POÇO 1

Simbologia	Estratigrafia	Descrição	Alteração	Geologia
0.00	Tv	Terra vegetal, silto-argilosa, acastanhada.		Recente
0.20		Xisto, muito alterado a decomposto, acinzentado	W ₄₋₅	Ordovício
0.90	Ba	Xisto, medianamente alterado, Cinzento	W ₃	
1.20				

LEGENDA

RECENTE

Tv

Terra Vegetal



Silte argiloso com contaminação orgânica.

a

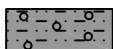
Depósitos de aluvião.



Areia argilosa com seixo.

Po

Plio-Plistocénico



Argila areno-siltosa, com cascalheira abundante.

ORDOVÍCIO

Ba

"Formação de Barrancos"



Xisto decomposto a muito alterado.



Xisto medianamente alterado.

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 DE AZEVEL**
- SANTIAGO MAIOR -
Poço de Reconhecimento

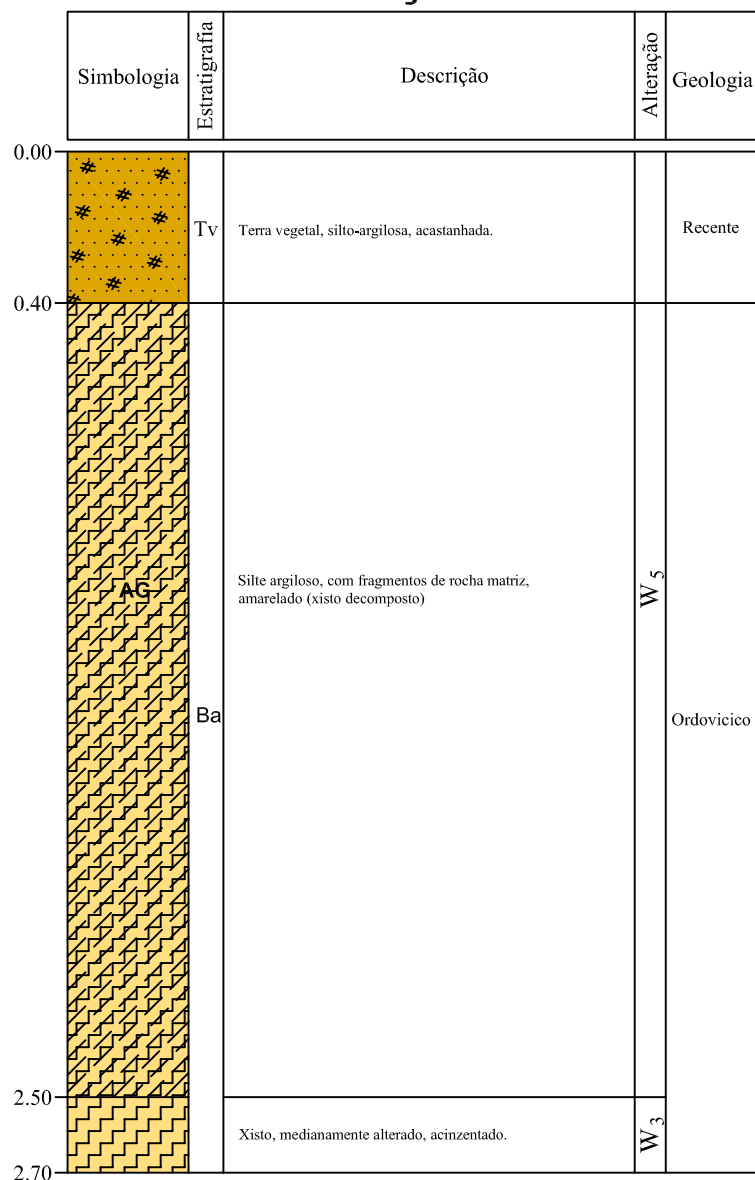
Escala: 1:20

Data: Jul. 2015

Poço N°:

P1

POÇO 2



LEGENDA

RECENTE

Tv Terra Vegetal



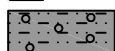
Silte argiloso com contaminação orgânica.

a Depósitos de aluvião.



Areia argilosa com seixo.

Po Plio-Plistocénico



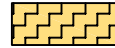
Argila areno-siltosa, com cascalheira abundante.

ORDOVÍCIO

Ba "Formação de Barrancos"



Xisto decomposto a muito alterado.



Xisto medianamente alterado.

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 DE AZEVEL**
- SANTIAGO MAIOR -
Poço de Reconhecimento

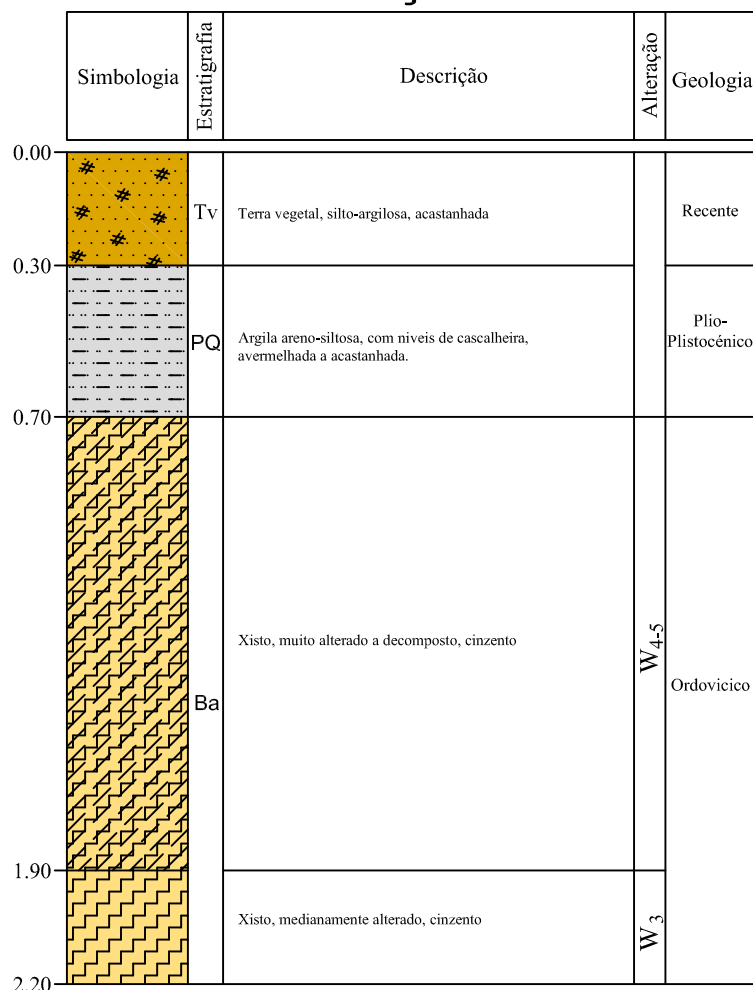
Escala: 1:20

Data: Jul. 2015

Poço N°:

P2

POÇO 3



LEGENDA

RECENTE

- Terra Vegetal
- Silte argiloso com contaminação orgânica.
- Depósitos de aluvião.
- Areia argilosa com seixo.
- Plio-Plistocénico
- Argila areno-siltosa, com cascalheira abundante.

ORDOVÍCIO

- "Formação de Barrancos"
- Xisto decomposto a muito alterado.
- Xisto medianamente alterado.

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

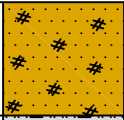
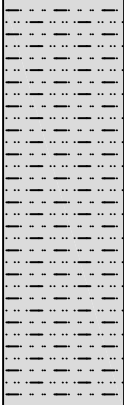
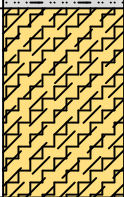
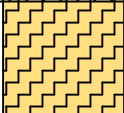
Descrição: **BARRAGEM DO RIBEIRO DE AZEVEL**
- SANTIAGO MAIOR -
Poço de Reconhecimento

Escala: 1:20
Data: Jul. 2015

Poço N°:

P3

POÇO 4

Simbologia	Estratigrafia	Descrição	Alteração	Geologia
0.00		Tv Terra vegetal, silto-argilosa, acastanhada		Recente
0.30		PQ Argila areno-siltosa, com níveis de cascalheira, avermelhada a acastanhada.		Plio-Plistocénico
1.40		Ba Xisto, muito alterado a decomposto, cinzento	W ₄₋₅	Ordovícico
1.90		Xisto, medianamente alterado, cinzento	W ₃	
2.20				

LEGENDA

RECENTE

[Tv] Terra Vegetal

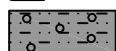


[a] Depósitos de aluvião.



Areia argilosa com seixo.

[Pq] Plio-Plistocénico



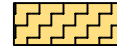
Argila areno-siltosa, com cascalheira abundante.

ORDOVÍCICO

[Ba] "Formação de Barrancos"



Xisto decomposto a muito alterado.



Xisto medianamente alterado.

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 DE AZEVEL**
- SANTIAGO MAIOR -
Poço de Reconhecimento

Escala: 1:20

Data: Jul. 2015

Poço N°:

P4

POÇO 5

Simbologia	Estratigrafia	Descrição	Alteração	Geologia
0.00	Tv	Terra vegetal, silto-argilosa, acastanhada		Recente
0.20				
	PQ	Argila areno-siltosa, com níveis de cascalheira, avermelhada a acastanhada.		Plio-Plistocénico
1.40	Ba	Xisto, muito alterado a decomposto, cinzento	W ₄₋₅	Ordovício
1.70		Xisto, medianamente alterado, cinzento	W ₃	
1.90				

LEGENDA

RECENTE

Tv

Terra Vegetal



Silte argiloso com contaminação orgânica.

a

Depósitos de aluvião.



Areia argilosa com seixo.

Po

Plio-Plistocénico



Argila areno-siltosa, com cascalheira abundante.

ORDOVÍCIO

Ba

"Formação de Barrancos"



Xisto decomposto a muito alterado.



Xisto medianamente alterado.

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 DE AZEVEL**
- SANTIAGO MAIOR -
Poço de Reconhecimento

Escala: 1:20
Data: Jul. 2015

Poço N°:

P5

POÇO 6

Simbologia	Estratigrafia	Descrição	Alteração	Geologia
	Tv	Terra vegetal, silto-argilosa, acastanhada		Recente
	PQ	Argila areno-siltosa, com níveis de cascalheira, avermelhada a acastanhada.		Plio-Plistocénico
	Ba	Xisto, muito alterado a decomposto, cinzento	W ₄₋₅	Ordovícico
		Xisto, medianamente alterado, cinzento	W ₃	

LEGENDA

RECENTE

Tv

Terra Vegetal



Silte argiloso com contaminação orgânica.

a

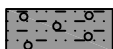
Depósitos de aluvião.



Areia argilosa com seixo.

PQ

Plio-Plistocénico



Argila areno-siltosa, com cascalheira abundante.

ORDOVÍCICO

Ba

"Formação de Barrancos"



Xisto decomposto a muito alterado.



Xisto medianamente alterado.

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 DE AZEVEL**
- SANTIAGO MAIOR -
Poço de Reconhecimento

Escala: 1:20

Data: Jul. 2015

Poço N.º:

P6

POÇO 7

Simbologia	Estratigrafia	Descrição	Alteração	Geologia
0.00	Tv	Terra vegetal, silto-argilosa, acastanhada		Recente
0.40		Xisto, muito alterado a decomposto, avermelhado a acinzentado	W ₄₋₅	Ordovício
1.20	Ba	Xisto, medianamente alterado, cinzento	W ₃	
1.50				

LEGENDA

RECENTE

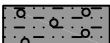
Tv Terra Vegetal

 Silte argiloso com contaminação orgânica.

a Depósitos de aluvião.

 Areia argilosa com seixo.

Po Plio-Plistocénico

 Argila areno-siltosa, com cascalheira abundante.

ORDOVÍCIO

Ba "Formação de Barrancos"

 Xisto decomposto a muito alterado.

 Xisto medianamente alterado.

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 DE AZEVEL**
- SANTIAGO MAIOR -
Poço de Reconhecimento

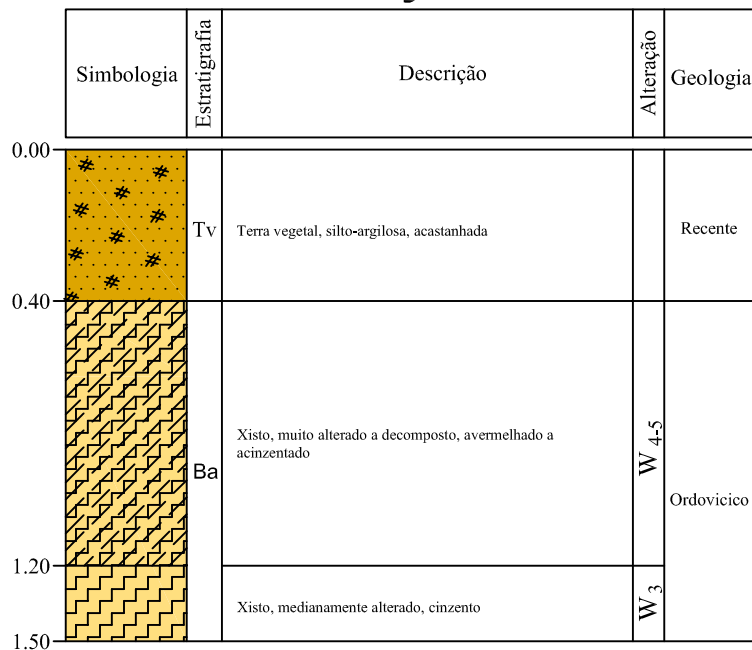
Escala: 1:20

Data: Jul. 2015

Poço N°:

P7

POÇO 8



LEGENDA

RECENTE

Tv

Terra Vegetal



Silte argiloso com contaminação orgânica.

a

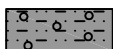
Depósitos de aluvião.



Areia argilosa com seixo.

Po

Plio-Plistocénico



Argila areno-siltosa, com cascalheira abundante.

ORDOVÍCIO

Ba

"Formação de Barrancos"



Xisto decomposto a muito alterado.



Xisto medianamente alterado.

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 DE AZEVEL**
- SANTIAGO MAIOR -
Poço de Reconhecimento

Escala: 1:20
Data: Jul. 2015

Poço N°:

P8

BARRAGEM DO RIBEIRO DO AZEVÉL

PROJECTO DE CONSTRUÇÃO

ANEXO IV - ENSAIOS LABORATORIAIS

proprietário:

Herdade da Rendeira, Agropecuária S.A,
Aldeia da Venda
7200-020 SANTIAGO MAIOR

Julho 2015

Entidade : GES

Obra : Barragem de Azevel - Herdade da Rendeira

Processo : 21215

Tipo de Amostras : Remexidas

Resultados dos ensaios laboratoriais

S o n d a g e m (N°)	Amostra (N°)	Prof. (m)	Descrição	L i t. - E s t. r.	Classif.	w _n	ρ	LL	VA	Granulometria			Comp.	CBR					Consolidação		Resistência					Permea- bilidade
					Unificada	Sr	ρ _d	IP	(g/100g	<2.0	<0.074	dim.	Wopt	CR	Desv.	Ind.	Expan sibili dade	CBR a 95%	Cc	Cv (cm²/s)	qu	σ ₃	C	φ	Carga H. (kg/cm²)	
					ASTM (D2487-00)	EA	(g/cm³)	LR	Solo Seco	mm	mm	maior part.	(%)													
					GTR		Dens. Part. G	MO	<0.42	<0.002	Max.	γ _{dmax} (g/cm³)														
					Rodoviária (E 240)	(%)		Ph	mm	mm	Min. (mm)	Leve														
Pesado	(%)	(%)																								
P 2	60533	0.40	Silte arenoso, levemente argiloso, amarelo esbranquiçado.		(ML)s			36		94	78		17.4													
		2.50			A-4(8)			7		88	9		1.66													
Am 3	60622	0.00	Argila silto-arenosa, com seixo disperso, castanho amarelado a avermelhado.		s(CL)			34		88	67		14.4													
		0.00			A-6(8)			13		79	20		1.87													

Relatório do Ensaio

Processo **21215** Lote **1**

Sondagem

P 2

Amostra

60533

Profundidade

0.40 - 2.50

Data de Registo da Amostra
19-05-2015

Entidade :

GES

Morada :

Obra :

Barragem de Azevel - Herdade da Rendeira

Data de Conclusão do Ensaio
21-05-2015

Proveniência

Local da Colheita

Aplicação

Limites de Consistência

Procedimento : PL.07

Norma : NP-143(1969)



Cápsula	nº	Limite de Liquidez				Limite de Plasticidade			
		462	418	374	32	455	432	459	355
Massa da Amostra Húm. + Cápsula	g	14.47	14.33	14.18	13.21	10.23	11.05	12.3	10.34
Massa da Amostra Seca + Cápsula	g	12.09	12.16	12.11	11.47	9.33	9.99	11.21	9.55
Massa da Cápsula	g	5.87	6.25	6.3	6.39	6.15	6.29	7.43	6.77
Massa da Água	g	2.38	2.17	2.07	1.74	0.90	1.06	1.09	0.79
Massa da Amostra Seca	g	6.22	5.91	5.81	5.08	3.18	3.70	3.78	2.78
Teor em Água	%	38.3	36.7	35.6	34.3	28.3	28.6	28.8	28.4
Nº de Pancadas		15	22	29	39	LP (Média) = 28.5 %			

W (%)

DIAGRAMA


Limite de Retração
(Método não acreditado)

Cápsula	nº				Volume da Cápsula V	cm³			
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 = **36** %

LP = **29** %

IP = **7**

LR = _____ %

Observações :

Responsável do Laboratório



Data de emissão : **22-05-2015**

Página : de

		Relatório do Ensaio		Sondagem P 2	
Parque Oriente Bloco 4, EN 10, 2699-501 Bobadela LRS Portugal Tel.: 219958000 fax: 219958001 e-mail: mail@geocontrole.pt		Processo 21215 Lote 1		Amostra 60533	
Data de Registo da Amostra 19-05-2015		Entidade : GES		Profundidade 0.40 - 2.50	
Data de Conclusão do Ensaio 22-05-2015		Morada : Obra : Barragem de Azevel - Herdade da Rendeira			
Proveniência		Local da Colheita		Aplicação	

Análise Granulométrica

Procedimento - PL.06
Especificação - LNEC:E196(1966) e E239(1970)



1) PENEIRAÇÃO

Peso total da amostra seca : **533.00** 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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.11	11.23	15.36
Massas acumuladas g	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.11	17.34	32.70
% Acumulados	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.15	3.25	6.14
Complemento para 100%	100	100	100	100	100	99	97	94

ELEMENTOS FINOS

Peso dos elementos finos usados na peneiração : **57.15** 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	1.70	1.77	1.54	3.16	1.60
Massas acumuladas g	1.70	3.47	5.01	8.17	9.77
% Acumulados	2.97	6.07	8.77	14.30	17.10
Complemento para 100%	97.03	93.93	91.23	85.70	82.90
% Referida à massa total	91	88	86	80	78

2) SEDIMENTAÇÃO

Proveta nº **3**

Densímetro nº **35**

Antifloculante **100** cm³

Peso da amostra seca Ps **57** g

Densidade das Partículas G= **2.70**

☐ Determinado
☐ Atribuído

Correcções : Menisco = **0.0002**
Antifloc. = **0.0023**

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

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	20	1.0238	-0.0021	1.0217	5.97	5.97	0.0319	60.31	56.61
2	20	1.0214	-0.0021	1.0193	6.97	3.49	0.0244	53.64	50.35
5	20	1.0175	-0.0021	1.0154	8.61	1.72	0.0171	42.80	40.17
15	20	1.0141	-0.0021	1.0120	10.04	0.67	0.0107	33.35	31.30
30	20	1.0119	-0.0021	1.0098	10.97	0.37	0.0079	27.23	25.56
60	20	1.0092	-0.0021	1.0071	12.18	0.20	0.0059	19.73	18.52
250	20	1.0067	-0.0021	1.0046	13.29	0.05	0.0030	12.78	12.00
1440	20	1.0043	-0.0021	1.0022	14.22	0.01	0.0013	6.11	5.74
2880									

Observações :

Responsável do Laboratório



Data de emissão : **22-05-2015**

Página : de

Relatório do Ensaio

Processo **21215** Lote **1**

Sondagem

P 2

Amostra

60533

Profundidade

0.40 - 2.50

Data de Registo da Amostra
19-05-2015

Entidade :

GES

Morada :

Obra :

Barragem de Azevel - Herdade da Rendeira

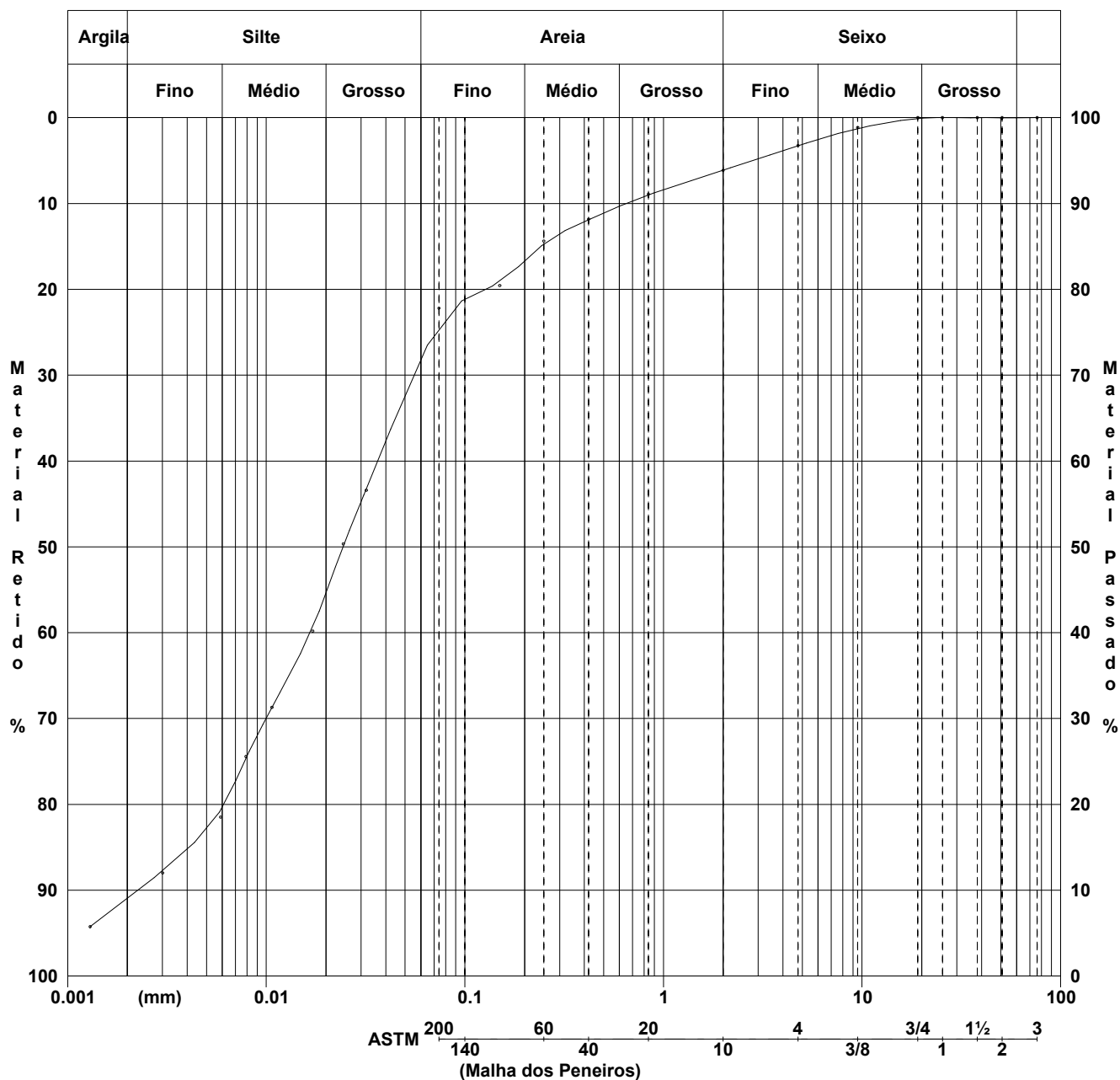
Data de Conclusão do Ensaio
22-05-2015

Proveniência

Local da Colheita

Aplicação

Curva Granulométrica

Procedimento - PL.06
Especificação - LNEC:E196


Observações :

Responsável do Laboratório



Data de emissão : **22-05-2015**

Página : de

		Relatório do Ensaio		Sondagem P 2	
Parque Oriente Bloco 4, EN 10, 2699-501 Bobadela LRS Portugal Tel.: 219958000 fax: 219958001 e-mail: mail@geocontrole.pt		Processo 21215 Lote 1		Amostra 60533	
Data de Registo da Amostra 19-05-2015		Entidade : GES		Profundidade 0.40 - 2.50	
Data de Conclusão do Ensaio 21-05-2015		Morada : Obra : Barragem de Azevel - Herdade da Rendeira			
Proveniência		Local da Colheita		Aplicação	

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)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Molde + solo húmido	(g)	3267	3324	3390	3443	3428					
Solo húmido	(g)	1747	1804	1870	1923	1908					
Baridade húmida	(g.cm ⁻³)	1.774	1.831	1.898	1.952	1.937					
Cápsula	(nº)	728	653	702	694	811	736	339	821	686	682
Amostra húmida + cápsula	(g)	307.36	295.02	246.91	273.88	264.54	277.77	230.37	265.91	299.43	318.50
Amostra seca+cápsula	(g)	284.27	272.95	226.98	251.14	239.65	250.60	207.54	237.71	262.79	280.84
Massa da cápsula	(g)	80.27	80.70	74.70	79.13	76.92	79.76	78.70	79.49	78.14	80.17
Massa de água	(g)	23.09	22.07	19.93	22.74	24.89	27.17	22.83	28.20	36.64	37.66
Massa da amostra seca	(g)	204.00	192.25	152.28	172.01	162.73	170.84	128.84	158.22	184.65	200.67
Teor em água	(%)	11.3	11.5	13.1	13.2	15.3	15.9	17.7	17.8	19.8	18.8
Teor em água médio	(%)	11.4	13.2	15.6	17.8	19.3					
Baridade seca	(g.cm ⁻³)	1.592	1.618	1.642	1.657	1.624					

Observações :

Responsável do Laboratório	Data de emissão : 22-05-2015	Página : de
----------------------------	-------------------------------------	-------------

Mod.PS.LB.09.2 - 13-01-2015

Este relatório de ensaio só pode ser reproduzido na íntegra ou parcialmente com autorização expressa da Geocontrole. Os resultados são referentes à amostra ensaiada.

		Relatório do Ensaio		Sondagem P 2	
Parque Oriente Bloco 4, EN 10, 2699-501 Bobadela LRS Portugal Tel.: 219958000 fax: 219958001 e-mail: mail@geocontrole.pt		Processo 21215 Lote 1		Amostra 60533	
Data de Registo da Amostra 19-05-2015		Entidade : GES		Profundidade 0.40 - 2.50	
Data de Conclusão do Ensaio 21-05-2015		Morada : Obra : Barragem de Azevel - Herdade da Rendeira			
Proveniência		Local da Colheita		Aplicação	

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)	15							
Molde + solo húmido	(g)	3410							
Solo húmido	(g)	1890							
Baridade húmida	(g.cm ⁻³)	1.919							
Cápsula	(nº)	797	664						
Amostra húmida + cápsula	(g)	279.25	291.57						
Amostra seca+cápsula	(g)	245.58	255.76						
Massa da cápsula	(g)	88.84	90.44						
Massa de água	(g)	33.67	35.81						
Massa da amostra seca	(g)	156.74	165.32						
Teor em água	(%)	21.5	21.7						
Teor em água médio	(%)	21.6							
Baridade seca	(g.cm ⁻³)	1.578							

Observações :

Responsável do Laboratório		Data de emissão : 22-05-2015	Página : de
----------------------------	---	-------------------------------------	-------------

Mod.PS.LB.09.2 - 13-01-2015

Este relatório de ensaio só pode ser reproduzido na íntegra ou parcialmente com autorização expressa da Geocontrole. Os resultados são referentes à amostra ensaiada.

Relatório do Ensaio

Processo **21215** Lote **1**

Sondagem

P 2

Amostra

60533

Profundidade

0.40 - 2.50

Data de Registo da Amostra
19-05-2015

Entidade :

GES

Morada :

Obra :

Barragem de Azevel - Herdade da Rendeira

Data de Conclusão do Ensaio
21-05-2015

Proveniência

Local da Colheita

Aplicação

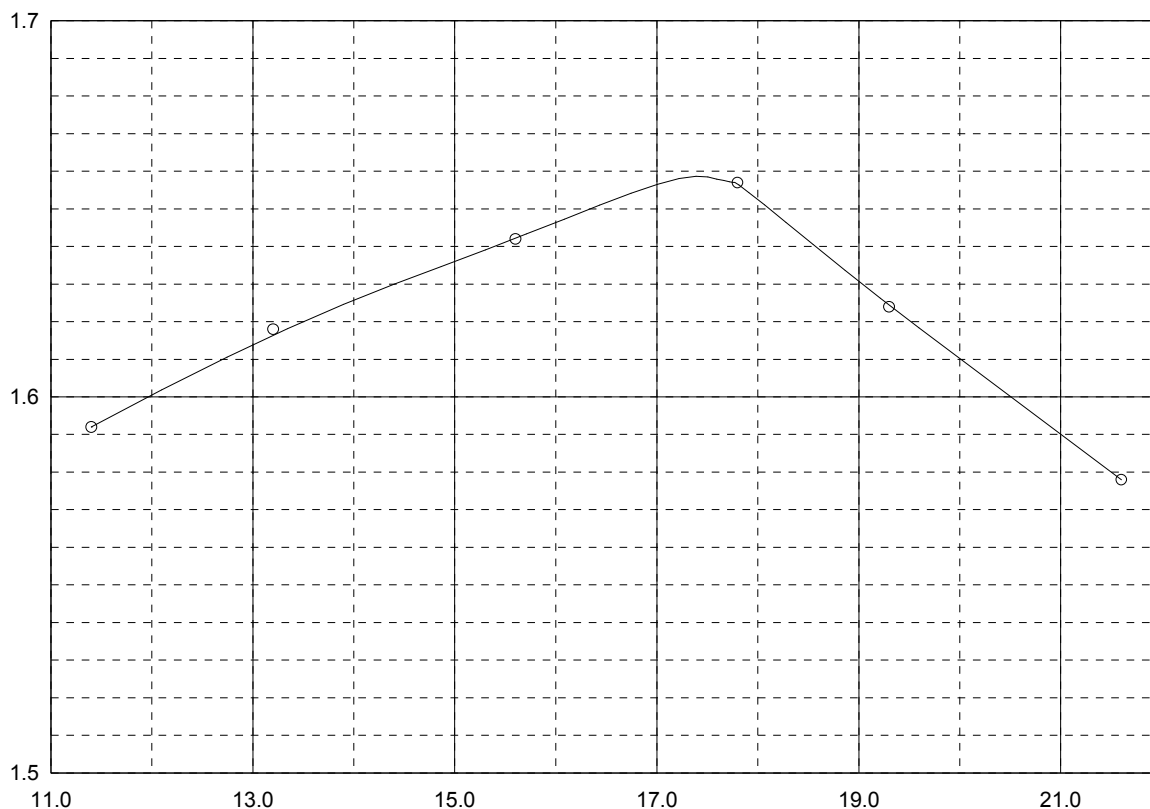
Curva de Compactação

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 = **17.4** %

Baridade seca máxima

 $\gamma_{dmax} = \underline{\underline{1.66}} \text{ g.cm}^{-3}$

Observações :

Responsável do Laboratório



Data de emissão : **22-05-2015**

Página : de

		Relatório da Amostra		Sondagem Am 3	
Parque Oriente Bloco 4, EN 10, 2699-501 Bobadela LRS Portugal Tel.: 219958000 fax: 219958001 e-mail: mail@geocontrole.pt		Processo 21215 Lote 2		Amostra 60622	
Data de Registo da Amostra 02-07-2015		Entidade : GES		Profundidade 0.00 - 0.00	
Data de Conclusão do Ensaio 07-07-2015		Morada : Barragem de Azevel - Herdade da Rendeira			
Proveniência		Local da Colheita		Aplicação	

Resultados

Procedimento da amostragem : Responsabilidade do Cliente **Tipo de Amostra :** REMEXIDA

Descrição : Argila silto-arenosa, com seixo disperso, castanho amarelado a avermelhado.

Classificação Unificada : **s(CL)** GTR : Rodoviária (E 240) **A-6(8)**
 ASTM (D2487-00) ASTM (D3282-97)

Características Ponderais Teor em Água $w =$ % Densidade das Partículas $G =$ $\rho =$ g/cm³
 (*) Teor em matéria orgânica = % $P_h =$ $\rho_d =$ g/cm³

Limites de Consistência Preparação por via ☒ Seca ☐ Húmida $LL =$ **34** % $LP =$ **21** % (*) $LR =$ % (*) $IP =$ **13**

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

Características Granulométricas Preparação por via ☒ Seca ☐ Húmida $\% < 2,00 \text{ mm} =$ **88**
 $\% < 0,420 \text{ mm} =$ **79** $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$ $C_c =$
 $\% < 0,074 \text{ mm} =$ **67** $EA =$
 $\% < 0,002 \text{ mm} =$ **20**

Expansibilidade (*) % Provete sujeito a uma carga de g

Compacção (Proctor)	Molde	Tipo de Ensaio	γ_{dmax} (g/cm ³)	Wopt (%)
	Pequeno	LEVE	1.87	14.4

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

Coeficiente (*) Fragmentabilidade = Degradabilidade =

Compressibilidade (*) $C_c =$ $\sigma_a =$ kN/m² $e_o =$ $C_v =$ m²/s $K =$ m/s

Resistência (*) Compressão simples : $q_u =$ kPa $E_i =$ kPa

Corte directo : ☐ UU ☐ CU ☐ CD $C =$ kPa $\theta =$ ° $C' =$ kPa $\theta' =$ °
 Compressão triaxial : ☐ UU ☐ CU ☐ CD $\sigma_3 =$ kN/m² $C =$ kN/m² $\theta =$ °
 $\sigma_1 =$ kN/m² $E_i =$ kN/m² $C' =$ kN/m² $\theta' =$ °

Permeabilidade (*) $K =$ m/s

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

Observações :

Responsável do Laboratório	Data de emissão : 07-07-2015	Página : de
----------------------------	-------------------------------------	-------------

Relatório do Ensaio

Processo **21215** Lote **2**

Sondagem

Am 3

Amostra

60622

Profundidade

0.00 - 0.00

Data de Registo da Amostra
02-07-2015

Entidade :

GES

Morada :

Obra :

Barragem de Azevel - Herdade da Rendeira

Data de Conclusão do Ensaio
07-07-2015

Proveniência

Local da Colheita

Aplicação

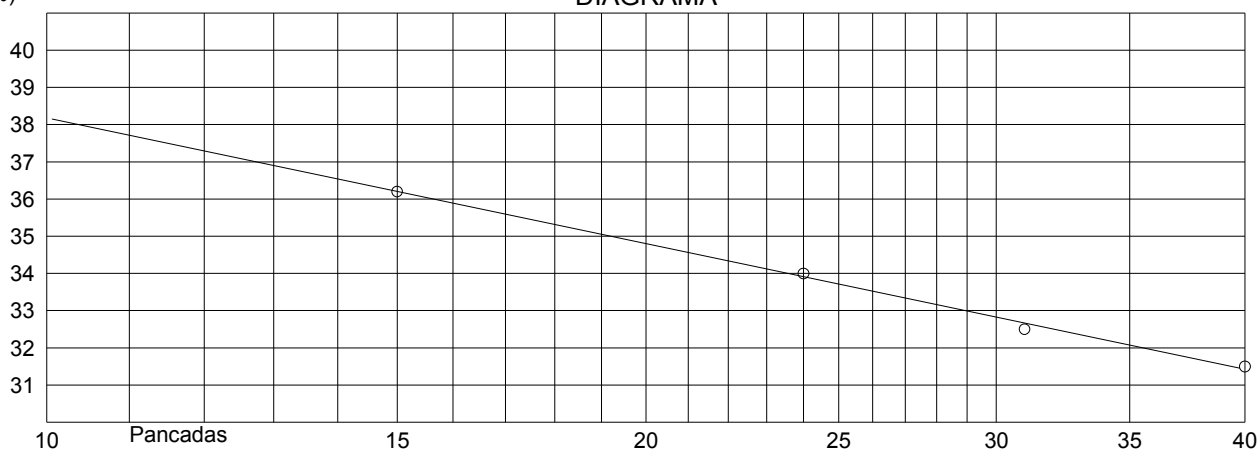
Limites de Consistência

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


Cápsula	nº	Limite de Liquidez				Limite de Plasticidade			
		84	52	32	424	377	361	72	397
Massa da Amostra Húm. + Cápsula	g	17.57	16.5	14.96	15.16	11.07	10.64	10.79	11.43
Massa da Amostra Seca + Cápsula	g	14.63	13.89	12.86	13.07	10.18	9.8	9.95	10.5
Massa da Cápsula	g	6.51	6.22	6.39	6.43	6.07	5.86	6	6.14
Massa da Água	g	2.94	2.61	2.10	2.09	0.89	0.84	0.84	0.93
Massa da Amostra Seca	g	8.12	7.67	6.47	6.64	4.11	3.94	3.95	4.36
Teor em Água	%	36.2	34.0	32.5	31.5	21.7	21.3	21.3	21.3
Nº de Pancadas		15	24	31	40	LP (Média) = 21.4 %			

W (%)

DIAGRAMA


Limite de Retração
(Método não acreditado)

Cápsula	nº				Volume da Cápsula V	cm³			
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 = **34** %

LP = **21** %

IP = **13**

LR = _____ %

Observações :

Responsável do Laboratório



Data de emissão : **07-07-2015**

Página : de

		Relatório do Ensaio		Sondagem Am 3	
Parque Oriente Bloco 4, EN 10, 2699-501 Bobadela LRS Portugal Tel.: 219958000 fax: 219958001 e-mail: mail@geocontrole.pt		Processo 21215 Lote 2		Amostra 60622	
Data de Registo da Amostra 02-07-2015		Entidade : GES		Profundidade 0.00 - 0.00	
Data de Conclusão do Ensaio 07-07-2015		Morada : Barragem de Azevel - Herdade da Rendeira			
Proveniência		Local da Colheita		Aplicação	

Análise Granulométrica

Procedimento - PL.06
 Especificação - LNEC:E196(1966) e E239(1970)



1) PENEIRAÇÃO

Peso total da amostra seca : **692.00** 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	0.00	0.00	0.00	0.00	10.40	19.90	23.50	27.30
Massas acumuladas	g	0.00	0.00	0.00	0.00	10.40	30.30	53.80	81.10
% Acumulados		0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	4.38	7.77	11.72
Complemento para 100%		100	100	100	100	98	96	92	88

ELEMENTOS FINOS

Peso dos elementos finos usados na peneiração : **51.89** 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	2.70	3.00	2.30	3.40	1.00
Massas acumuladas	g	2.70	5.70	8.00	11.40	12.40
% Acumulados		5.20	10.98	15.42	21.97	23.90
Complemento para 100%		94.80	89.02	84.58	78.03	76.10
% Referida à massa total		84	79	75	69	67

2) SEDIMENTAÇÃO

Proveta nº **1**

Densímetro nº **35**

Antifloculante **100** cm³

Peso da amostra seca Ps **52** g

Densidade das Partículas G= **2.70**

☐ Determinado
☒ Atribuído

Correcções :
 Menisco = **0.0002**
 Antifloc. = **0.0023**

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

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	22	1.0221	-0.0017	1.0204	6.51	6.51	0.0326	62.44	55.12
2	22	1.0209	-0.0017	1.0192	7.02	3.51	0.0239	58.77	51.88
5	22	1.0191	-0.0017	1.0174	7.77	1.55	0.0159	53.26	47.02
15	22	1.0167	-0.0017	1.0150	8.78	0.59	0.0098	45.91	40.53
30	22	1.0151	-0.0017	1.0134	9.45	0.32	0.0072	41.01	36.21
60	22	1.0131	-0.0017	1.0114	10.29	0.17	0.0053	34.89	30.80
250	23	1.0093	-0.0015	1.0078	11.87	0.05	0.0027	23.87	21.08
1440	22	1.0084	-0.0017	1.0067	12.37	0.01	0.0012	20.51	18.10
2880									

Observações :

Responsável do Laboratório



Data de emissão : **07-07-2015**

Página : de

Relatório do Ensaio

Processo **21215** Lote **2**

Sondagem

Am 3

Amostra

60622

Profundidade

0.00 - 0.00

Data de Registo da Amostra
02-07-2015

Entidade :

GES

Morada :

Obra : **Barragem de Azevel - Herdade da Rendeira**

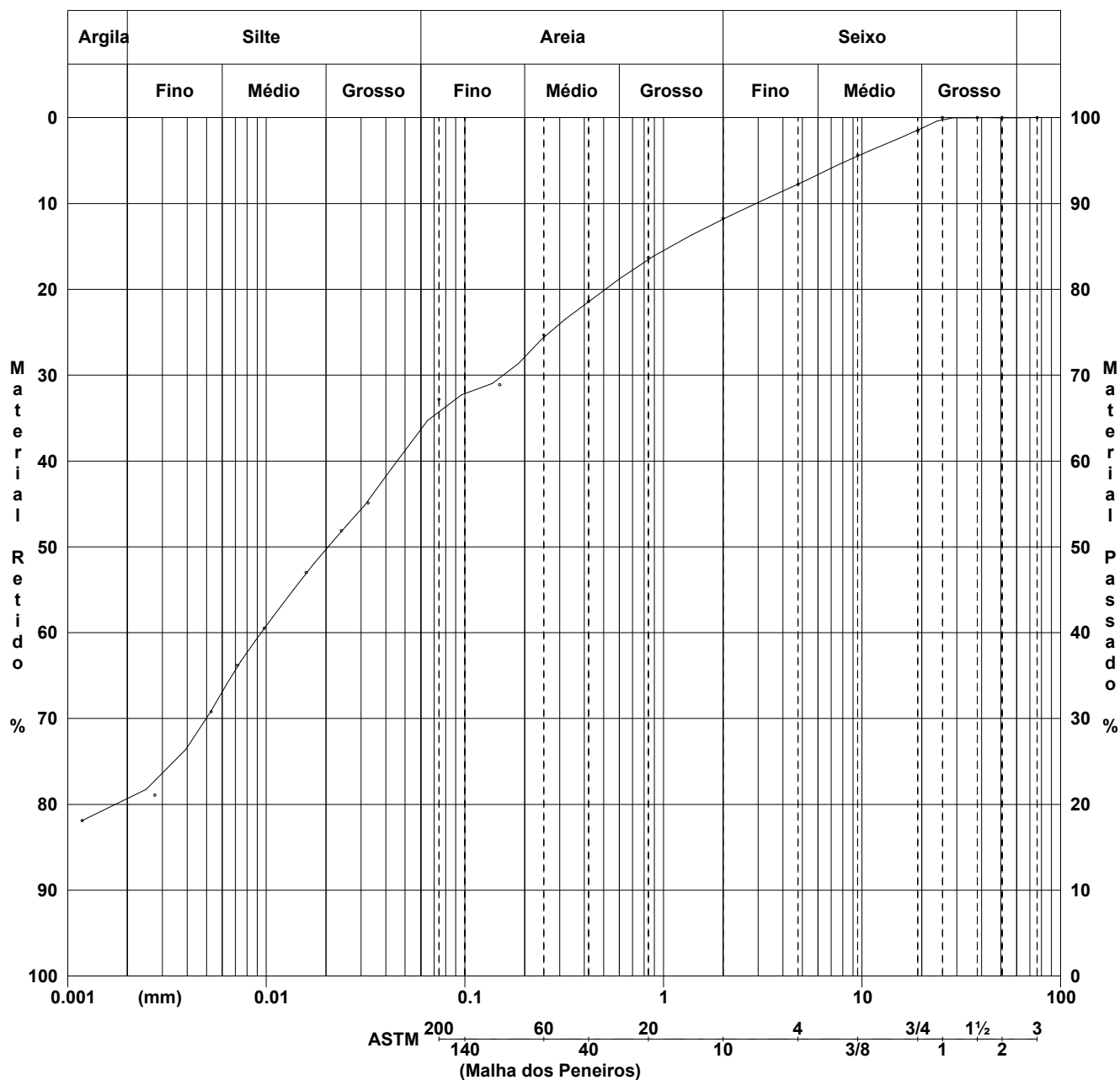
Data de Conclusão do Ensaio
07-07-2015

Proveniência

Local da Colheita

Aplicação

Curva Granulométrica

Procedimento - PL.06
Especificação - LNEC:E196


Observações :

Responsável do Laboratório



Data de emissão : **07-07-2015**

Página : de

		Relatório do Ensaio		Sondagem Am 3	
Parque Oriente Bloco 4, EN 10, 2699-501 Bobadela LRS Portugal Tel.: 219958000 fax: 219958001 e-mail: mail@geocontrole.pt		Processo 21215 Lote 2		Amostra 60622	
Data de Registo da Amostra 02-07-2015		Entidade : GES		Profundidade 0.00 - 0.00	
Data de Conclusão do Ensaio 07-07-2015		Morada : Obra : Barragem de Azevel - Herdade da Rendeira			
Proveniência		Local da Colheita		Aplicação	

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)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Molde + solo húmido	(g)	3587	3615	3580	3455	3340					
Solo húmido	(g)	2067	2095	2060	1935	1820					
Baridade húmida	(g.cm ⁻³)	2.098	2.127	2.091	1.964	1.848					
Cápsula	(nº)	671	678	311	723	299	696	667	303	727	792
Amostra húmida + cápsula	(g)	293.52	280.09	306.07	307.24	322.44	274.17	295.29	297.29	309.32	282.83
Amostra seca+cápsula	(g)	267.63	256.12	275.11	275.87	287.68	244.35	273.40	274.62	289.22	265.82
Massa da cápsula	(g)	79.63	77.60	78.28	75.26	89.95	80.62	89.72	78.94	78.86	90.64
Massa de água	(g)	25.89	23.97	30.96	31.37	34.76	29.82	21.89	22.67	20.10	17.01
Massa da amostra seca	(g)	188.00	178.52	196.83	200.61	197.73	163.73	183.68	195.68	210.36	175.18
Teor em água	(%)	13.8	13.4	15.7	15.6	17.6	18.2	11.9	11.6	9.6	9.7
Teor em água médio	(%)	13.6	15.7	17.9	11.8	9.7					
Baridade seca	(g.cm ⁻³)	1.847	1.838	1.774	1.757	1.684					

Observações :

Responsável do Laboratório	Data de emissão : 07-07-2015	Página : de
----------------------------	-------------------------------------	-------------

Mod.PS.LB.09.2 - 13-01-2015

Este relatório de ensaio só pode ser reproduzido na íntegra ou parcialmente com autorização expressa da Geocontrole. Os resultados são referentes à amostra ensaiada.

Relatório do EnsaioProcesso **21215** Lote **2**

Sondagem

Am 3

Amostra

60622

Profundidade

0.00 - 0.00Data de Registo da Amostra
02-07-2015

Entidade :

GES

Morada :

Obra : **Barragem de Azevel - Herdade da Rendeira**Data de Conclusão do Ensaio
07-07-2015

Proveniência

Local da Colheita

Aplicação

Curva de CompactaçãoProcedimento : PL.09
Especificação - LNEC:E197(1966)Ensaio Tipo : ☒ Leve
☐ PesadoMolde : ☒ Pequeno
☐ Grande

Elementos de grão inferior a _____ mm



Teor em água ótimo

Wopt = **14.4** %

Baridade seca máxima

γdmax = **1.87** g.cm⁻³

Observações :

Responsável do Laboratório

Data de emissão : **07-07-2015**

Página : de