

GOVERNO DO ESTADO



CEARÁ
AVANÇANDO NAS MUDANÇAS

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH

PROJETO EXECUTIVO DA RECUPERAÇÃO
DA BARRAGEM JABURU I

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DA OBRA E
DOS SEUS PROBLEMAS FUNDAMENTAIS

COBA

FORTALEZA- CE
ABRIL 2000



AVANÇANDO NAS MUDANÇAS

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS

PROJETO EXECUTIVO DE RECUPERAÇÃO DA BARRAGEM DO JABURU I



ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DA OBRA E DOS SEUS PROBLEMAS FUNDAMENTAIS

DOCUMENTO DE TRABALHO

Lote: 01057 - Prep. Scan () Index ()

Projeto Nº 0095/05/C

Volume

Qtd. A4

Qtd. A3

Qtd. A2

Qtd. A1

Qtd. A0

Outros

0095/05/C



DINÂMICA



COBA

10/05/05
19/05/05
33

ÍNDICE

ÍNDICE

BARRAGEM DO JABURU

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DA OBRA E DOS SEUS PROBLEMAS FUNDAMENTAIS

DOCUMENTO DE TRABALHO

ÍNDICE

	Pág.
1 - INTRODUÇÃO	1
2 - COMPORTAMENTO HIDRÁULICO DA FUNDAÇÃO	3
2 1 - INTRODUÇÃO	3
2 2 - ZOANMENTO HIDRÁULICO	4
3 - ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DO COMPORTAMENTO HIDRÁULICO E ESTRUTURAL DA BARRAGEM	8
3 1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS	8
3 2 - PERFIL TIPO	8
3 3 - OBSERVAÇÃO	9
3 4 - ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO	24
3 5 - ESTUDOS DE ESTABILIDADE	36
4 - PROBLEMAS FUNDAMENTAIS DA OBRA	44
4 1 - ZONA ÚMIDA E RESSURGÊNCIAS NO TALUDE DE JUSANTE DA BARRAGEM, NO VALE PRINCIPAL	44

	Pág.
4 2 - RESSURGÊNCIAS, EROSÕES E CAVERNA NA FUNDAÇÃO	46
4 3 - TOMADA DE ÁGUA E ATERRO ENVOLVENTE	47
4 3 1 - Ressurgências no pé de enrocamento no vale secundário da tomada de água	47
4 3 2 - Falta de condições de segurança e insuficiência do órgão de fundo	47
4 4 - EROSÕES NO CANAL DO VERTEDOURO E PASSAGENS DE ÁGUA PARA A OMBREIRA DA BARRAGEM	48
5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	49

TEXTO

BARRAGEM DO JABURU

**ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DA OBRA
E DOS SEUS PROBLEMAS FUNDAMENTAIS**

DOCUMENTO DE TRABALHO

1 - INTRODUÇÃO

No seguimento das missões de inspeção da barragem e dos estudos das questões reconhecidas na obra - que são de índole muito diversa - foram elaborados os documentos i) "Missão de Inspeção à Barragem de 22 de Novembro de 1998 - Identificação e Caracterização Preliminar da Situação" (Dezembro, 1998) e ii) "Missão de Inspeção à Barragem de 7 de Fevereiro de 1999 - Fichas de Inspeção de Rotina e de Especialidade" (Maio, 1999), nos quais se procedeu a uma análise sistematizada da problemática de segurança da barragem e das suas estruturas anexas

Com a recente conclusão do programa de prospeção e de instalação de piezómetros, dispõe-se de um acréscimo muito valioso de informação que é objeto de tratamento em relatório específico. Assim sendo, considerou-se pertinente retomar a ponderação dos problemas fundamentais da obra, sistematizados no capítulo 3 do documento de Maio de 99 e que se junta em anexo

Para permitir a fácil identificação das questões, faz-se no Capítulo 2 uma síntese do tratamento da informação obtida no que se refere ao comportamento hidráulico da fundação, essencialmente tendo em conta os trabalhos de reconhecimento agora efetuados mas também ponderando os elementos fundamentais dos trabalhos anteriores, e, no Capítulo 3, apresentam-se algumas análises de sensibilidade no que se refere ao comportamento hidráulico e estrutural da barragem, tendo já em consideração a informação dos trabalhos de reconhecimento efetuados e dos níveis piezométricos lidos

No Capítulo 4 abordam-se os problemas fundamentais da obra, à luz duma primeira reflexão contemplando já os elementos do programa de reconhecimento efetuado no âmbito dos presentes estudos e dos níveis piezométricos lidos Procura-se ainda fazer uma ponderação preliminar das intervenções que se considerarão de maior importância em cada caso

Por último, no Capítulo 5, fazem-se algumas considerações finais inerentes à metodologia de desenvolvimento dos estudos e a alguns aspectos de maior enfoque na problemática em análise

2 - COMPORTAMENTO HIDRÁULICO DA FUNDAÇÃO

2.1 - INTRODUÇÃO

Este capítulo interessa os principais aspectos de natureza geológica e geotécnica que condicionam o comportamento hidráulico da fundação

Faz-se uma análise dos resultados obtidos nos trabalhos executados nesta fase, partindo da informação disponível das fases anteriores, designadamente a correspondente aos tratamentos de reforço efectuados em 1988/89 e 1993, tendo como objectivo a definição dum cenário de base abrangente e extensivo ao histórico da barragem, que permita equacionar de forma mais fundamentada o comportamento hidráulico da fundação e a sua importância para a segurança e funcionalidade da obra

Na verdade, a informação anterior complementa os dados actuais e permite densificar o zonamento do maciço de fundação da barragem, dando uma visão mais completa do seu comportamento hidráulico e das singularidades que apresenta

Note-se, contudo, que a correlação de resultados obtidos enferma de algumas dificuldades, dadas as discrepâncias na interpretação dos "log's" de sondagem das várias fases. Ensaiou-se, não obstante, uma primeira correlação dos resultados, obtendo-se uma leitura satisfatória do perfil em termos de zonamento geotécnico

Assim, em anexo, apresentam-se, para além das sondagens e ensaios executados nesta fase, as seguintes séries de sondagens

- furos SR12P a SR29P (etapa 1)
- furos SR47S a 54S (etapa 2)
- furos SR01S a SR11S (etapa 3)

Verifica-se que, apesar das descrições litológicas não serem rigorosamente coincidentes, existe alguma correlação entre níveis, pondo em evidência as zonas de nítida perturbação das formações. Trata-se de camadas descritas anteriormente como arenito inconsistente com níveis de siltito e argilito, com muito baixa recuperação e RQD, configurando zonas perturbadas próximas do contacto com o núcleo da barragem. Na fase actual, as investigações permitiram identificar igualmente, zonas superficiais muito fracturadas, apresentando também baixa recuperação e RQD e elevadas perdas de água

Pode portanto afirmar-se que, na generalidade das diversas investigações conduzidas na fundação da obra, foi possível identificar zonas pontuais perturbadas próximas da fundação, configurando elevadas perdas de água, algumas das quais se encontram alinhadas com as surgências de água a jusante

No ponto seguinte apresenta-se a metodologia seguida na interpretação dos ensaios, os resultados obtidos e o zonamento hidráulico efectuado

2.2 - ZONAMENTO HIDRÁULICO

A fundação da barragem é essencialmente constituída por arenitos de granulação fina a média, muito compactos, estratificados, de coloração branca a amarelada, geralmente pouco alterados, intercalados com níveis de siltitos de pequena espessura, muito alterados e erodíveis. Interestratificadas ocorrem ainda algumas lâminas de arenitos finos, mais alterados e erodíveis que as bancadas de arenito maciço

Identificaram-se diversas famílias de fraturas nos arenitos maciços, com orientação N-S e E-W, e inclinações compreendidas entre os 60° e 80°. Trata-se de fraturas geralmente abertas, lisas a pouco rugosas, com frequente oxidação das paredes e vestígios de circulação de água. As fraturas N-S são por vezes descontínuas, formando blocos de arenito isolados

Para além destas famílias sub-verticais, verifica-se a ocorrência de fraturas horizontais a sub-horizontais (10°) acompanhando o acamamento dos arenitos, cuja frequência é superior nas intercalações de arenitos laminados. Estas fraturas são igualmente abertas, lisas e com frequente oxidação das paredes e vestígios de circulação de água

Estabelecido o padrão de fraturamento que caracteriza a fundação da barragem, importa agora analisar, à luz desse padrão, os ensaios de perda de água executados nas diversas sondagens

Na verdade, a interpretação dos ensaios de perda de água executados na fundação da barragem, ponderou a natureza e características das discontinuidades e padrão de fraturamento do maciço ensaiado, de forma a garantir que o modelo conceptual do comportamento hidráulico desse maciço seja o mais aproximado possível da realidade e permita, designadamente, identificar as singularidades, que desse ponto de vista possam constituir riscos que ponham em causa a funcionalidade e/ou segurança da obra

Note-se que a interpretação do comportamento hidráulico de maciços rochosos fraturados desta natureza, com base em resultados de ensaios de injeção de água sob pressão, apresenta grande complexidade, sobretudo se se ponderam as alterações experimentadas pelas fraturas durante o ensaio

Efetivamente, o mesmo resultado, em termos de absorção de água, pode ser obtido pelo escoamento através de uma só fratura de grande abertura ou por um conjunto de fraturas de seção mais reduzida. É elucidativo o exemplo apresentado por Sabarly (1968) em que uma só fratura de 0,25 mm de abertura garante uma absorção equivalente a 10 fraturas de 0,12 mm ou a cem fraturas de 0,06 mm de abertura, supondo sempre o escoamento em regime laminar. Pode daqui depreender-se que apenas com um conhecimento razoavelmente detalhado das características do fraturamento do maciço se podem retirar conclusões acerca da condutividade hidráulica de maciços fraturados.

Por outro lado, a permeabilidade, ou condutividade hidráulica, dos maciços rochosos, é um parâmetro mais ou menos variável em função da pressão de injeção de água e do intervalo de tempo em que se processa o escoamento. Deste modo é necessário ponderar, não só a avaliação da permeabilidade inicial, como também as consequências que advêm da instalação artificial no maciço, de novos gradientes hidráulicos.

Interessa ainda salientar o papel desempenhado pelo arrastamento de partículas de materiais soltos existentes nas fraturas (resultantes do meteorismo ou da tectonização da rocha ou ainda provenientes do transporte por água de circulação subterrânea). Conforme as circunstâncias, aquele arrastamento pode originar a colmatação ou desobstrução das fraturas e consequentemente levar à redução ou ao aumento da perda de água durante o ensaio.

Analisaram-se assim os resultados obtidos nos vários ensaios, ponderando a natureza e intensidade das fraturas no trecho ensaiado, a sua tendência e o seu comportamento para as diversas pressões instaladas no maciço. Dado que na maioria dos ensaios não se atingiu a pressão-padrão para a unidade Lugeon (1MPa) os resultados obtidos em termos de unidades de absorção ($1 \text{ U A} = 1 \text{ l/min m}$ à pressão de 0,1MPa) foram convertidos em Lugeon, em função das características do escoamento durante a execução dos ensaios, segundo o critério de Housby (1976, 1985, 1990).

Assim verifica-se que ocorrem essencialmente dois tipos de situações:

- 1 elevadas perdas de água, mesmo a pressão relativamente baixa, com escoamento turbulento a anormal por grande variação e desobstrução franca das fraturas, com

abertura permanente da seção de vazão, configurando um cenário de percolação franca através de fraturas com abertura relativamente grande,

- 2 baixa absorção de água, mesmo a pressão mais elevada, com escoamento laminar ou anormal por pequena variação, constância ou colmatação das fraturas e abertura elástica da seção de vazão, configurando um maciço com fraturas fechadas e/ou de pequena seção, com percolação reduzida

A ocorrência das situações do tipo 1 e 2 interessa porções relativamente bem marcadas do maciço de fundação da barragem, permitindo o seu zonamento nas 2 zonas apresentadas no perfil longitudinal em anexo Assim na Zona A, mais superficial, interessando uma franja com uma espessura variável, da ordem dos 5 a 10 m na ombreira direita, 15 m no trecho entre os boqueirões e 10 a 15 m na ombreira esquerda, registam-se perdas de água significativas

As investigações realizadas permitiram ainda identificar sub-zonas cujo contraste de permeabilidade pode justificar uma intervenção de reforço, no sentido de reduzir as perdas de água para jusante, garantindo uma diminuição dos riscos de erosão interna da fundação, sobretudo atendendo à natureza friável das formações envolvidas (arenitos fortemente laminados e siltitos friáveis) Estas zonas de grande sensibilidade estão igualmente assinaladas na seção longitudinal apresentada e estão, em alguns casos, no prolongamento para o interior do maciço, das surgências de água observadas no talude de jusante Trata-se aparentemente de caminhos de percolação preferenciais, provavelmente relacionados com famílias de fraturas abertas

Na Zona B, por outro lado, as perdas de água são duma maneira geral reduzidas, excetuando alguns trechos de contato entre camadas de arenitos finamente laminados ou siltitos friáveis, ou zonas pontuais de fraturamento intenso (esmagamento) do maciço arenítico compacto Note-se que os valores observados nesta zona correspondem à permeabilidade intrínseca das formações, confirmadas aliás na zona de sangradouro em que, apesar de não ter sido objeto de qualquer tratamento, a fundação apresenta permeabilidade na mesma gama de valores e a cotas idênticas (entre a 690 a 710)

O perfil ao longo do sangradouro, interessando as sondagens SR 01 a SR 09 permite constatar que o zonamento efetuado é válido também nesta zona do maciço Assim verifica-se a ocorrência de duas zonas distintas - Zona A e Zona B - com comportamento hidráulico semelhante ao descrito para a fundação da barragem, cujo limite se encontra a profundidades que variam entre os 10 e 15 m, sensivelmente à cota (700)

Salienta-se que a ocorrência deste contraste de permeabilidade a cotas semelhantes à da fundação da barragem e com comportamento hidráulico semelhante, é da maior importância para a compreensão destes fenômenos, dado que, ao contrário da barragem, o maciço do sangradouro não foi objeto de qualquer tratamento da fundação. Presume-se portanto que as baixas absorções observadas na Zona B correspondem em ambos os casos à permeabilidade intrínseca do maciço.

Por outro lado, a permeabilidade da Zona A, mais superficial, que também não foi tratada na zona do sangradouro não é muito diferente da que se regista na fundação da barragem, esta última objeto de diversos tratamentos.

3 - ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DO COMPORTAMENTO HIDRÁULICO E ESTRUTURAL DA BARRAGEM

3.1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A detecção de zonas úmidas e ressurgências no paramento de jusante da barragem do vale principal, já referida, fazem questionar, entre outros aspectos, a possibilidade de formação de superfícies de escorregamento que interessem os materiais do maciço de jusante da barragem e, eventualmente, do núcleo

As cotas, já bastante altas, a que foram reconhecidas as zonas úmidas e as ressurgências no paramento de jusante indiciam um funcionamento deficiente do sistema de drenagem da barragem, materializado por um filtro chaminé a jusante do núcleo e por um tapete drenante nas cotas inferiores do maciço de jusante

Com o objetivo de aferir os níveis freáticos estabelecidos no corpo do aterro, em particular na zona envolvente das ressurgências, foram implementados, no âmbito duma 1ª fase, piezómetros hidráulicos com trechos de captação no aterro e na fundação

Com base na análise da informação disponível faz-se, no presente capítulo, uma primeira análise de sensibilidade do comportamento hidráulico e estrutural da barragem, através da realização de estudos de percolação em que se procurou definir, fazendo variar as características de permeabilidade dos diferentes materiais interessados, uma linha superior de saturação compatível com as leituras dos níveis hidráulicos nos piezómetros instalados. Definidas as linhas superiores de saturação, para os diferentes perfis transversais instrumentados, desenvolveram-se estudos de estabilidade global

3.2 - PERFIL TIPO

A barragem do Jaburu é uma barragem de aterro zonado com uma altura máxima de cerca de 56 m e um desenvolvimento total de 670 m, 370 m dos quais correspondentes ao vale principal da obra. O coroamento da barragem, com 7,0 m de largura, localiza-se à cota (725,00)

Na zona do vale principal, entre as estacas 17 e 27, o perfil tipo da barragem dispõe de um filtro chaminé com 1,5 m de largura, inclinado para montante a 1:0,25 (V/H). Este filtro liga na base a um tapete misto – areia/brita/areia – que se prolonga subhorizontalmente para jusante nas cotas inferiores do maciço estabilizador e promovendo a separação entre o aterro argiloso

a cotas inferiores e o aterro de laterita a cotas superiores. A drenagem promovida pelo tapete misto dever-se-á fazer, conforme preconizado nos perfis de projeto, entre as estacas 17 e 20 e entre as estacas 23 e 27, no sentido transversal ao rio, em direção à zona central do vale e, entre as estacas 20 e 23, no sentido longitudinal, em direção ao pé de jusante em enrocamento.

O maciço de jusante que se desenvolve acima do tapete misto é essencialmente constituído por laterita, dispondo, como se referiu, entre as estacas 20 e 23, de um pé em enrocamento. O talude exterior do maciço de jusante tem, de acordo com os perfis de Projeto, uma inclinação de 1:2 (V:H) e dispõe de três banquetas: i) uma à cota (715,00) de 6,75 m de largura, ii) uma à cota (704,00) de 4 m de largura e iii) uma à cota (685,00) de 4 m de largura que corresponde ao coroamento do pé de jusante em enrocamento.

O talude exterior do maciço de montante é inclinado a 1:1,5 (V:H) acima da cota (718,50) e a 1:2 (V:H) abaixo desta cota, dispondo, na zona central do vale, de uma berma de 25 m de largura, à cota (704,00). Abaixo desta berma o talude exterior desenvolve-se com inclinação de 1:1,5 (V:H). O zonamento do talude de montante integra, para além da camada de rip-rap que se desenvolve acima da cota (704,00) e tem uma largura, na horizontal, de 1,6 m, uma camada de laterita com uma largura de 4,0 m que faz a transição para o aterro argiloso.

Abaixo da cota (704,00), no pé de montante da barragem, o zonamento do aterro integra um maciço de laterita protegido a montante por uma camada de argila e separado (na sua zona central e de jusante) da fundação por uma camada de enrocamento.

3.3 - OBSERVAÇÃO

Numa primeira fase de instrumentação da obra, com vista a obterem-se dados fundamentais ao diagnóstico dos problemas relacionados com as zonas húmidas e ressurgências detectadas no corpo da barragem, foram instalados, em 3 alinhamentos, coincidentes com as estacas 21, 23 e 25, piezómetros no corpo da barragem e fundação.

Pretendeu-se essencialmente, com a instalação destes piezómetros, identificar e caracterizar a linha superior da saturação do aterro na área interessada pelas ressurgências e reconhecer os caminhos de percolação preferencial mais importantes para o problema em estudo, validando ou despistando cenários de percolação pela ombreira esquerda e/ou pelo aterro e fundação no vale principal.

Em cada furo foram instalados até 3 piezômetros de modo a tentar zonar níveis de maior circulação de água, indicando-se nos Quadros 3.1 a 3.3 as suas características e localização

Quadro 3.1 - Piezômetros instalados no perfil P21

Perfil P21						
	Afastamento ao eixo (m)	Cota da boca do furo	Cota da base do trecho de captação	Comprimento da ponteira (m)	Comprimento do trecho de captação (m)	Localização
P21 1 1	23 5	715 100	690	1,0	1,5	aterro de latenta aterro de argila fundação
P21 1 2			682	1,0	1,5	
P21 1 3			675	1,5	3,0	
P21 2 1	52 5	704 775	693	1,0	1,5	aterro de latenta aterro de latenta fundação
P21 2 2			684	1,0	1,5	
P21 2 3			674	1,5	3,0	
P21 3 1	74 5	697 892	686,5	1,0	1,5	aterro de latenta aterro de latenta fundação
P21 3 2			681	1,0	1,5	
P21 3 3			674	1,5	3,0	

Quadro 3.2 - Piezômetros instalados no perfil P23

Perfil P23						
	Afastamento ao eixo (m)	Cota da boca do furo	Cota da base do trecho de captação	Comprimento da ponteira (m)	Comprimento do trecho de captação (m)	Localização
P23 1 1	23 5	714 857	694	1,0	1,5	aterro de latenta aterro de argila fundação
P23 1 2			687	1,0	1,5	
P23 1 3			676,5	1,5	3,0	
P23 2 1	52 5	704 375	692	1,0	1,5	aterro de latenta aterro de latenta fundação
P23 2 2			685	1,0	1,5	
P23 2 3			676 5	1,5	3,0	
P23 3 1	76 0	698 2	689,5	1,0	1,5	aterro de latenta aterro de latenta fundação
P23 3 2			685	1,0	1,5	
P23 3 3			678	1,5	3,0	
SM5 1	3 25	725 0	695	1,0	1,5	aterro de argila fundação
SM5 2			675	1,0	1,5	

Quadro 3.3 - Piezômetros instalados no perfil P25

Perfil P25						
	Afastamento ao eixo (m)	Cota da boca do furo	Cota da base do trecho de captação	Comprimento da ponteira (m)	Comprimento do trecho de captação (m)	Localização
P25 1 1	10 0	722 25	705	1,0	1,5	aterro de latenta aterro de argila fundação
P25 1 2			696,5	1,0	1,5	
P25 1 3			689	1,5	3,0	
P25 2 1	23 5	715 73	707	1,0	1,5	aterro de latenta aterro de argila fundação
P25 2 2			701	1,0	1,5	
P25 2 3			694	1,5	3,0	
P25 3 1	85 0	701 2	692	1,5	3,0	fundação fundação fundação
P25 3 2			685	1,5	3,0	
P25 3 3			677	1,5	3,0	

Recomendou-se que as ponteiros dos piezómetros tivessem comprimentos mínimos de 1,0 m para os piezómetros no aterro e de 1,5 m para os piezómetros na fundação e que os comprimentos dos trechos em areia (zonas de captação), envolventes das ponteiros, tivessem 1,5 m para os piezómetros no aterro e 3,0 m para os piezómetros na fundação

Embora se tivesse recomendado que a limpeza dos furos fosse feita a ar comprimido, esta acabou por ser feita, por dificuldades de execução, com água. Este facto vem dificultar a interpretação, à data – em que decorreu pouco tempo desde a sua instalação, levada a cabo entre 13 e 31 de Maio –, das leituras dos piezómetros. Efetivamente, sobrevêm, nalguns casos, dúvidas relativamente à existência de níveis elevados ou apenas de água utilizada na furação que ainda não se dissipou

Nos Quadros 3 4 a 3 6 indicam-se as leituras dos piezómetros, desde a sua instalação até 09/06/99, e as respectivas cotas piezométricas, respectivamente, para os piezómetros instalados no perfil P21, no perfil P23 e no perfil P25

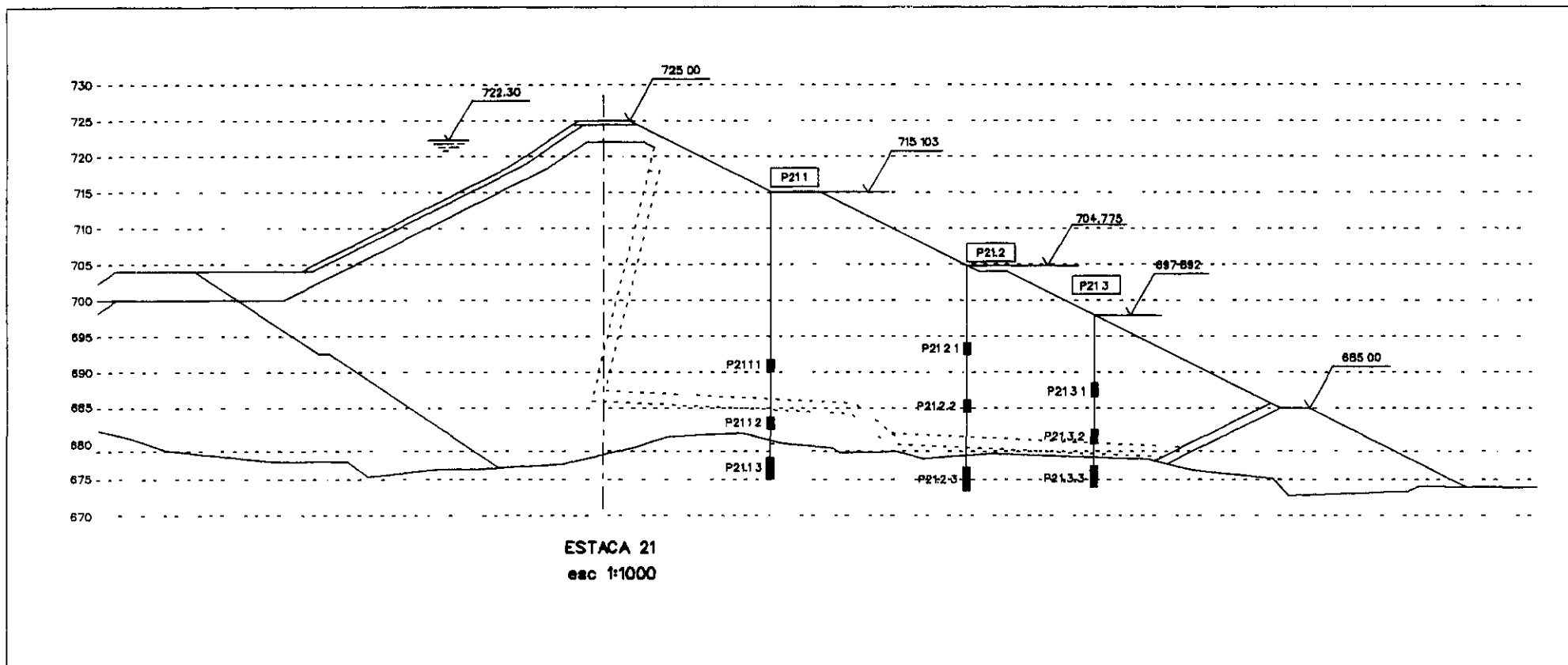
Nas Figs 3 1 a 3 3 representa-se a localização dos piezómetros instalados e a evolução dos níveis piezométricos disponíveis à data, respectivamente, no perfil P21, no perfil P23 e no perfil P25

Faz-se, subsequentemente, um resumo das observações disponíveis à data e que basearam os estudos de modelação que se apresentam nos itens 3 4 e 3 5

Perfil 21

Piezómetros P21 1 1, P21 1 2 e P21 1 3

O piezómetro P21 1 1, localizado no aterro de latente, acima do tapete drenante, tem níveis piezométricos bem inferiores aos registados nos dois piezómetros instalados a cotas inferiores, P21 1 2 no aterro de argila subjacente ao tapete drenante e P21 1 3 na fundação. Assim, o piezómetro P21 1 1 exhibe cotas piezométricas da ordem de (690 60) e os piezómetros P21 1 2 e P21 1 3 da ordem de (697 2) e (697 5) respectivamente, mostrando estes dois, no tempo, uma tendência para a subida, embora lenta, dos níveis piezométricos



LOCAÇÃO DOS PIEZÔMETROS HIDRÁULICOS NA ESTACA 21

000018

Fig 3 1

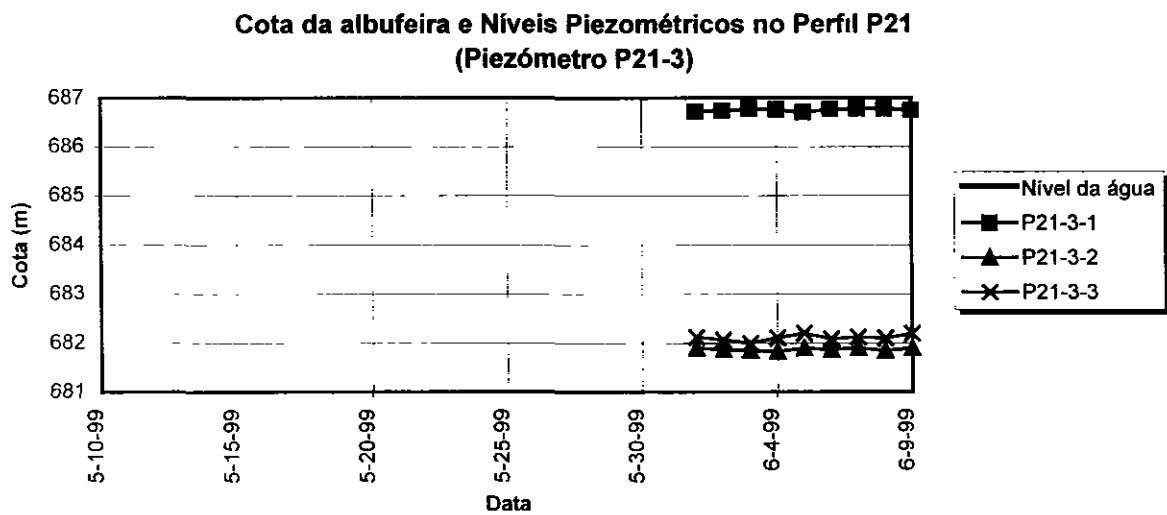
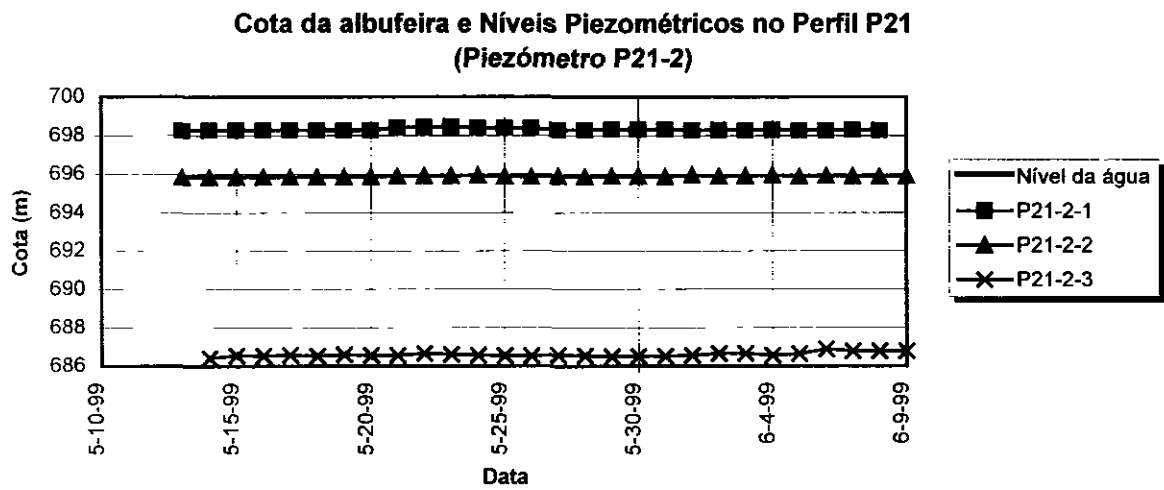
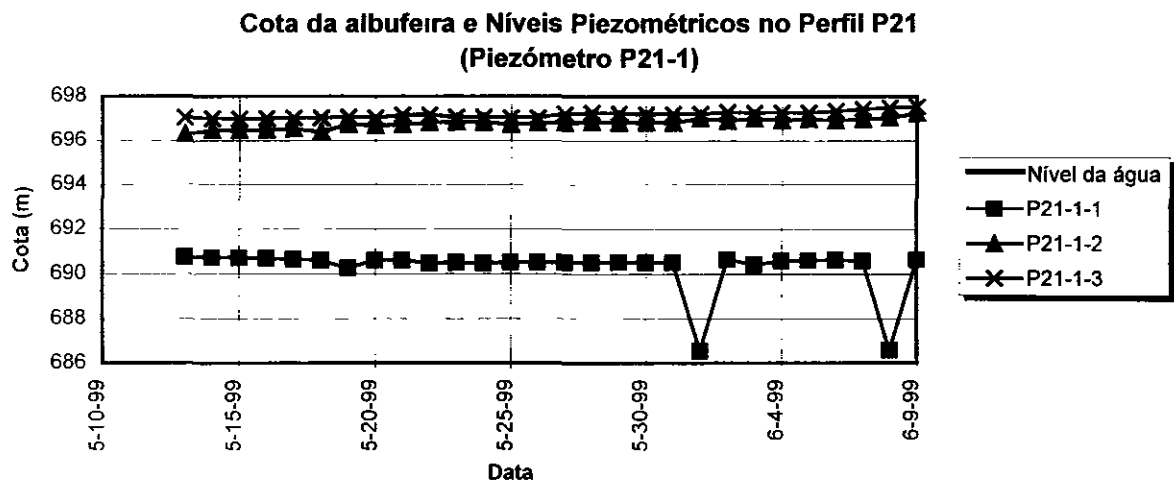
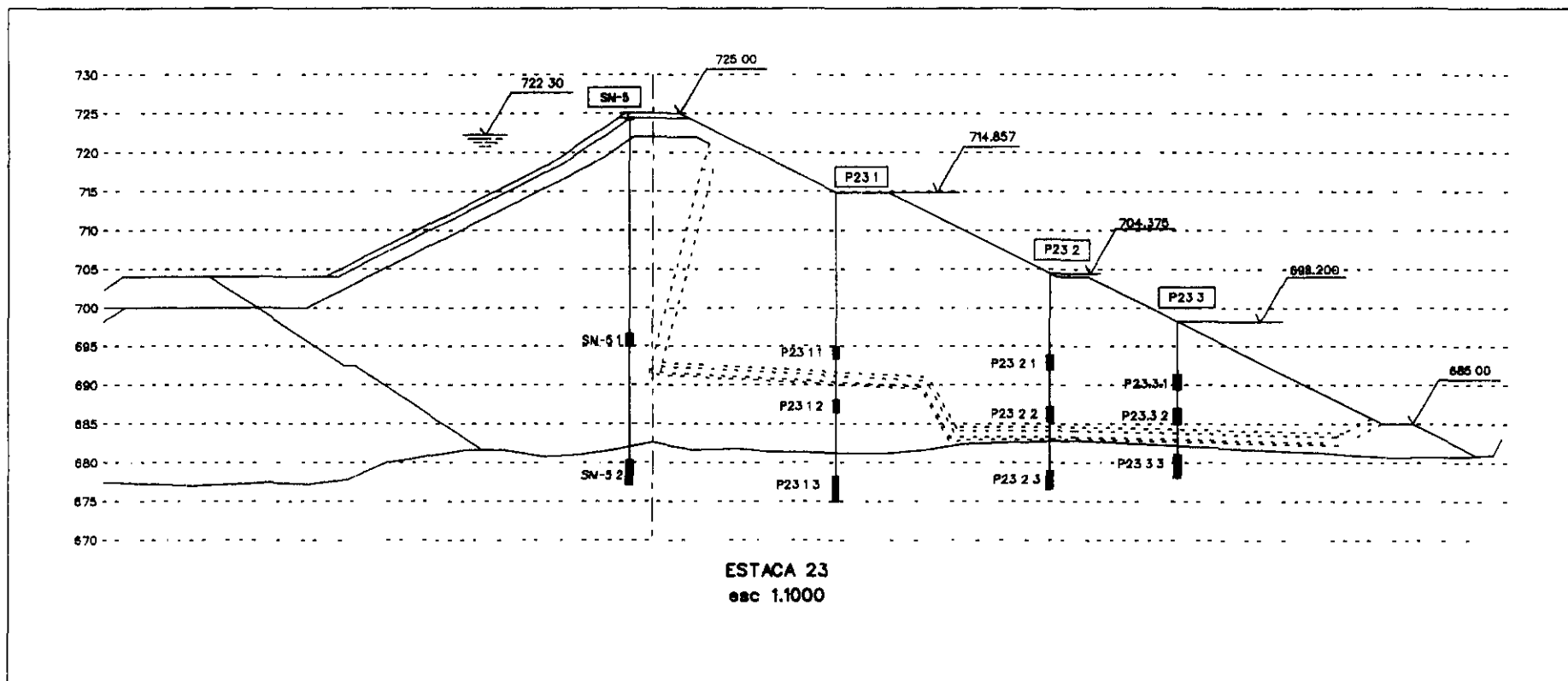


Fig 3 1 (cont)



LOCAÇÃO DOS PIEZÔMETROS HIDRÁULICOS NA ESTACA 23

000020

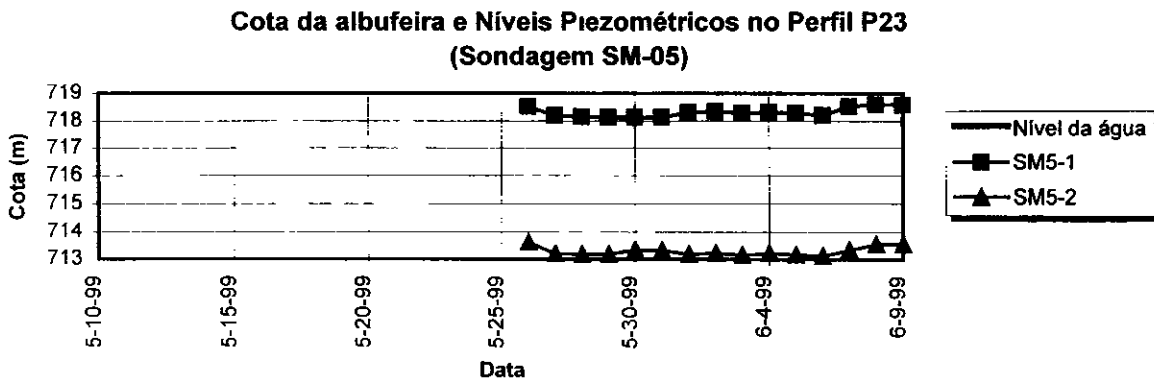
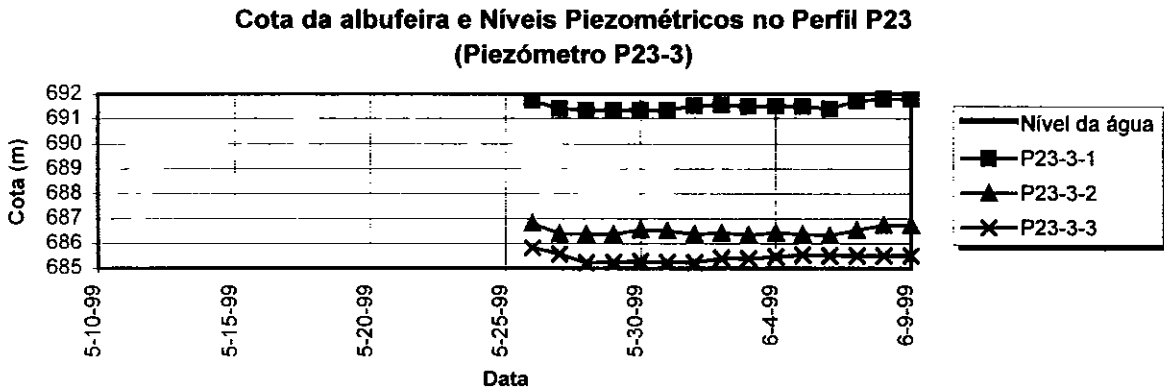
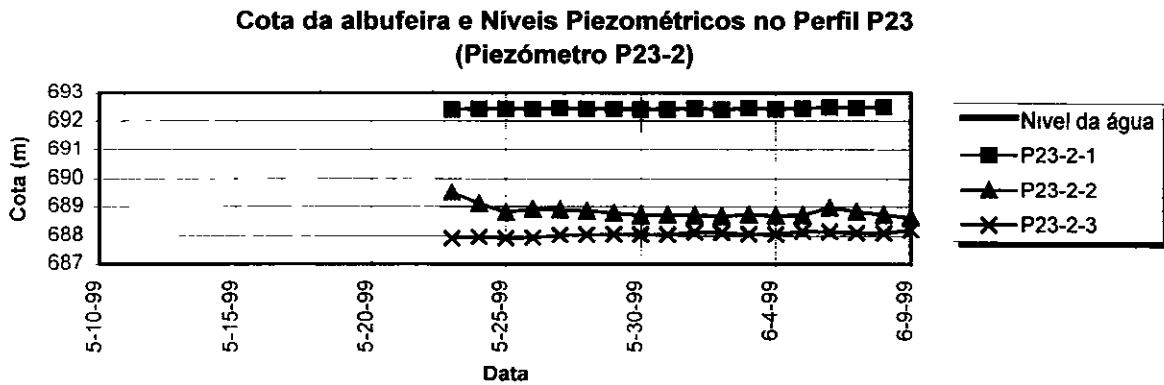
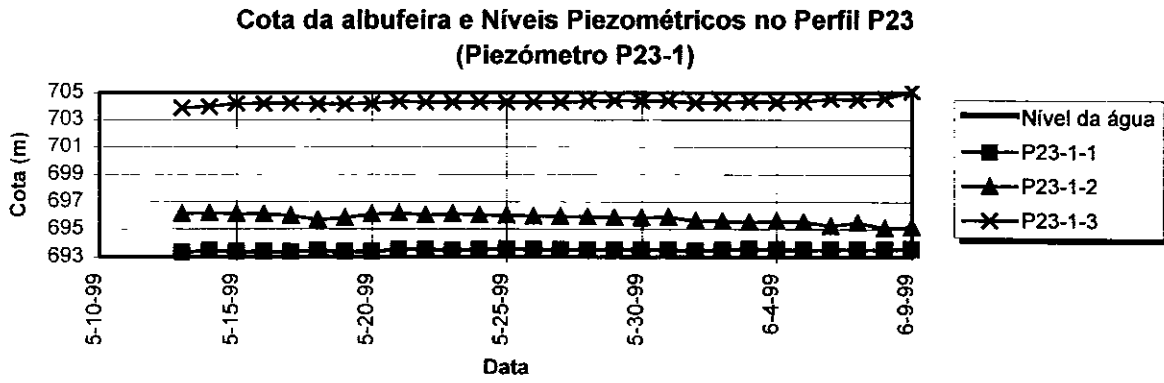
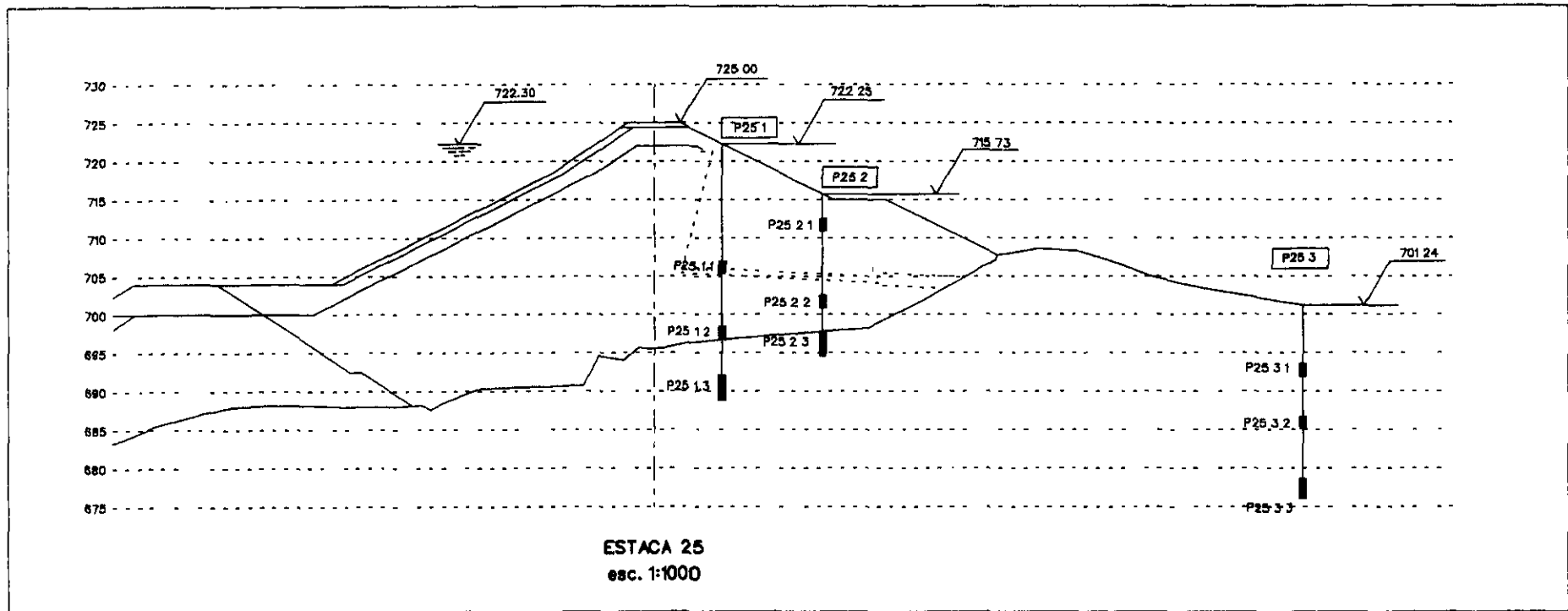


Fig 3 2 (cont)

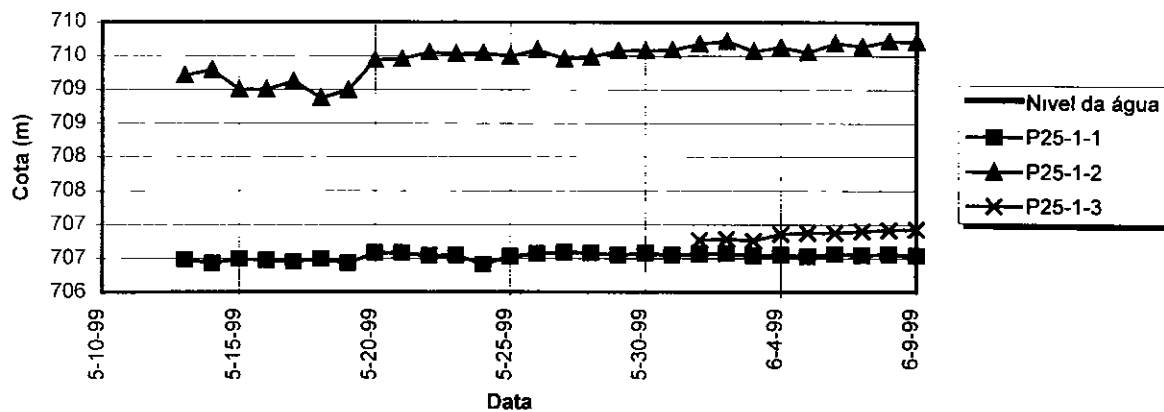


LOCAÇÃO DOS PIEZÔMETROS HIDRÁULICOS NA ESTACA 25

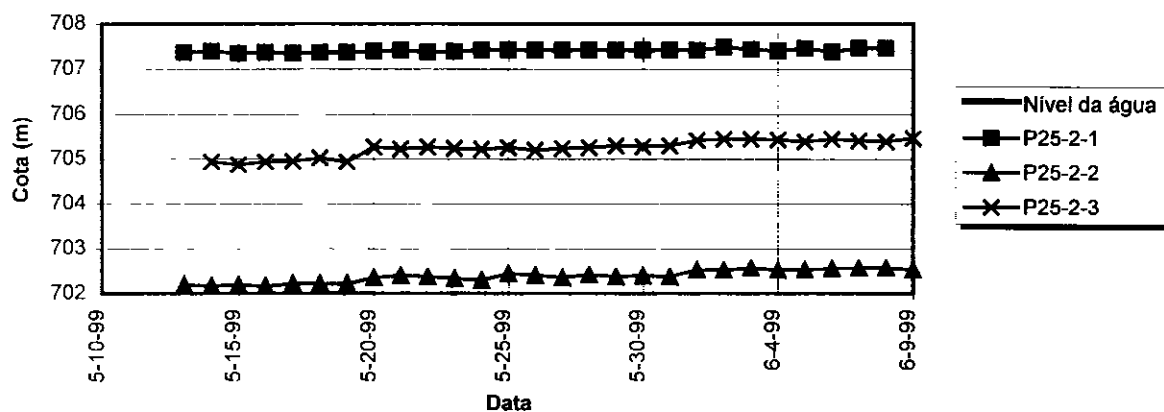
000022

Fig 33

**Cota da albufera e Níveis Piezométricos no Perfil P25
(Piezômetro P25-1)**



**Cota da albufera e Níveis Piezométricos no Perfil P25
(Piezômetro P25-2)**



**Cota da albufera e Níveis Piezométricos no Perfil P25
(Piezômetro P25-3- terreno natural)**

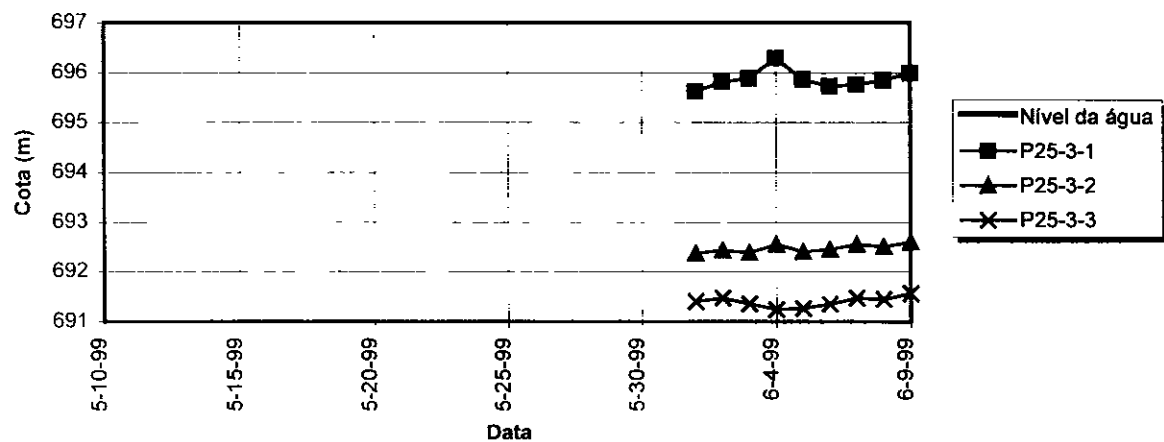


Fig 3 3 (cont)

Quadro 3 4 - Leituras e cotas piezométricas dos piezômetros instalados no perfil 21

Data	NAA	P21-1							P21-2						P21-3								
		Cota boca	1	2	3	1	2	3	Cota boca	1	2	3	1	2	3	Cota boca	1	2	3	1	2	3	
			Leitura	Leitura	Leitura	Cota água	Cota água	Cota água		Leitura	Leitura	Leitura	Cota água	Cota água	Cota água		Leitura	Leitura	Leitura	Cota água	Cota água	Cota água	
05-13-99	722 30	715 1	24 35	18 81	18 08	690 75	696 29	697 02	704 78	6 50	8 95	-	698 28	695 83	-	697 9	-	-	-	-	-	-	-
05-14-99	722 00	715 1	24 37	18 63	18 11	690 73	696 47	696 99	704 78	6 50	8 95	18 35	698 28	695 83	686 43	697 9	-	-	-	-	-	-	-
05-15-99	722 00	715 1	24 38	18 65	18 13	690 72	696 45	696 97	704 78	6 50	8 95	18 22	698 28	695 83	686 56	697 9	-	-	-	-	-	-	-
05-16-99	722 00	715 1	24 41	18 62	18 10	690 69	696 48	697 00	704 78	6 50	8 95	18 24	698 28	695 83	686 54	697 9	-	-	-	-	-	-	-
05-17-99	722 00	715 1	24 46	18 57	18 09	690 64	696 53	697 01	704 78	6 48	8 95	18 20	698 30	695 83	686 58	697 9	-	-	-	-	-	-	-
05-18-99	722 00	715 1	24 50	18 71	18 08	690 60	696 39	697 02	704 78	6 50	8 95	18 25	698 28	695 83	686 53	697 9	-	-	-	-	-	-	-
05-19-99	722 00	715 1	24 86	18 37	18 04	690 24	696 73	697 06	704 78	6 50	8 95	18 19	698 28	695 83	686 59	697 9	-	-	-	-	-	-	-
05-20-99	722 00	715 1	24 48	18 43	18 07	690 62	696 67	697 03	704 78	6 50	8 93	18 21	698 28	695 85	686 57	697 9	-	-	-	-	-	-	-
05-21-99	722 00	715 1	24 50	18 39	17 95	690 60	696 71	697 15	704 78	6 35	8 90	18 22	698 43	695 88	686 56	697 9	-	-	-	-	-	-	-
05-22-99	722 00	715 1	24 62	18 30	17 95	690 48	696 80	697 15	704 78	6 34	8 88	18 11	698 44	695 90	686 67	697 9	-	-	-	-	-	-	-
05-23-99	722 00	715 1	24 60	18 28	18 04	690 50	696 82	697 06	704 78	6 30	8 88	18 16	698 48	695 90	686 62	697 9	-	-	-	-	-	-	-
05-24-99	722 00	715 1	24 62	18 29	18 04	690 48	696 81	697 06	704 78	6 38	8 87	18 21	698 40	695 91	686 57	697 9	-	-	-	-	-	-	-
05-25-99	722 00	715 1	24 58	18 37	18 07	690 52	696 73	697 03	704 78	6 39	8 93	18 23	698 39	695 85	686 55	697 9	-	-	-	-	-	-	-
05-26-99	722 00	715 1	24 60	18 32	18 07	690 50	696 78	697 03	704 78	6 41	8 93	18 25	698 37	695 85	686 53	697 9	-	-	-	-	-	-	-
05-27-99	722 00	715 1	24 60	18 32	17 90	690 50	696 78	697 20	704 78	6 49	8 90	18 20	698 29	695 88	686 58	697 9	-	-	-	-	-	-	-
05-28-99	722 00	715 1	24 58	18 27	17 84	690 52	696 83	697 26	704 78	6 47	8 92	18 23	698 31	695 86	686 55	697 9	-	-	-	-	-	-	-
05-29-99	722 00	715 1	24 57	18 30	17 88	690 53	696 80	697 22	704 78	6 45	8 90	18 28	698 33	695 88	686 50	697 9	-	-	-	-	-	-	-
05-30-99	722 00	715 1	24 58	18 29	17 92	690 52	696 81	697 18	704 78	6 45	8 90	18 26	698 33	695 88	686 52	697 9	-	-	-	-	-	-	-
05-31-99	722 00	715 1	24 58	18 30	17 90	690 52	696 80	697 20	704 78	6 45	8 93	18 25	698 33	695 85	686 53	697 9	-	-	-	-	-	-	-
06-01-99	722 00	715 1	28 57	18 10	17 91	686 53	697 00	697 19	704 78	6 50	8 85	18 21	698 28	695 93	686 57	697 9	11 18	16 00	15 78	686 72	681 90	682 12	
06-02-99	722 00	715 1	24 46	18 22	17 81	690 64	696 88	697 29	704 78	6 49	8 92	18 11	698 29	695 86	686 67	697 9	11 16	16 03	15 84	686 74	681 87	682 06	
06-03-99	722 00	715 1	24 69	18 12	17 84	690 41	696 98	697 26	704 78	6 50	8 90	18 12	698 28	695 88	686 66	697 9	11 12	16 05	15 90	686 78	681 85	682 00	
06-04-99	722 00	715 1	24 52	18 21	17 83	690 58	696 89	697 27	704 78	6 48	8 85	18 22	698 30	695 93	686 56	697 9	11 14	16 07	15 79	686 76	681 83	682 11	
06-05-99	722 00	715 1	24 50	18 14	17 85	690 60	696 96	697 25	704 78	6 50	8 91	18 14	698 28	695 87	686 64	697 9	11 20	16 00	15 70	686 70	681 90	682 20	
06-06-99	722 00	715 1	24 48	18 22	17 78	690 62	696 88	697 32	704 78	6 50	8 88	17 90	698 28	695 90	686 88	697 9	11 13	16 03	15 82	686 77	681 87	682 08	
06-07-99	722 00	715 1	24 52	18 14	17 68	690 58	696 96	697 42	704 78	6 48	8 90	18 01	698 30	695 88	686 77	697 9	11 12	16 00	15 78	686 78	681 90	682 12	
06-08-99	722 00	715 1	28 53	18 08	17 62	686 57	697 02	697 48	704 78	6 50	8 92	18 00	698 28	695 86	686 78	697 9	11 12	16 05	15 80	686 78	681 85	682 10	
06-09-99	722 00	715 1	24 46	17 89	17 56	690 64	697 21	697 54	704 78	-	8 90	18 00	-	695 88	686 78	697 9	11 15	16 00	15 71	686 75	681 90	682 19	

Erro de Leitura

000024

Quadro 3 5 - Leituras e cotas piezométricas dos piezômetros instalados no perfil 23

Data	NAA	P23-1						P23-2						P23-3								
		Cota boca	1	2	3	1	2	3	Cota boca	1	2	3	1	2	3	Cota boca	1	2	3	1	2	3
			Leitura	Leitura	Leitura	Cota água	Cota água	Cota água		Leitura	Leitura	Leitura	Cota água	Cota água	Cota água		Leitura	Leitura	Leitura	Cota água	Cota água	Cota água
05-13-99	722 30	714 86	21 53	18 76	10 99	693 33	696 10	703 87	704 4	-	-	-	-	-	-	698 2	-	-	-	-	-	-
05-14-99	722 00	714 86	21 39	18 68	10 90	693 47	696 18	703 96	704 4	-	-	-	-	-	-	698 2	-	-	-	-	-	-
05-15-99	722 00	714 86	21 49	18 74	10 68	693 37	696 12	704 18	704 4	-	-	-	-	-	-	698 2	-	-	-	-	-	-
05-16-99	722 00	714 86	21 50	18 78	10 70	693 36	696 08	704 16	704 4	-	-	-	-	-	-	698 2	-	-	-	-	-	-
05-17-99	722 00	714 86	21 51	18 88	10 68	693 35	695 98	704 18	704 4	-	-	-	-	-	-	698 2	-	-	-	-	-	-
05-18-99	722 00	714 86	21 39	19 18	10 73	693 47	695 68	704 13	704 4	-	-	-	-	-	-	698 2	-	-	-	-	-	-
05-19-99	722 00	714 86	21 48	19 04	10 71	693 38	695 82	704 15	704 4	-	-	-	-	-	-	698 2	-	-	-	-	-	-
05-20-99	722 00	714 86	21 49	18 78	10 67	693 37	696 08	704 19	704 4	-	-	-	-	-	-	698 2	-	-	-	-	-	-
05-21-99	722 00	714 86	21 32	18 71	10 52	693 54	696 15	704 34	704 4	-	-	-	-	-	-	698 2	-	-	-	-	-	-
05-22-99	722 00	714 86	21 35	18 84	10 57	693 51	696 02	704 29	704 4	-	-	-	-	-	-	698 2	-	-	-	-	-	-
05-23-99	722 00	714 86	21 41	18 76	10 59	693 45	696 10	704 27	704 4	12 03	14 90	16 49	692 37	689 50	687 91	698 2	-	-	-	-	-	-
05-24-99	722 00	714 86	21 32	18 85	10 56	693 54	696 01	704 30	704 4	12 00	15 30	16 45	692 40	689 10	687 95	698 2	-	-	-	-	-	-
05-25-99	722 00	714 86	21 31	18 84	10 58	693 55	696 02	704 28	704 4	12 00	15 60	16 50	692 40	688 80	687 90	698 2	-	-	-	-	-	-
05-26-99	722 00	714 86	21 32	18 92	10 56	693 54	695 94	704 30	704 4	12 00	15 49	16 47	692 40	688 91	687 93	698 2	6 48	11 39	12 38	691 72	686 81	685 82
05-27-99	722 00	714 86	21 34	18 93	10 58	693 52	695 93	704 28	704 4	11 97	15 51	16 38	692 43	688 89	688 02	698 2	6 80	11 80	12 63	691 40	686 40	685 57
05-28-99	722 00	714 86	21 36	18 96	10 48	693 50	695 90	704 38	704 4	12 00	15 55	16 36	692 40	688 85	688 04	698 2	6 85	11 82	12 98	691 35	686 38	685 22
05-29-99	722 00	714 86	21 36	19 00	10 45	693 50	695 86	704 41	704 4	12 00	15 62	16 35	692 40	688 78	688 05	698 2	6 87	11 82	12 95	691 33	686 38	685 25
05-30-99	722 00	714 86	21 38	19 02	10 47	693 48	695 84	704 39	704 4	12 02	15 70	16 36	692 38	688 70	688 04	698 2	6 87	11 65	12 93	691 33	686 55	685 27
05-31-99	722 00	714 86	21 36	18 98	10 46	693 50	695 88	704 40	704 4	12 01	15 68	16 36	692 39	688 72	688 04	698 2	6 87	11 68	12 95	691 33	686 52	685 25
06-01-99	722 00	714 86	21 42	19 26	10 63	693 44	695 60	704 23	704 4	11 98	15 70	16 27	692 42	688 70	688 13	698 2	6 68	11 82	12 97	691 52	686 38	685 23
06-02-99	722 00	714 86	21 36	19 29	10 60	693 50	695 57	704 26	704 4	12 03	15 72	16 29	692 37	688 68	688 11	698 2	6 65	11 77	12 80	691 55	686 43	685 40
06-03-99	722 00	714 86	21 30	19 36	10 51	693 56	695 50	704 35	704 4	11 97	15 68	16 34	692 43	688 72	688 06	698 2	6 72	11 85	12 81	691 48	686 35	685 39
06-04-99	722 00	714 86	21 32	19 29	10 58	693 54	695 57	704 28	704 4	12 00	15 71	16 35	692 40	688 69	688 05	698 2	6 69	11 78	12 74	691 51	686 42	685 46
06-05-99	722 00	714 86	21 37	19 34	10 54	693 49	695 52	704 32	704 4	11 98	15 69	16 24	692 42	688 71	688 16	698 2	6 71	11 83	12 67	691 49	686 37	685 53
06-06-99	722 00	714 86	21 36	19 64	10 32	693 50	695 22	704 54	704 4	11 94	15 43	16 26	692 46	688 97	688 14	698 2	6 80	11 88	12 70	691 40	686 32	685 50
06-07-99	722 00	714 86	21 32	19 39	10 38	693 54	695 47	704 48	704 4	11 96	15 57	16 29	692 44	688 83	688 11	698 2	6 48	11 66	12 70	691 72	686 54	685 50
06-08-99	722 00	714 86	21 36	19 80	10 30	693 50	695 06	704 56	704 4	11 91	15 68	16 31	692 49	688 72	688 09	698 2	6 41	11 45	12 70	691 79	686 75	685 50
06-09-99	722 00	714 86	21 28	19 72	9 75	693 58	695 14	705 11	704 4	11 91	15 78	16 18	-	688 62	688 22	698 2	6 42	11 46	12 70	691 78	686 74	685 50

000025

Quadro 3 5 (cont)

Data	NAA	SM-05				
		Cota boca	1	2	1	2
			Leitura	Leitura	Cota água	Cota água
05-13-99	722 30	725 -	-	-	-	-
05-14-99	722 00	725 -	-	-	-	-
05-15-99	722 00	725 -	-	-	-	-
05-16-99	722 00	725 -	-	-	-	-
05-17-99	722 00	725 -	-	-	-	-
05-18-99	722 00	725 -	-	-	-	-
05-19-99	722 00	725 -	-	-	-	-
05-20-99	722 00	725 -	-	-	-	-
05-21-99	722 00	725 -	-	-	-	-
05-22-99	722 00	725 -	-	-	-	-
05-23-99	722 00	725 -	-	-	-	-
05-24-99	722 00	725 -	-	-	-	-
05-25-99	722 00	725 -	-	-	-	-
05-26-99	722 00	725	6 48	11 39	718 52	713 61
05-27-99	722 00	725	6 80	11 80	718 20	713 20
05-28-99	722 00	725	6 85	11 82	718 15	713 18
05-29-99	722 00	725	6 87	11 82	718 13	713 18
05-30-99	722 00	725	6 87	11 65	718 13	713 35
05-31-99	722 00	725	6 87	11 68	718 13	713 32
06-01-99	722 00	725	6 68	11 82	718 32	713 18
06-02-99	722 00	725	6 65	11 77	718 35	713 23
06-03-99	722 00	725	6 72	11 85	718 28	713 15
06-04-99	722 00	725	6 69	11 78	718 31	713 22
06-05-99	722 00	725	6 71	11 83	718 29	713 17
06-06-99	722 00	725	6 80	11 88	718 20	713 12
06-07-99	722 00	725	6 48	11 66	718 52	713 34
06-08-99	722 00	725	6 41	11 45	718 59	713 55
06-09-99	722 00	725	6 42	11 46	718 58	713 54

Quadro 3 6 - Leituras e cotas piezométricas dos piezômetros instalados no perfil 25

Data	NAA	P25-1							P25-2							P25-3							
		Cota boca	1	2	3	1	2	3	Cota boca	1	2	3	1	2	3	Cota boca	1	2	3	1	2	3	
			Leitura	Leitura	Leitura	Cota água	Cota água	Cota água		Leitura	Leitura	Leitura	Cota água	Cota água	Cota água		Leitura	Leitura	Leitura	Cota água	Cota água	Cota água	
13-05-1999	722 30	722 25	15 77	13 04	-	706 48	709 21	-	715 73	8 37	13 54	10 70	707 36	702 19	-	701 24	-	-	-	-	-	-	-
14-05-1999	722 00	722 25	15 82	12 96	-	706 43	709 29	-	715 73	8 34	13 56	10 80	707 39	702 17	704 93	701 24	-	-	-	-	-	-	-
15-05-1999	722 00	722 25	15 76	13 25	-	706 49	709 00	-	715 73	8 39	13 54	10 86	707 34	702 19	704 87	701 24	-	-	-	-	-	-	-
16-05-1999	722 00	722 25	15 78	13 25	-	706 47	709 00	-	715 73	8 37	13 57	10 80	707 36	702 16	704 93	701 24	-	-	-	-	-	-	-
17-05-1999	722 00	722 25	15 80	13 13	-	706 45	709 12	-	715 73	8 39	13 51	10 78	707 34	702 22	704 95	701 24	-	-	-	-	-	-	-
18-05-1999	722 00	722 25	15 76	13 38	-	706 49	708 87	-	715 73	8 37	13 51	10 71	707 36	702 22	705 02	701 24	-	-	-	-	-	-	-
19-05-1999	722 00	722 25	15 82	13 26	-	706 43	708 99	-	715 73	8 37	13 52	10 80	707 36	702 21	704 93	701 24	-	-	-	-	-	-	-
20-05-1999	722 00	722 25	15 67	12 81	-	706 58	709 44	-	715 73	8 34	13 38	10 47	707 39	702 35	705 26	701 24	-	-	-	-	-	-	-
21-05-1999	722 00	722 25	15 67	12 80	-	706 58	709 45	-	715 73	8 32	13 34	10 51	707 41	702 39	705 22	701 24	-	-	-	-	-	-	-
22-05-1999	722 00	722 25	15 71	12 70	-	706 54	709 55	-	715 73	8 36	13 36	10 47	707 37	702 37	705 26	701 24	-	-	-	-	-	-	-
23-05-1999	722 00	722 25	15 70	12 72	-	706 55	709 53	-	715 73	8 35	13 40	10 50	707 38	702 33	705 23	701 24	-	-	-	-	-	-	-
24-05-1999	722 00	722 25	15 84	12 71	-	706 41	709 54	-	715 73	8 31	13 44	10 52	707 42	702 29	705 21	701 24	-	-	-	-	-	-	-
25-05-1999	722 00	722 25	15 72	12 76	-	706 53	709 49	-	715 73	8 31	13 30	10 48	707 42	702 43	705 25	701 24	-	-	-	-	-	-	-
26-05-1999	722 00	722 25	15 68	12 66	-	706 57	709 59	-	715 73	8 32	13 33	10 54	707 41	702 40	705 19	701 24	-	-	-	-	-	-	-
27-05-1999	722 00	722 25	15 66	12 80	-	706 59	709 45	-	715 73	8 32	13 38	10 50	707 41	702 35	705 23	701 24	-	-	-	-	-	-	-
28-05-1999	722 00	722 25	15 67	12 77	-	706 58	709 48	-	715 73	8 31	13 32	10 48	707 42	702 41	705 25	701 24	-	-	-	-	-	-	-
29-05-1999	722 00	722 25	15 70	12 67	-	706 55	709 58	-	715 73	8 32	13 36	10 44	707 41	702 37	705 29	701 24	-	-	-	-	-	-	-
30-05-1999	722 00	722 25	15 67	12 67	-	706 58	709 58	-	715 73	8 32	13 34	10 46	707 41	702 39	705 27	701 24	-	-	-	-	-	-	-
31-05-1999	722 00	722 25	15 70	12 66	-	706 55	709 59	-	715 73	8 31	13 36	10 44	707 42	702 37	705 29	701 24	-	-	-	-	-	-	-
01-06-1999	722 00	722 25	15 69	12 57	15 48	706 56	709 68	706 77	715 73	8 32	13 21	10 32	707 41	702 52	705 41	701 24	5 62	8 87	9 84	695 62	692 37	691 40	
02-06-1999	722 00	722 25	15 68	12 53	15 46	706 57	709 72	706 79	715 73	8 25	13 22	10 29	707 48	702 51	705 44	701 24	5 42	8 81	9 77	695 82	692 43	691 47	
03-06-1999	722 00	722 25	15 71	12 68	15 49	706 54	709 57	706 76	715 73	8 30	13 17	10 29	707 43	702 56	705 44	701 24	5 35	8 86	9 88	695 89	692 38	691 36	
04-06-1999	722 00	722 25	15 70	12 62	15 39	706 55	709 63	706 86	715 73	8 33	13 22	10 31	707 40	702 51	705 42	701 24	4 95	8 69	10 00	696 29	692 55	691 24	
05-06-1999	722 00	722 25	15 72	12 70	15 37	706 53	709 55	706 88	715 73	8 28	13 21	10 35	707 45	702 52	705 38	701 24	5 38	8 84	9 97	695 86	692 40	691 27	
06-06-1999	722 00	722 25	15 69	12 56	15 37	706 56	709 69	706 88	715 73	8 35	13 18	10 29	707 38	702 55	705 44	701 24	5 51	8 79	9 89	695 73	692 45	691 35	
07-06-1999	722 00	722 25	15 70	12 61	15 35	706 55	709 64	706 90	715 73	8 27	13 17	10 33	707 46	702 56	705 40	701 24	5 48	8 69	9 77	695 76	692 55	691 47	
08-06-1999	722 00	722 25	15 69	12 53	15 33	706 56	709 72	706 92	715 73	8 27	13 16	10 34	707 46	702 57	705 39	701 24	5 39	8 73	9 79	695 85	692 51	691 45	
09-06-1999	722 00	722 25	15 71	12 54	15 32	706 54	709 71	706 93	715 73	8 30	13 21	10 27		702 52	705 46	701 24	5 25	8 64	9 68	695 99	692 60	691 56	

000027

Piezômetros P21 2 1, P21 2 2 e P21 2 3

Os piezômetros P21 2 1 e P21 2 1 localizados no aterro de laterita, acima do tapete drenante, exibem níveis piezométricos bastante elevados, respectivamente, (698 3) e (695 9), enquanto o piezômetro na fundação, P21 2 3, exibe valores bastante inferiores, da ordem de (686 8)

Os níveis piezométricos verificados nos piezômetros localizados no aterro de laterita são, como se referiu, bastante elevados e não estão em conformidade com os valores lidos no piezômetro P21 1 1 localizado a montante e já objeto de referência, nem com os valores lidos nos piezômetros P21 3 1 e P21 3 2 localizados a jusante (como se verá em seguida) Estes níveis poderão, pois, ser o resultado da utilização de água durante a furação que precedeu a instalação dos piezômetros ou da ocorrência de grandes heterogeneidades hidráulicas no aterro da laterita do maciço de jusante e/ou de caminhos de percolação que não se estabeleçam na direção montante-jusante

Piezômetros P21 3 1, P21 3 2 e P21 3 3

Os piezômetros P21 3 1 e P21 3 2 localizam-se no aterro de laterita, acima do tapete drenante, e exibem níveis piezométricos distintos, (686 8) e (681 9), respectivamente Estes níveis distintos poderão resultar, como se referiu para os piezômetros P21 2 1 e P21 2 2, ou de água de realização da furação ou da existência no aterro de camadas de laterita com comportamentos hidráulicos heterogêneos

O piezômetro P21 3 3, instalado na fundação, exibe níveis piezométricos muito próximos do P21 3 2, designadamente, (682 2)

Perfil 23

Piezômetros P23 1 1, P23 1 2 e P23 1 3

Os piezômetros P23 1 1, no aterro de laterita, acima do tapete drenante, e P23 1 2, no aterro de argila, abaixo do tapete drenante, têm níveis piezométricos relativamente próximos, respectivamente, (693 6) e (695 2), este último exibindo uma tendência, no tempo, para uma ligeira redução dos níveis medidos

O piezômetro P23 1 3, localizado na fundação, exibe níveis muito altos, (705 1), o que poderá indicar a existência, na fundação, de um caminho preferencial de percolação montante-jusante

000028

com uma reduzida perda de carga ou corresponder a um nível transitório resultante das operações de instalação do piezómetro

Piezómetros P23 2 1, P23 2 2 e P23 2 3

O piezómetro P23 2 1, instalado no aterro de laterita, exhibe um nível piezométrico de (692 4) Os piezómetros P23 2 2 e P23 2 3, localizados respectivamente no aterro de laterita, acima do tapete drenante e na fundação, exibem níveis muito próximos, respectivamente, (688 6) e (688 2)

Piezómetros P23 3 1, P23 3 2 e P23 3 3

Os piezómetros P23 3 1 e P23 3 2 localizam-se no aterro de laterita, acima do tapete drenante, e têm níveis piezométricos, respectivamente, de (691 8) e (686 7) O piezómetro instalado na fundação - P23 3 3 - exhibe níveis piezométricos da ordem de (685 5)

Piezómetros instalados na sondagem SM-5

O piezómetro SM5-1, localizado a montante do filtro sub-vertical, no aterro argiloso, exibiu níveis de água de (718 6) O piezómetro SM5-2, localizado na mesma sondagem mas na fundação, exibiu níveis hidrostáticos um pouco mais reduzidos, cerca da cota (713 5)

Perfil 25

Piezómetros P25 1 1, P25 1 2 e P25 1 3

O piezómetro P25 1 1, instalado no aterro de laterita acima do tapete drenante, e o piezómetro P25 1 3, instalado na fundação, exibem níveis de água muito próximos, respectivamente, (706 5) e (706 9) O piezómetro P25 1 2, instalado no aterro de argila, subjacente ao tapete drenante, exhibe níveis de água superiores, designadamente, (709 7)

Piezómetros P25 2 1, P25 2 2 e P25 2 3

O piezómetro P25 2 1, instalado no aterro de laterita, acima do tapete drenante, exhibe níveis de água da ordem de (707 5) O piezómetro instalado no aterro de laterita, subjacente ao tapete filtrante, exhibe níveis de água da ordem de (702 5) e o piezómetro P25 2 3, instalado na fundação, da ordem de (705 5)

000029

Piezómetros P25 3 1, P25 3 2 e P25 3 3

Estes piezómetros instalados na fundação a jusante do aterro da barragem, exibem os seguintes níveis piezométricos (695 9), (692 6) e (691 6)

3.4 - ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO

Tendo por base as leituras disponíveis nos piezómetros instalados nos perfis 21, 23 e 25, procedeu-se a uma análise de sensibilidade fazendo variar os parâmetros de permeabilidade dos vários materiais interessados e procurando compatibilizar as pressões hidrostáticas calculadas com as deduzidas da leitura dos piezómetros

Os estudos de percolação foram realizados através do programa de cálculo automático SEEPW, que utiliza o método dos elementos finitos. Este método é perfeitamente adaptado à resolução de situações com contrastes de permeabilidade e em meios anisotrópicos

Nos cálculos efetuados utilizou-se a técnica da malha variável, constituindo a condição de fronteira correspondente à linha de saturação superior uma variável ajustada iterativamente

O programa permite utilizar elementos triangulares de 3 e 6 nós e quadriláteros de 4 a 8 nós, podendo a malha ser gerada automaticamente ou elemento a elemento

No que respeita aos coeficientes de permeabilidade dos materiais do aterro interessados nos estudos de percolação – latente, argila, areia e enrocamento - não existem quaisquer informações disponíveis, de Projeto ou de obra, pelo que os valores utilizados nos cálculos variaram dentro de um intervalo expectável, tendo em conta as características dos respectivos materiais, e por forma a obterem-se níveis de água compatíveis com as leituras dos piezómetros. Relativamente à areia dos filtros considerou-se ainda nos cálculos a possibilidade desta estar parcial ou totalmente contaminada

No que respeita aos coeficientes de permeabilidade dos terrenos de fundação interessados, que, naturalmente, apenas podem traduzir em termos médios o seu comportamento, já que uma parcela importante da percolação se fará pelas discontinuidades, os valores adotados nos cálculos tiveram em conta toda a informação geológico-geotécnica disponível, em particular, os resultados dos ensaios de perda de água do tipo Lugeon realizados recentemente, na campanha de prospecção complementar efetuada no âmbito do presente estudo

000030

Assim, foram utilizados os seguintes coeficientes de permeabilidade

i) Corpo da barragem

Aterro argiloso	$k_v=k_h=10^{-8}$ m/s $k_v=10^{-8}$ m/s e $k_h=10^{-7}$ m/s
Aterro de latenta	$k_v=10^{-8}$ m/s e $k_h=10^{-7}$ m/s $k_v=k_h=10^{-7}$ m/s $k_v=10^{-7}$ m/s e $k_h=10^{-6}$ m/s
Enrocamento	$k_v=k_h=10^{-2}$ m/s
Areia	$k_v=k_h=10^{-5}$ m/s $k_v=k_h=10^{-6}$ m/s $k_v=k_h=5 \times 10^{-7}$ m/s $k_v=k_h=10^{-7}$ m/s

ii) Fundação

Arenito compacto	$k_v=k_h=2 \times 10^{-6}$ m/s $k_v=k_h=10^{-7}$ m/s
Siltito	$k_v=k_h=10^{-4}$ m/s $k_v=k_h=10^{-5}$ m/s
Cortina de estanqueidade	$k_v=k_h=2 \times 10^{-7}$ m/s $k_v=k_h=10^{-8}$ m/s

Apresentam-se, subseqüentemente, os resultados das modelações efetuadas para os perfis estudados - P21, P23 e P25. Sublinha-se, no entanto, que as modelações efetuadas têm, necessariamente, à data, um caráter preliminar, dado o pequeno período de observações disponíveis dos piezômetros hidráulicos, cujas leituras, utilizadas na análise de sensibilidade efetuada, poderão não traduzir ainda o regime permanente a que os materiais interessados estão sujeitos e ser, pelo menos nalguns casos, o resultado das operações de instalação dos piezômetros.

Perfil P21

No que respeita ao perfil 21 foram efetuadas 6 modelações que se representam nas Figs 3.4 a 3.9.

No Quadro 3.7 representam-se os coeficientes de permeabilidade adotados e no Quadro 3.8 a comparação entre as alturas de água resultantes dos cálculos efetuados e as medidas nos piezômetros instalados.

000031

Coefficientes de permeabilidade

a) corpo da barragem
 argila $K=10^{-8}$ m/s
 laterita $K=10^{-7}$ m/s, $K_v=10^{-8}$ m/s
 enrocamento $K=10^{-2}$ m/s
 filtro colmatado ($K=10^{-6}$ m/s)

b) fundação
 arenito compacto $K=2 \cdot 10^{-6}$ m/s
 silto $K=10^{-4}$ m/s
 cortina de estanqueidade $K=2 \cdot 10^{-7}$ m/s

BARRAGEM DO JABURU
 ESTACA 21
 ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO

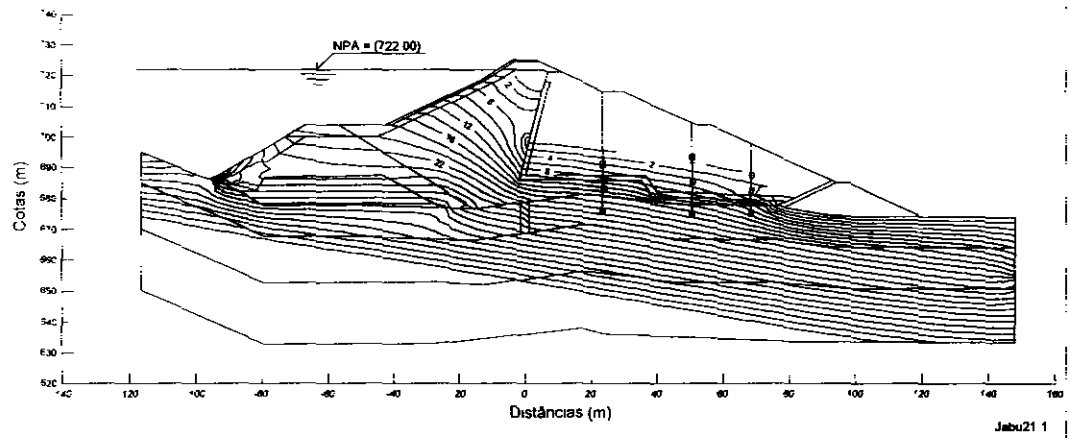


Fig 34

Coefficientes de permeabilidade

a) corpo da barragem
 argila $K=10^{-8}$ m/s
 laterita $K=10^{-7}$ m/s, $K_v=10^{-8}$ m/s
 enrocamento $K=10^{-2}$ m/s
 filtro colmatado ($K=10^{-6}$ m/s)

b) fundação
 arenito compacto $K=2 \cdot 10^{-6}$ m/s
 silto $K=10^{-4}$ m/s
 cortina de estanqueidade $K=2 \cdot 10^{-7}$ m/s

BARRAGEM DO JABURU
 ESTACA 21
 ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO

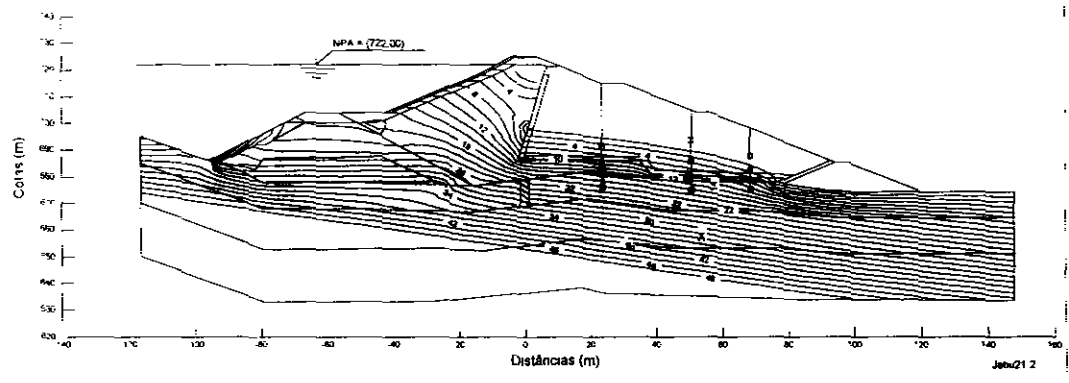


Fig 35

Coefficientes de permeabilidade

a) corpo da barragem
 argila $K=10^{-8}$ m/s
 laterita $K=10^{-7}$ m/s, $K_v=10^{-8}$ m/s
 enrocamento $K=10^{-2}$ m/s
 filtro colmatado ($K=10^{-6}$ m/s)

b) fundação
 arenito compacto $K=2 \cdot 10^{-6}$ m/s
 silto $K=10^{-4}$ m/s
 cortina de estanqueidade $K=2 \cdot 10^{-7}$ m/s

BARRAGEM DO JABURU
 ESTACA 21
 ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO

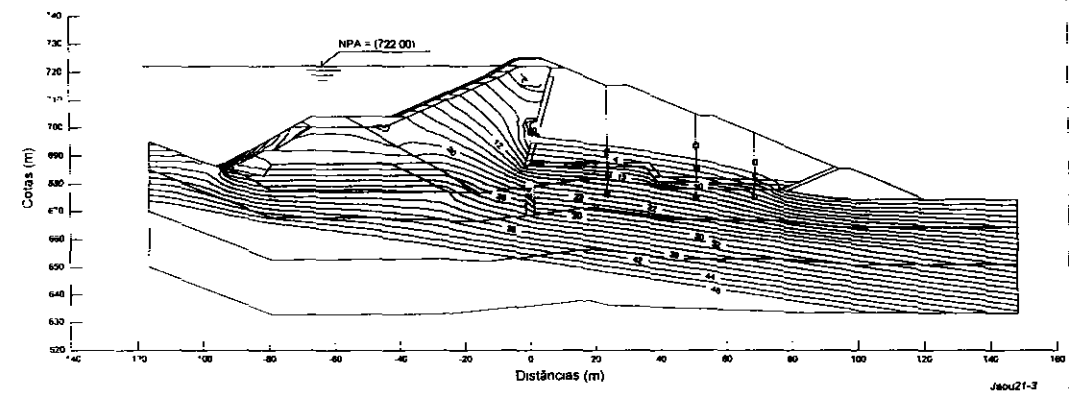


Fig 36

000032

Coefficientes de permeabilidade

a) corpo da barragem:
 argila $K=10^{-8}$ m/s
 laterita $K_v=10^{-7}$ m/s, $K_h=5 \cdot 10^{-8}$ m/s
 arrocamento $K=10^{-2}$ m/s
 filtro colmatado ($K=10^{-6}$ m/s)

b) fundação:
 areito compacto $K=10^{-7}$ m/s
 silte $K=10^{-5}$ m/s
 cortina de estanqueidade $K=10^{-6}$ m/s

**BARRAGEM DO JABURU
 ESTACA 21
 ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO**

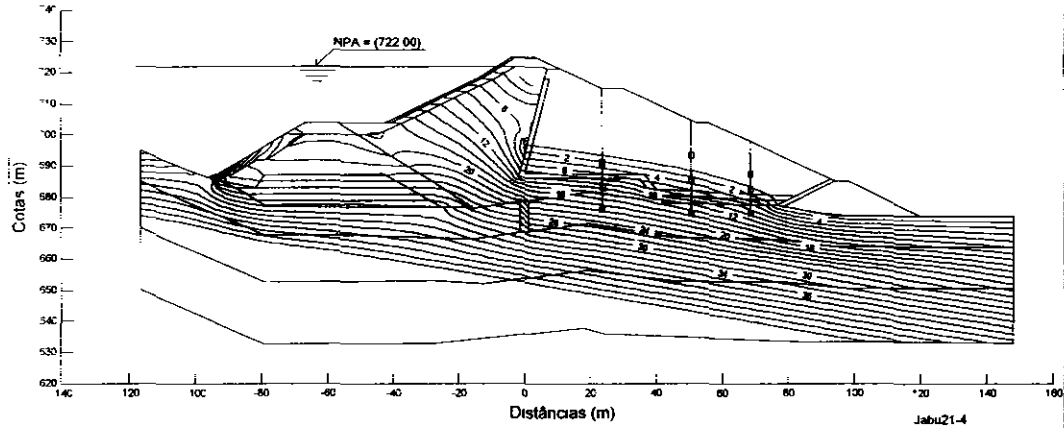


Fig 3 7

Coefficientes de permeabilidade

a) corpo da barragem:
 argila $K=10^{-8}$ m/s
 laterita $K_v=10^{-7}$ m/s, $K_h=5 \cdot 10^{-8}$ m/s
 arrocamento $K=10^{-2}$ m/s
 filtro colmatado ($K=10^{-7}$ m/s)

b) fundação:
 areito compacto $K=2 \cdot 10^{-6}$ m/s
 cortina de estanqueidade $K=2 \cdot 10^{-7}$ m/s

**BARRAGEM DO JABURU
 ESTACA 21
 ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO**

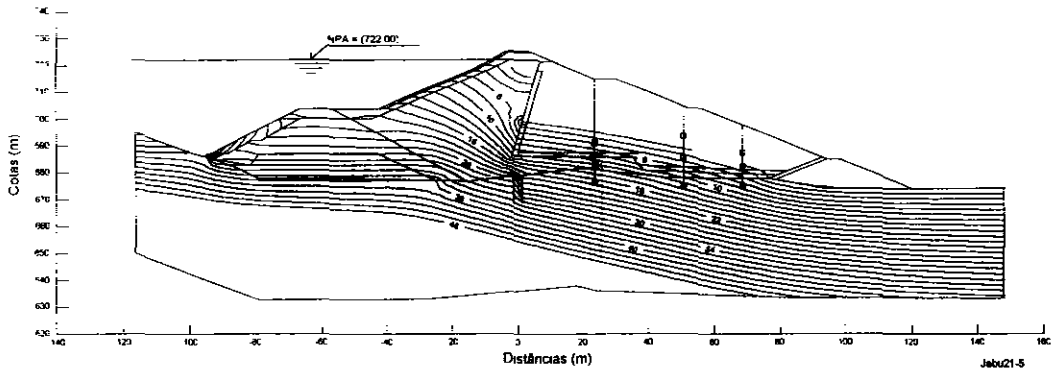


Fig 3 8

Coefficientes de permeabilidade

a) corpo da barragem:
 argila $K=10^{-8}$ m/s
 laterita $K_v=10^{-7}$ m/s, $K_h=5 \cdot 10^{-8}$ m/s
 arrocamento $K=10^{-2}$ m/s
 filtro colmatado ($K=10^{-7}$ m/s)

b) fundação:
 areito compacto $K=2 \cdot 10^{-6}$ m/s
 cortina de estanqueidade $K=2 \cdot 10^{-7}$ m/s

**BARRAGEM DO JABURU
 ESTACA 21
 ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO**

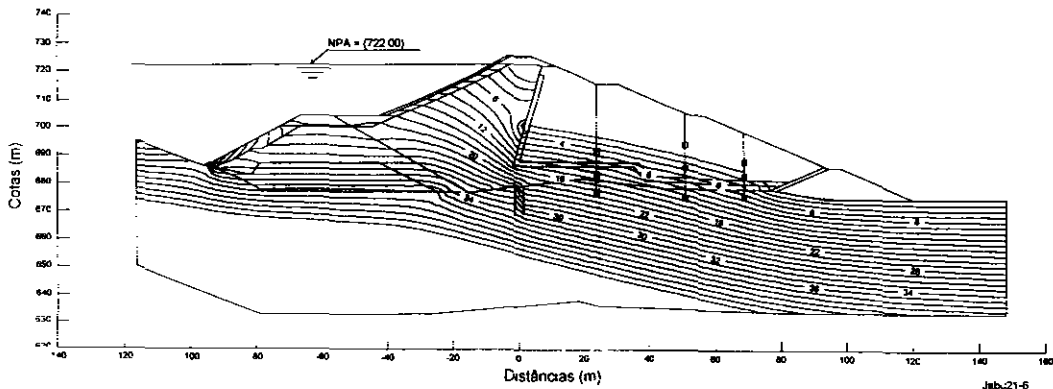


Fig 3 9 000033

Das modelações efetuadas a 6 pode ser considerada a que mais se aproxima das leituras dos piezómetros com as excepções correspondentes aos piezómetros P21 1 1, com leituras muito baixas, e aos piezómetros P21 2 1 e P21 2 2, com leituras muito altas

Quadro 3.7 - Coeficientes de permeabilidade (m/s). Perfil P21

	Modelação					
	1	2	3(*)	4	5	6
Corpo da barragem						
aterro de argila	$k_v=k_h=10^{-8}$	$k_v=k_h=10^{-8}$	$k_v=k_h=10^{-8}$	$k_v=k_h=10^{-8}$	$k_v=k_h=10^{-8}$	$k_v=k_h=10^{-8}$
aterro de latenta	$k_v=10^{-8}$ $k_h=10^7$	$k_v=5 \times 10^{-8}$ $k_h=10^7$	$k_v=5 \times 10^{-8}$ $k_h=10^7$	$k_v=5 \times 10^{-8}$ $k_h=10^7$	$k_v=5 \times 10^{-8}$ $k_h=10^7$	$k_v=5 \times 10^{-8}$ $k_h=10^7$
filtro	colmatado (10^{-6})	colmatado (10^{-6})	colmatado (10^{-6})	colmatado (10^{-6})	colmatado (5×10^{-7})	colmatado (10^{-7})
enrocamento	$k_v=k_h=10^{-2}$	$k_v=k_h=10^{-2}$	$k_v=k_h=10^{-2}$	$k_v=k_h=10^{-2}$	$k_v=k_h=10^{-2}$	$k_v=k_h=10^{-2}$
Fundação						
arenito compacto	$k_v=k_h=2 \times 10^{-6}$	$k_v=k_h=2 \times 10^{-6}$	$k_v=k_h=2 \times 10^{-6}$	$k_v=k_h=10^{-7}$	$k_v=k_h=2 \times 10^{-6}$	$k_v=k_h=2 \times 10^{-6}$
siltito	$k_v=k_h=10^{-4}$	$k_v=k_h=10^{-4}$	$k_v=k_h=10^{-4}$	$k_v=k_h=10^{-5}$	---	---
cortina de estanquidade	$k_v=k_h=2 \times 10^{-7}$	$k_v=k_h=2 \times 10^{-7}$	$k_v=k_h=2 \times 10^{-7}$	$k_v=k_h=10^{-8}$	$k_v=k_h=2 \times 10^{-7}$	$k_v=k_h=2 \times 10^{-7}$

(*) Coeficiente iguais à modelação 2, mas a camada de siltitos da fundação encontra-se a maior profundidade e é menos espessa

Quadro 3.8 - Comparação entre as alturas de água calculadas e as lidas nos piezómetros (m). Perfil P21

Piezómetros		Leituras	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6
P21 1	P21 1 1	0 6	5 0	5 0	4 0	3 0	5 0	6 0
	P21 1 2	15 1	14 0	14 0	14 0	13 0	13 0	14 0
	P21 1 3	22 6	22 0	22 0	21 0	21 0	20 0	20 0
P21 2	P21 2 1	5 8	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
	P21 2 2	11 4	5 5	5 0	4 0	4 0	4 0	4 0
	P21 2 3	13 3	16 0	16 0	15 0	16 0	14 0	14 0
P21 3	P21 3 1	0 3	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
	P21 3 2	0 9	3 0	2 0	2 0	2 0	2 0	2 0
	P21 3 3	8 1	12 0	12 0	11 0	10 0	8 0	8 0

Perfil 23

No que respeita ao perfil 23 foram efetuadas 6 modelações que se representam nas Figs 3 10 a 3 15

Coefficientes de permeabilidade

- a) corpo da barragem
 argila $K=10^{-8}$ m/s
 laterita $K=10^{-7}$ m/s
 enrocamento $K=10^{-2}$ m/s
 filtro colmatado
- b) fundação
 areito compacto $K=2 \cdot 10^{-6}$ m/s
 silte $K=10^{-4}$ m/s
 cortina de estanqueidade $K=2 \cdot 10^{-7}$ m/s

BARRAGEM DO JABURU
 ESTACA 23
 ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO

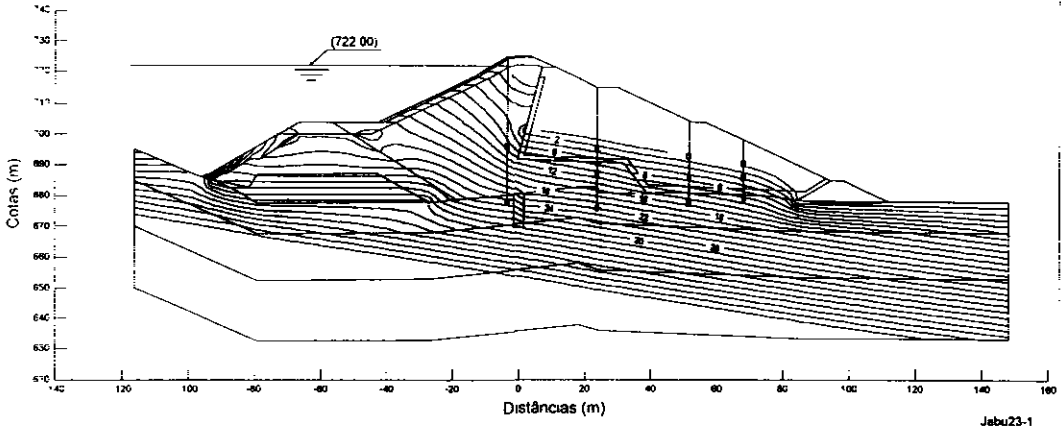


Fig 3 10

Coefficientes de permeabilidade

- a) corpo da barragem
 argila $K=10^{-7}$ m/s e $K=10^{-8}$ m/s
 laterita $K=10^{-6}$ m/s e $K=10^{-7}$ m/s
 enrocamento $K=10^{-2}$ m/s
 filtro colmatado ($K=10^{-8}$ m/s)
- b) fundação
 areito compacto $K=2 \cdot 10^{-6}$ m/s
 silte $K=10^{-4}$ m/s
 cortina de estanqueidade $K=2 \cdot 10^{-7}$ m/s

BARRAGEM DO JABURU
 ESTACA 23
 ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO

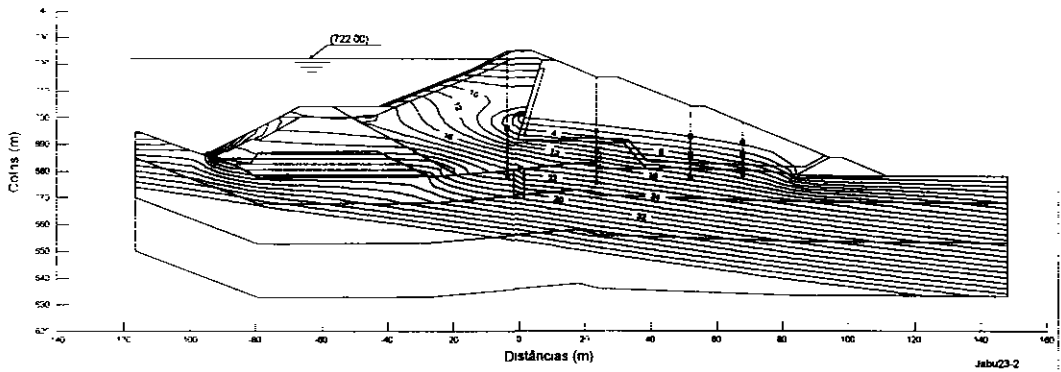


Fig 3 11

Coefficientes de permeabilidade

- a) corpo da barragem
 argila $K=10^{-8}$ m/s e $K=10^{-7}$ m/s
 laterita $K=10^{-7}$ m/s e $K=10^{-6}$ m/s
 enrocamento $K=10^{-2}$ m/s
 filtro colmatado ($K=10^{-5}$ m/s)
- b) fundação
 areito compacto $K=2 \cdot 10^{-6}$ m/s
 silte $K=10^{-4}$ m/s
 cortina de estanqueidade $K=2 \cdot 10^{-7}$ m/s

BARRAGEM DO JABURU
 ESTACA 23
 ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO

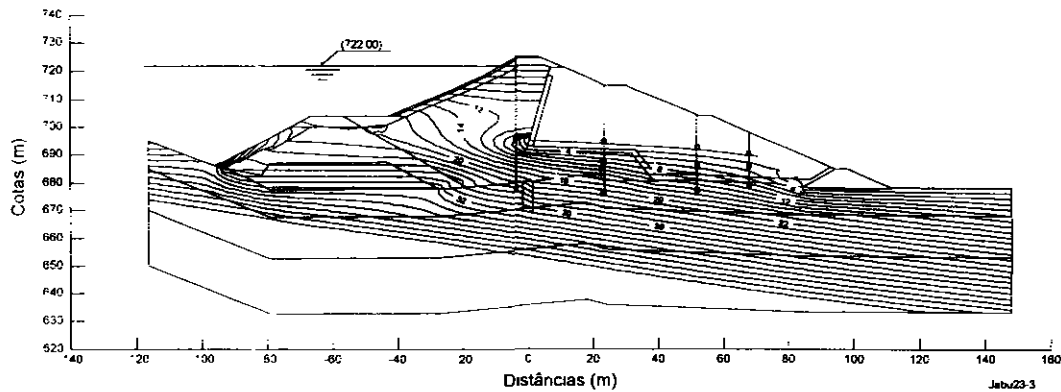


Fig 3 12

000035

Coefficientes de permeabilidade

- a) corpo da barragem
 argila $K=10^{-8}$ m/s
 laterita $K=10^{-7}$ m/s
 enrocamento $K=10^{-2}$ m/s
 filtro colmatado ($K=10^{-6}$ m/s)
- b) fundação
 areia compacta $K=2 \cdot 10^{-6}$ m/s
 cortina de estanqueidade $K=2 \cdot 10^{-7}$ m/s

BARRAGEM DO JABURU
 ESTACA 23
 ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO

4

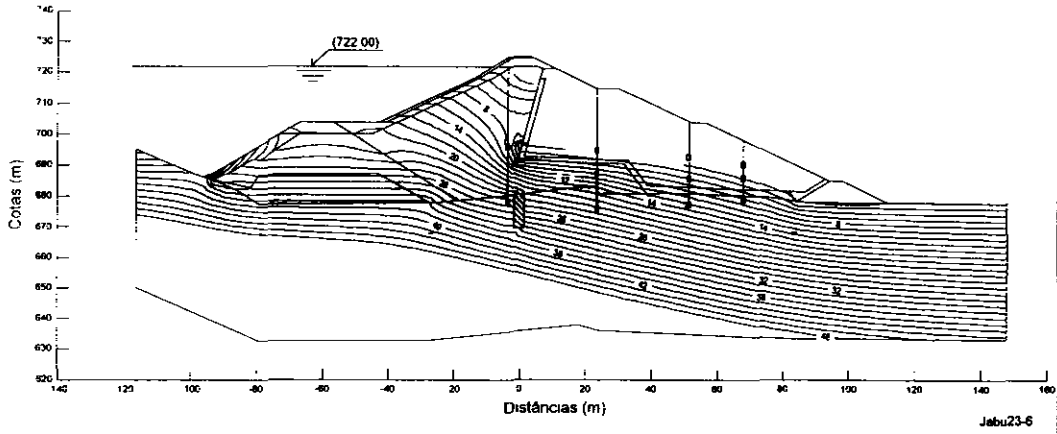


Fig 3 13

Coefficientes de permeabilidade

- a) corpo da barragem
 argila $K=10^{-8}$ m/s
 laterita $K=10^{-7}$ m/s
 enrocamento $K=10^{-2}$ m/s
 filtro colmatado ($K=10^{-5}$ m/s)
- b) fundação
 areia compacta $K=2 \cdot 10^{-6}$ m/s
 areia $K=10^{-4}$ m/s
 cortina de estanqueidade $K=2 \cdot 10^{-7}$ m/s

BARRAGEM DO JABURU
 ESTACA 23
 ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO

5

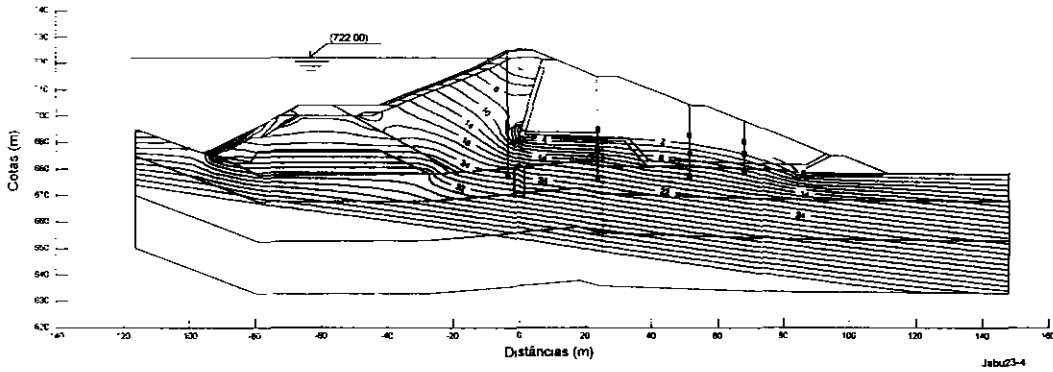


Fig 3 14

Coefficientes de permeabilidade

- a) corpo da barragem
 argila $K=10^{-8}$ m/s
 laterita $K=10^{-7}$ m/s
 enrocamento $K=10^{-2}$ m/s
 filtro colmatado ($K=10^{-6}$ m/s)
- b) fundação
 areia compacta $K=2 \cdot 10^{-6}$ m/s
 cortina de estanqueidade $K=2 \cdot 10^{-7}$ m/s

BARRAGEM DO JABURU
 ESTACA 23
 ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO

6

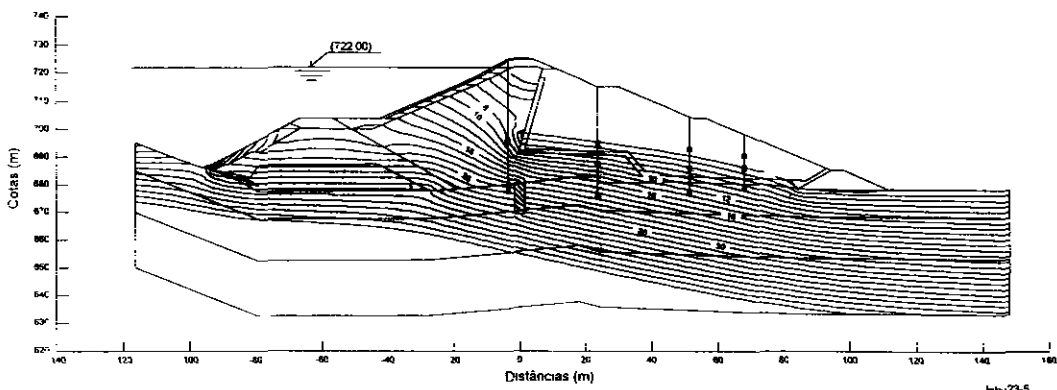


Fig 3 15 000036

No Quadro 3.9 representam-se os coeficiente de permeabilidade adotados e no Quadro 3.10 a comparação entre as alturas de água resultantes dos cálculos efetuados e as medidas nos piezómetros instalados

Das modelações efetuadas, a 5 e a 6 são as que mais se aproximam das leituras dos piezómetros, com as excepções correspondentes ao piezómetro P23.1.3, com leituras muito altas, e aos piezómetros instalados no núcleo, na sondagem SM-5, também com resultados muito altos

Quadro 3.9 - Coeficientes de permeabilidade (m/s). Perfil P23

	Modelação					
	1	2	3	4	5	6
Corpo da barragem						
aterro de argila	$k_v=k_h=10^{-8}$	$k_v=10^{-8}, k_h=10^{-7}$	$k_v=10^{-8}, k_h=10^{-7}$	$k_v=k_h=10^{-8}$	$k_v=k_h=10^{-8}$	$k_v=k_h=10^{-8}$
aterro de laterite	$k_v=k_h=10^{-7}$	$k_v=10^{-7}, k_h=10^{-6}$	$k_v=10^{-7}, k_h=10^{-6}$	$k_v=k_h=10^{-7}$	$k_v=k_h=10^{-7}$	$k_v=k_h=10^{-7}$
filtro	colmatado (10^{-6})	colmatado (10^{-6})	colmatado (10^{-5})	colmatado (2×10^{-6})	colmatado (10^{-5})	colmatado (10^{-6})
enrocamento	$k_v=k_h=10^{-2}$	$k_v=k_h=10^{-2}$	$k_v=k_h=10^{-2}$	$k_v=k_h=10^{-2}$	$k_v=k_h=10^{-2}$	$k_v=k_h=10^{-2}$
Fundação						
arenito compacto	$k_v=k_h=2 \times 10^{-6}$	$k_v=k_h=2 \times 10^{-6}$	$k_v=k_h=2 \times 10^{-6}$	$k_v=k_h=2 \times 10^{-6}$	$k_v=k_h=2 \times 10^{-6}$	$k_v=k_h=2 \times 10^{-6}$
siltito	$k_v=k_h=10^{-4}$	$k_v=k_h=10^{-4}$	$k_v=k_h=10^{-4}$	---	$k_v=k_h=10^{-4}$	---
cortina de estanquidade	$k_v=k_h=2 \times 10^{-7}$	$k_v=k_h=2 \times 10^{-7}$	$k_v=k_h=2 \times 10^{-7}$	$k_v=k_h=2 \times 10^{-7}$	$k_v=k_h=2 \times 10^{-7}$	$k_v=k_h=2 \times 10^{-7}$

Quadro 3.10 - Comparação entre as alturas de água calculadas e as lidas nos piezómetros (m). Perfil P23

Piezómetros	Leituras	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6	
P23 1	P23 1.1	0.0	4.0	2.0	0.0	1.5	0.0	0.0
	P23 1.2	8.7	11.5	10.0	9.0	10.0	9.0	9.0
	P23 1.3	29.5	23.0	23.0	22.0	22.0	22.0	22.0
P23 2	P23 2.1	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	P23 2.2	3.6	8.0	7.0	6.0	5.0	6.0	5.0
	P23 2.3	11.4	16.0	16.0	15.0	14.0	15.0	13.0
P23 3	P23 3.1	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	P23 3.2	1.8	4.0	4.0	3.0	1.0	2.0	1.0
	P23 3.3	7.8	11.0	11.0	10.0	8.0	10.0	8.0
SM5	SM5 1	21.8	10.0	7.0	5.0	9.0	8.0	8.0
	SM5 2	36.1	26.0	26.0	26.0	28.0	26.0	28.0

Perfil P25

No que se refere ao perfil 25 foram efetuadas 4 modelações que se representam nas Figs 3 16 a 3 19

No Quadro 3 11 representam-se os coeficientes de permeabilidade adotados e no Quadro 3 12 a comparação entre as alturas de água resultantes dos cálculos efetuados e as medidas nos piezómetros instalados

Das modelações efetuadas, a 1 e a 3 são as que mais se aproximam das leituras dos piezómetros, embora com valores calculados um pouco inferiores aos reais no que se refere aos piezómetros 25 1 e superiores aos reais no que se refere aos piezómetros 25 3

Dos três perfis analisados o 25 é, duma maneira geral, aquele que mais se afasta dos valores lidos nos piezómetros, o que está em conformidade com a sua concepção, em que prevê não o escoamento da água na direção montante-jusante mas sim na direção transversal ao rio, o que só poderia ser modelado de forma mais correta recorrendo a uma modelação tridimensional

Quadro 3.11 - Coeficientes de permeabilidade (m/s). Perfil P25

	Modelação			
	1	2	3	4
Corpo da barragem				
aterro de argila	$k_v=k_h=10^{-8}$	$k_v=10^{-8}, k_h=10^{-7}$	$k_v=k_h=10^{-8}$	$k_v=k_h=10^{-8}$
aterro de latente	$k_v=k_h=10^{-7}$	$k_v=k_h=10^{-7}$	$k_v=k_h=10^{-7}$	$k_v=k_h=10^{-7}$
filtro	colmatado	colmatado (10^{-7})	colmatado	colmatado (5×10^{-7})
enrocamento	$k_v=k_h=10^{-2}$	$k_v=k_h=10^{-2}$	$k_v=k_h=10^{-2}$	$k_v=k_h=10^{-7}$
Fundação				
areento compacto	$k_v=k_h=2 \times 10^{-6}$	$k_v=k_h=2 \times 10^{-6}$	$k_v=k_h=2 \times 10^{-6}$	$k_v=k_h=2 \times 10^{-6}$
siltito	$k_v=k_h=10^{-4}$	$k_v=k_h=10^{-4}$	—	—
cortina de estanquidade	$k_v=k_h=2 \times 10^{-7}$	$k_v=k_h=2 \times 10^{-7}$	$k_v=k_h=2 \times 10^{-7}$	$k_v=k_h=2 \times 10^{-7}$

000038

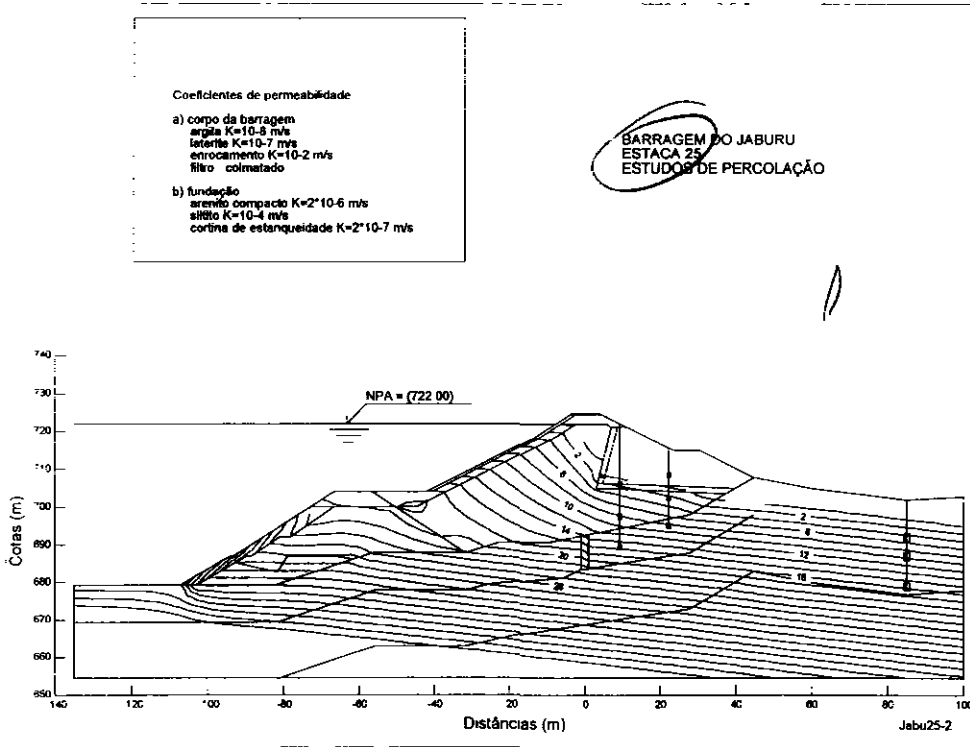


Fig 3 16

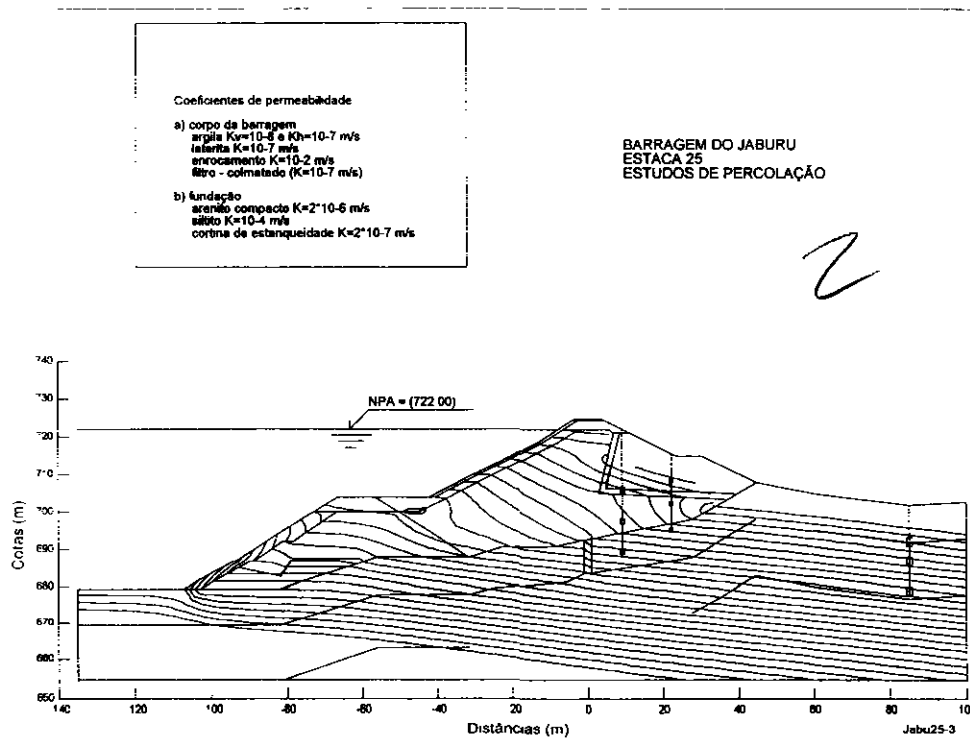


Fig 3 17

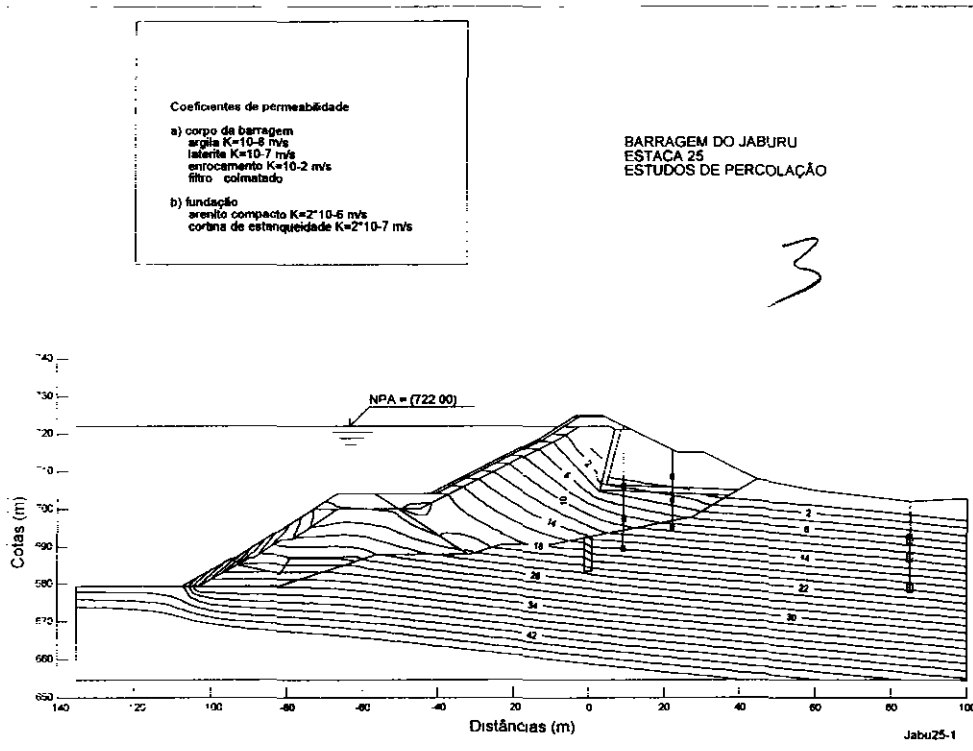


Fig 3 18

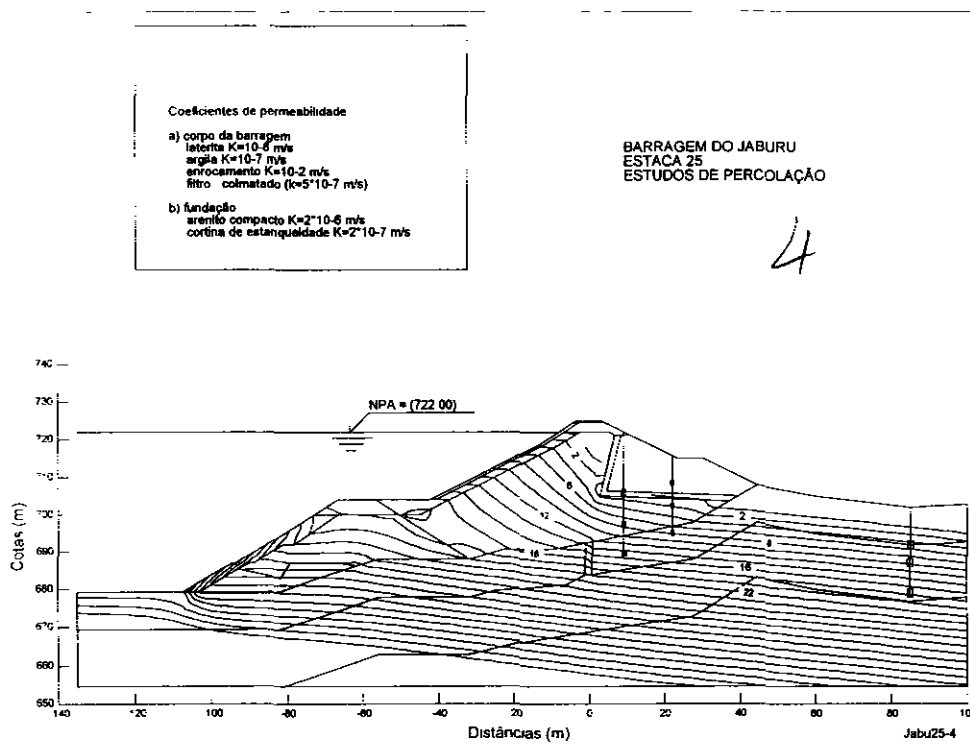


Fig 3 19

000040

Quadro 3.12 - Comparação entre as alturas de água calculadas e as lidas nos piezómetros (m). Perfil P25

Piezómetros		Leituras	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
P25 1	P25 1 1	1 1	2 0	7 0	2 5	0 0
	P25 1 2	12 8	9 0	9 0	9 0	8 0
	P25 1 3	18 0	16 0	15 5	16 5	16 0
P25 2	P25 2 1	0 0	0 0	1 5	0 0	0 0
	P25 2 2	0 8	3 0	5 0	3 5	2 0
	P25 2 3	10 7	9 0	8 0	10 0	8 5
P25 3	P25 3 1	5 7	6 0	5 0	7 5	6 0
	P25 3 2	7 4	12 0	12 0	14 0	12 0
	P25 3 3	14 3	18 5	18 0	20 0	18 5

Das modelações efetuadas para os três perfis - 21, 23 e 25 - os coeficiente de permeabilidade que melhor se ajustaram à globalidade das leituras disponíveis foram as seguintes

i) Corpo da barragem

Aterro de argila	$k_v=k_h=10^{-8}$ m/s
Aterro de laterita	$k_v=10^{-7}$ a 5×10^{-8} m/s
	$k_h=10^{-7}$ m/s
Filtro	Colmatado ($k_v=k_h=10^{-6}$ m/s a 10^{-7} m/s)
Enrocamento	$k_v=k_h=10^{-2}$ m/s

ii) Fundação

Arenito compacto	$k_v=k_h=2 \times 10^{-6}$ m/s
Cortina	$k_v=k_h=10^{-7}$ a 2×10^{-7} m/s

Estes valores carecem naturalmente de estudos de pormenor a elaborar quando estiver disponível um maior número de leituras dos piezómetros que permita distinguir aqueles que atualmente traduzem um regime permanente e aqueles que traduzem somente um regime transitório, em que se faça também a análise dos caudais percolados

3.5 - ESTUDOS DE ESTABILIDADE

A análise de estabilidade global da barragem e respectiva fundação foi realizada tendo por base as linhas superiores de saturação, calculadas nos estudos de percolação, correspondentes às modelações que mais se aproximaram da realidade

Nas análises de estabilidade efectuadas recorreu-se ao método de Bishop Simplificado, implementado automaticamente (programa SLOPEW)

Os cálculos foram efetuados para os três perfis - 21, 23 e 25 - e para a atual fase de vida da obra - pleno armazenamento

No que respeita às características mecânicas dos materiais de aterro, existem apenas informações da fase de Projeto relativos à laterita, cujos valores são, designadamente, $c'=30$ kPa $c'=49$ kPa e $\phi'=33^\circ$. Nos cálculos, que se apresentam em seguida, utilizou-se apenas, conservativamente, o valor da coesão de 30 kPa *0,3 MPa*

Tendo por base esta informação e também a resultante dos ensaios in situ - SPT - realizados na campanha de prospeção complementar desenvolvida no âmbito do presente estudo foram adotados nos cálculos os seguintes valores

aterro de laterita	$c'=0$	$\phi'=33^\circ$
	$c'=30$ kPa	$\phi'=33^\circ$
aterro de argila	$c'=0$	$\phi'=29^\circ$
	$c'=0$	$\phi'=22^\circ$

Refira-se que os valores de SPT obtidos no aterro de laterita variaram entre 25 a 60, podendo ser considerado representativo o intervalo de valores entre 35 a 40

No que respeita ao aterro de argila, os resultados dos ensaios SPT foram em geral bem inferiores, distribuindo-se por duas classes de valores - entre 5 e 15 e entre 15 e 25 - ocorrendo camadas de menor resistência sobretudo nas cotas superiores mas também nas cotas inferiores e intercaladas no meio do aterro

Relativamente à fundação, os parâmetros de resistência ao corte foram arbitrados, tendo em conta os resultados da recuperação e os valores de RQD dos trechos à rotação das sondagens efetuadas na recente campanha de prospeção complementar. Assim, e para a camada superficial de menor resistência mecânica (naturalmente condicionante das análises de estabilidade global) adoptaram-se os seguintes parâmetros de cálculo

$c'=50$ kPa

$\phi'=35^\circ$

Nas Figs 3 20 a 3 25 apresenta-se as superfícies críticas obtidas e os respectivos coeficientes de segurança cujos resultados se resumem no Quadro 3 13

Quadro 3.13

Perfil	Aterro argiloso		Aterro de laterita		C S.	Superfície de escorregamento
	c' (kPa)	ϕ' (°)	c' (kPa)	ϕ' (°)		
21	0	29	0	33	1 40	Superficial
			30	33	1 91	Profunda
23	0	29	0	33	1 34	Superficial
			30	33	1 88	Profunda
25	0	29	0	33	1 37	Superficial
			30	33	2 51	Profunda

Naturalmente, para coesão nula da laterita, os coeficiente de segurança críticos são inferiores e correspondem a superfícies de escorregamento superficiais

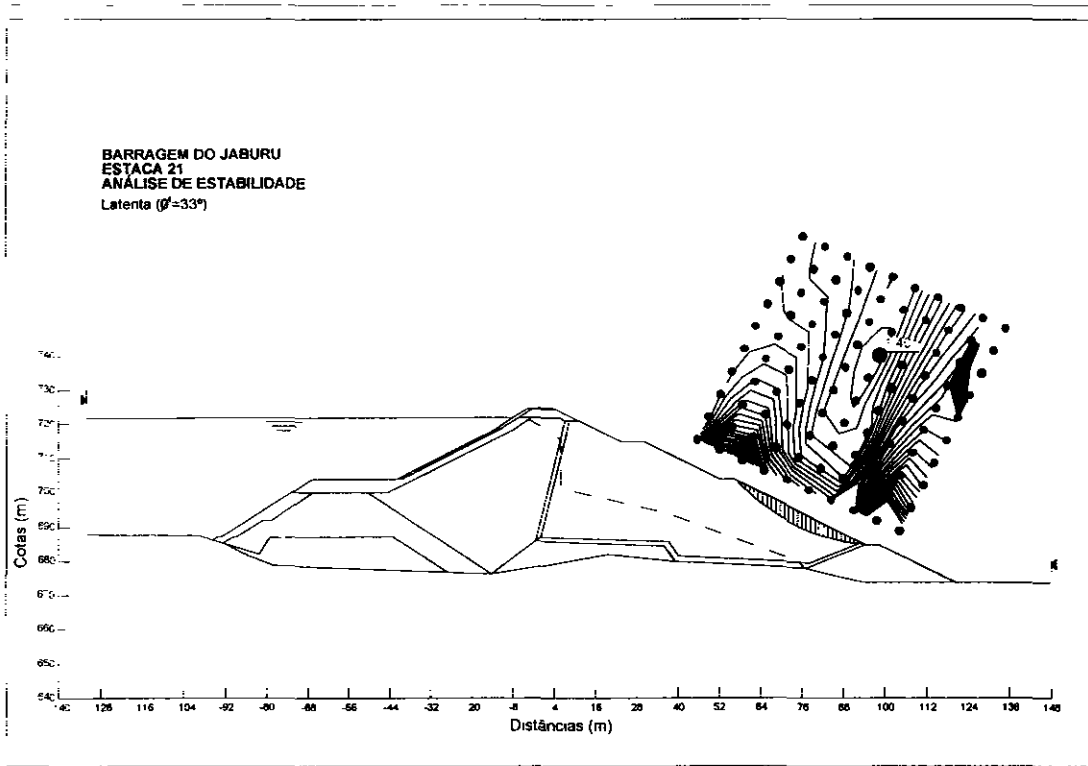
Tendo em conta os resultados dos ensaios SPT no aterro de laterita, as suas características de identificação e, ainda, o fato de na fase de projeto terem sido adotados valores de coesão para este material (resultantes seguramente de ensaios triaxiais efetuados), considera-se, em principio, que os parâmetros $c'=30$ kPa e $\phi'=33^\circ$ traduzirão a sua resistência mecânica a longo prazo

Para estes parâmetros, e admitindo uma resistência mecânica inferior do aterro argiloso, - $\phi'=22^\circ$ - dadas as várias camadas interessadas nos ensaios "in situ" com valores muito baixos - 4 a 7 - fez-se nova modelação cujos resultados se indicam no Quadro 3 14 e cujas superfícies críticas se representam nas Figuras 3 26 a 3 28

Quadro 3.14

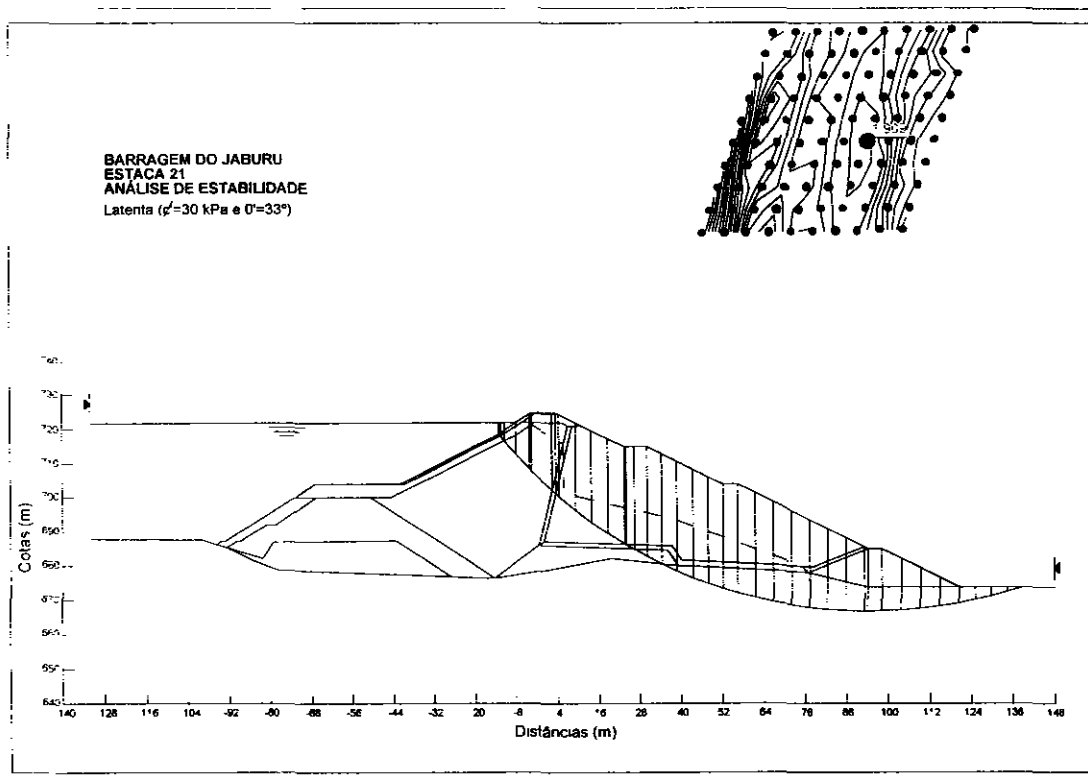
Perfil	Aterro argiloso		Aterro de laterite		C.S	Superfície de escorregamento
	c' (kPa)	ϕ' (°)	c' (kPa)	ϕ' (°)		
21	0	22	30	33	1,86	profunda
23	0	22	30	33	1,80	profunda
25	0	22	30	33	2,00	profunda

000043



1,4

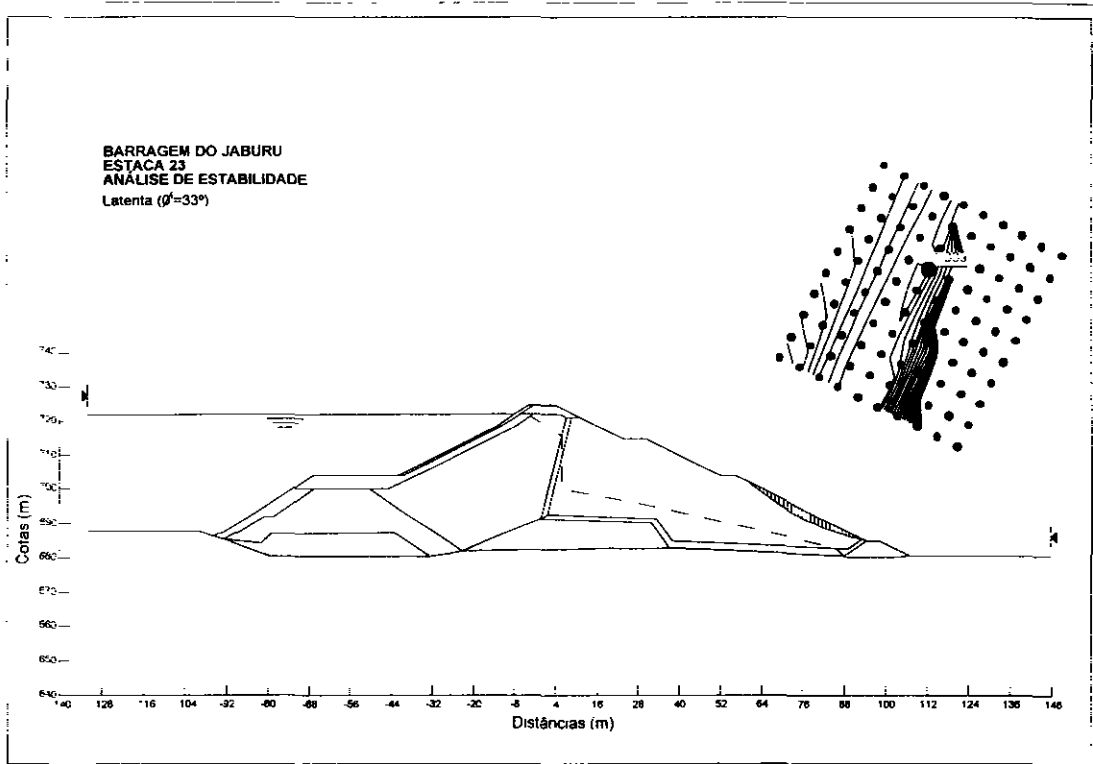
Fig 3 20



1,9

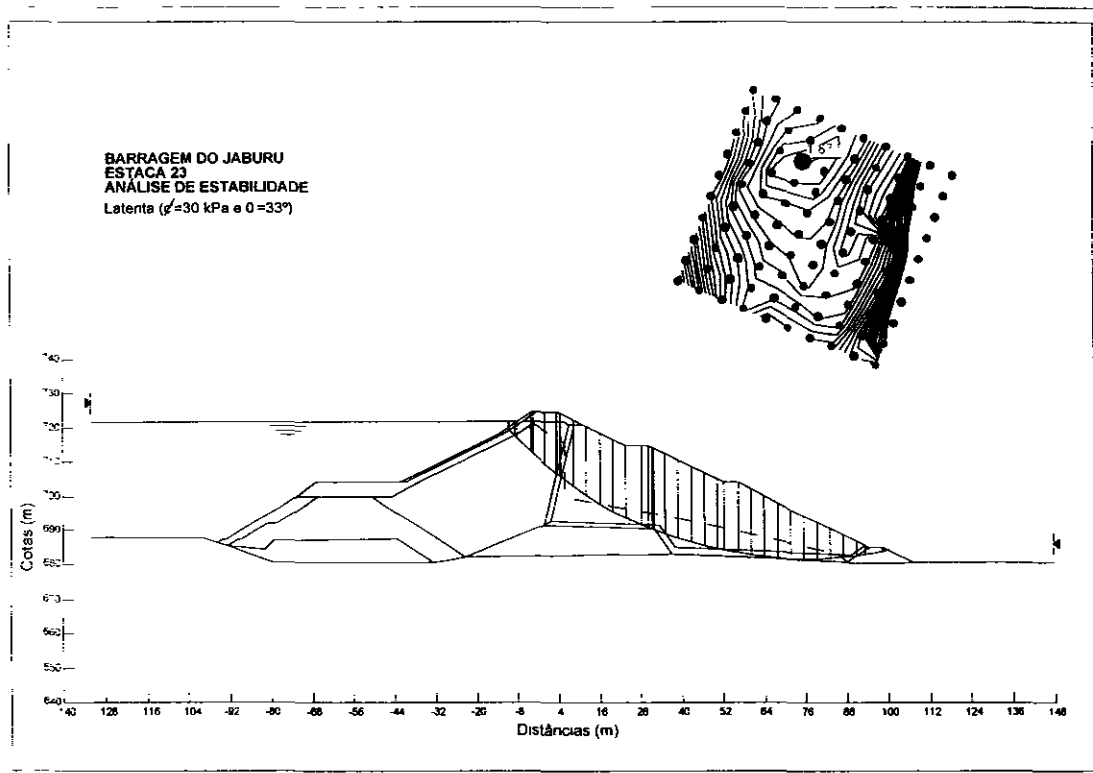
Fig 3 21

000044



1.3

Fig 3 22



1.9

Fig 3 23

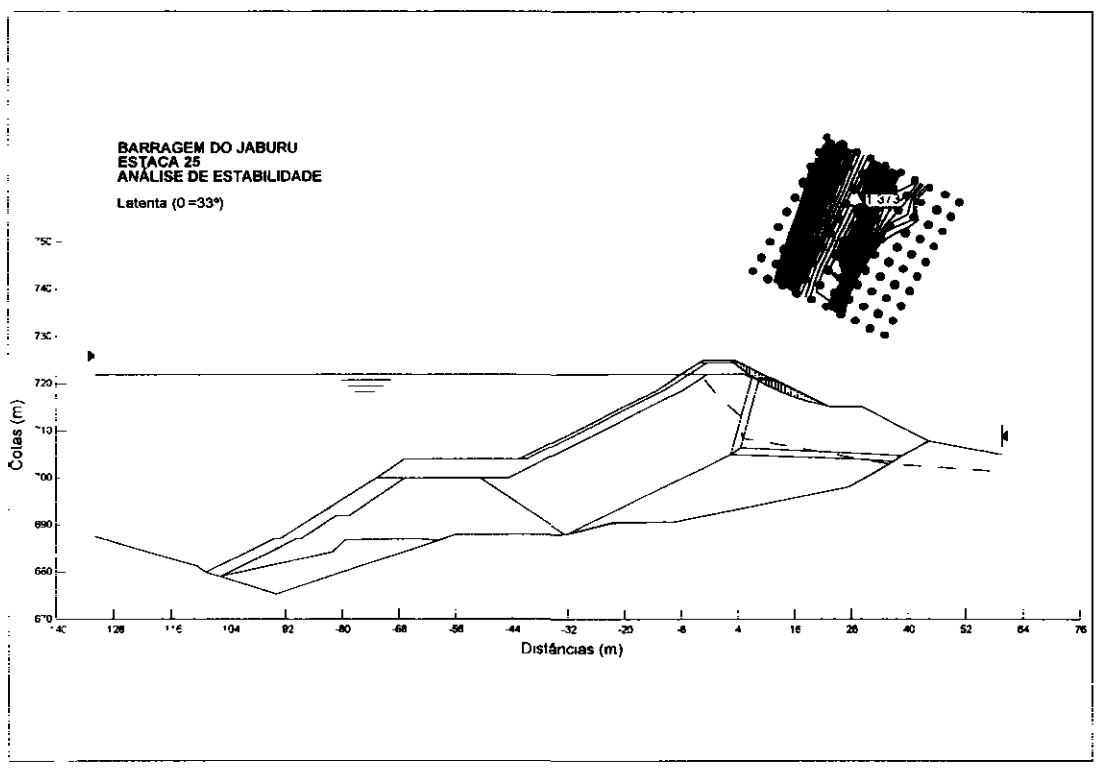


Fig 3 24

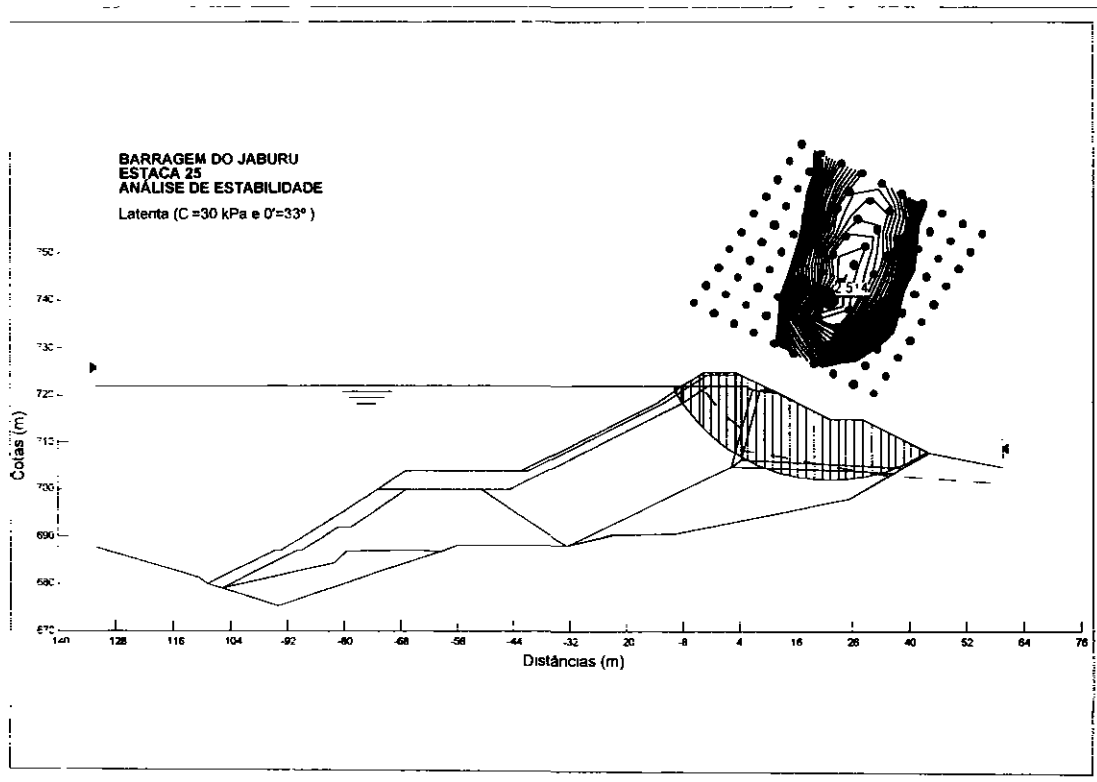
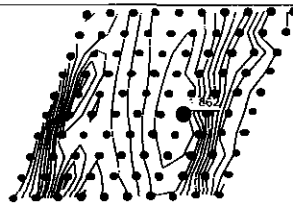


Fig 3 25

000046

BARRAGEM DO JABURU
 ESTACA 21
 ANÁLISE DE ESTABILIDADE
 Latente ($c=30$ kPa e $\phi=33^\circ$)



1,8

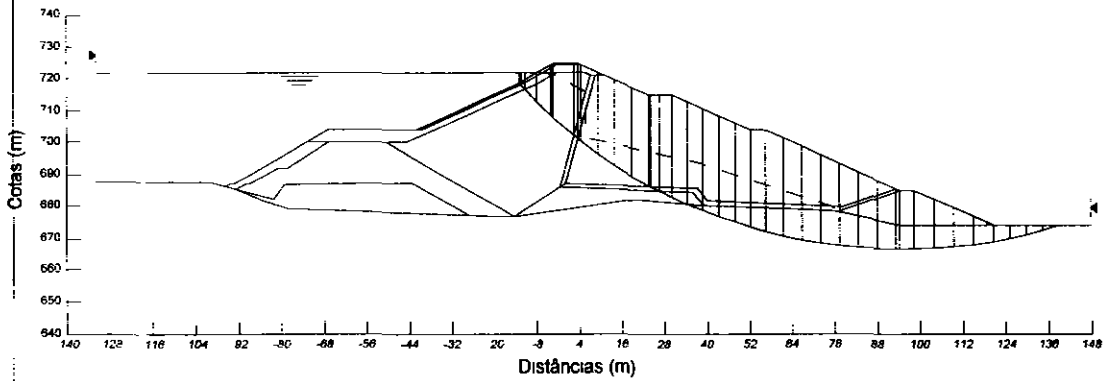
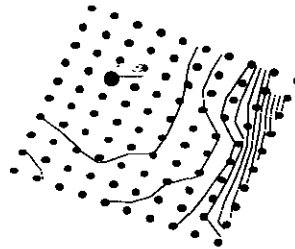


Fig 3 26

BARRAGEM DO JABURU
 ESTACA 23
 ANÁLISE DE ESTABILIDADE
 Latente ($c=30$ kPa)



1,8

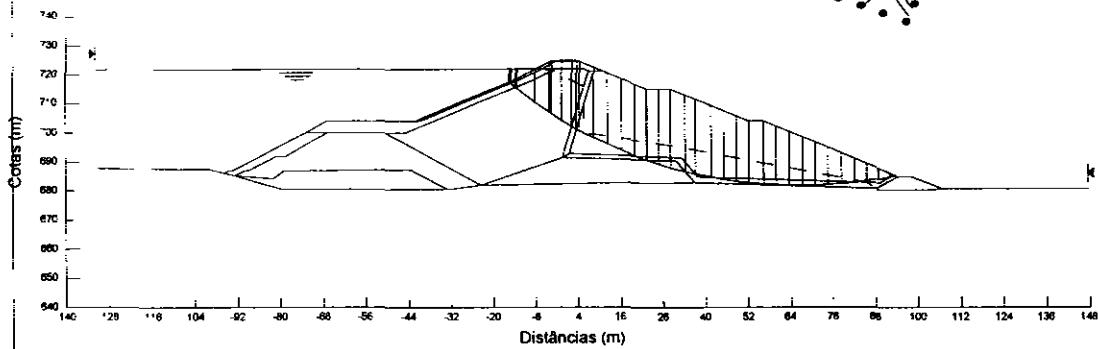
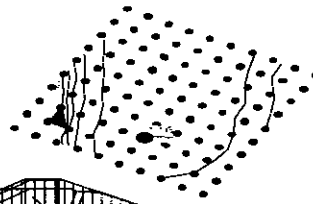


Fig 3 27

BARRAGEM DO JABURU
 ESTACA 25
 ANÁLISE DE ESTABILIDADE
 ativa ($C=30$ kPa e $\phi=33^\circ$)



2,0

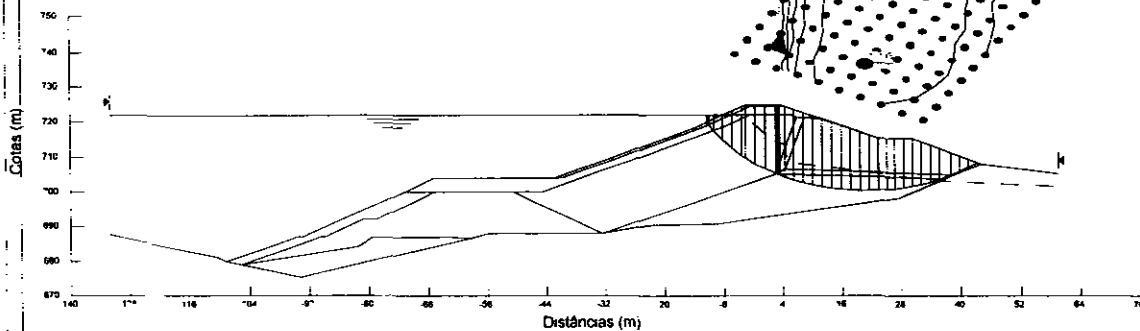


Fig 3 28

000047

Tendo em conta que as linhas superiores de saturação utilizadas nos cálculos de estabilidade, que resultaram dos estudos de percolação efetuados, são nalguns casos inferiores aos níveis piezométricos lidos nos piezómetros hidráulicos instalados e ponderando ainda a elevada cota a que a água foi reconhecida no paramento de jusante da barragem, fez-se um novo cálculo de estabilidade admitindo a subida em conformidade da linha superior de saturação

Os cálculos realizados incidiram sobre o perfil 22, tendo-se considerado os seguintes valores de resistência mecânica dos materiais

argila -	$c'=0,$	$\phi'=29^\circ$
	$c'=0,$	$\phi'=22^\circ$
latente -	$c'=30 \text{ kPa},$	$\phi'=33^\circ$

Obtiveram-se coeficientes de segurança mínimos de 1,28 e de 1,24, correspondente a superfícies de escorregamento profundas (Fig 3 29 a 3 30) Os resultados obtidos são, como se constata, bastante inferiores aos correspondentes às situações anteriormente analisadas, - em que a posição da linha superior de saturação foi considerada a cotas inferiores

Sobressai assim das modelações efetuadas, a necessidade de proceder a uma análise aprofundada, a realizar em documento próprio, quando estiverem disponíveis um maior número de leituras piezométricas que permitam definir com rigor a linha de saturação realmente instalada nos materiais interessados

Fez-se ainda um exercício preliminar, para as características mecânicas de cálculo anterior, que consistiu na avaliação do incremento de segurança que se obteria se se construísse no pé de jusante um prisma em enrocamento com coroamento à cota (192 5) de 15 m de largura e talude exterior inclinado a 1 1,5 (v h), cujos resultados se representam nas Figs 3 31 e 3 32, tendo-se obtido coeficientes de segurança de 1,52 e de 1,50, respectivamente para superfícies intermédias, acima do prisma, e profundas, abaixo do prisma, valores já em conformidade com os que são desejáveis no que respeita à adequada garantia da segurança global da obra

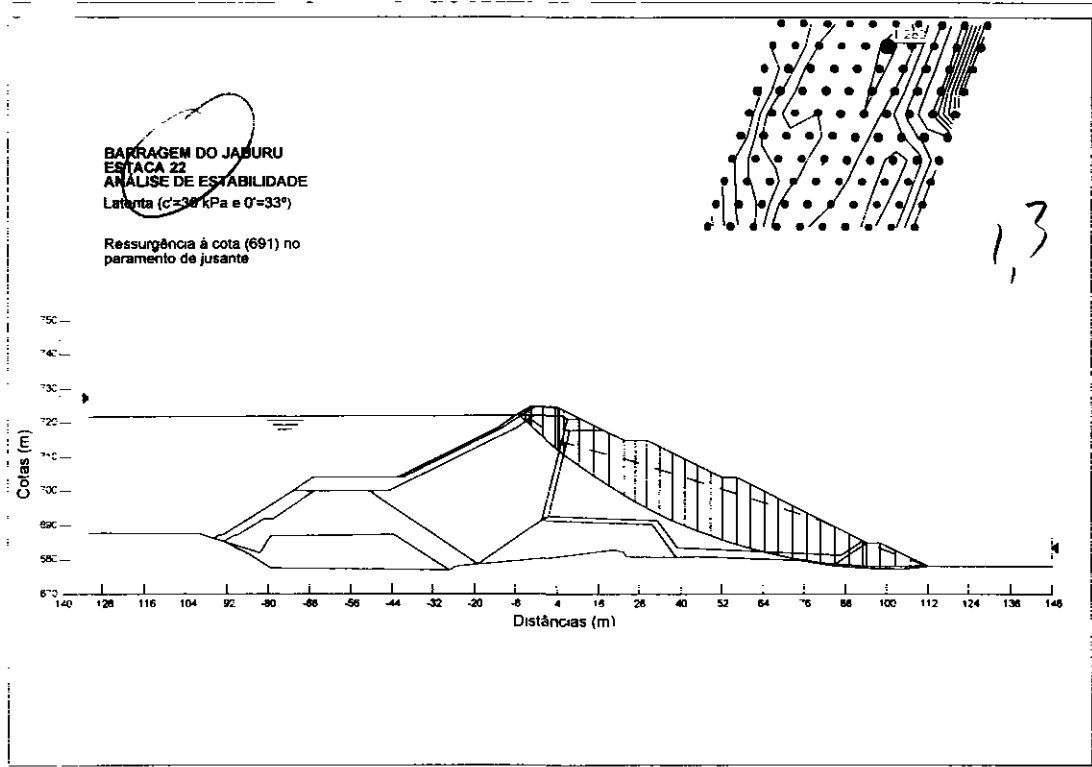


Fig 3 29

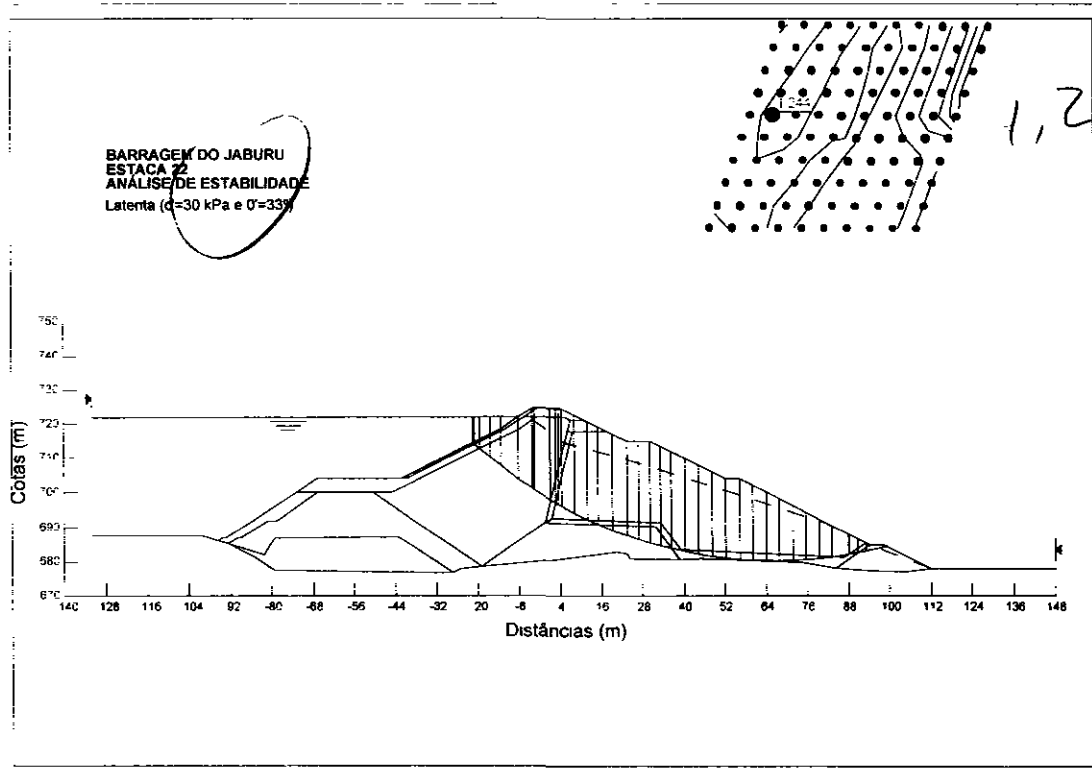


Fig 3 30

000049

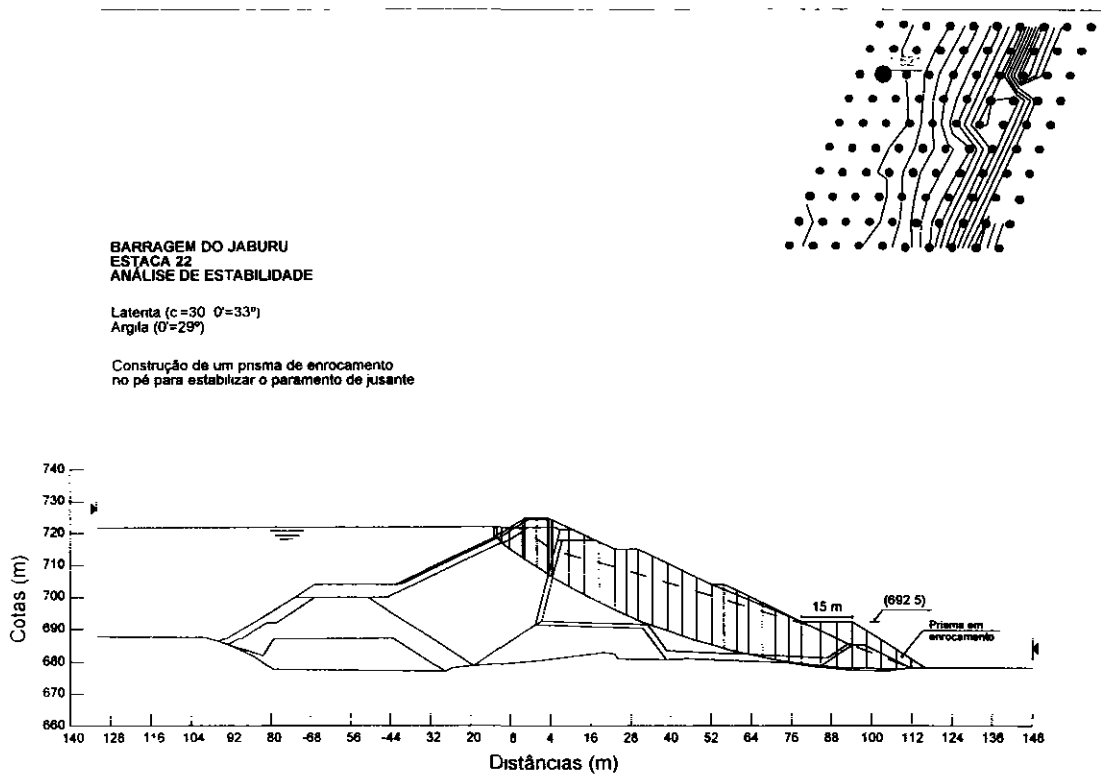


Fig 3 31

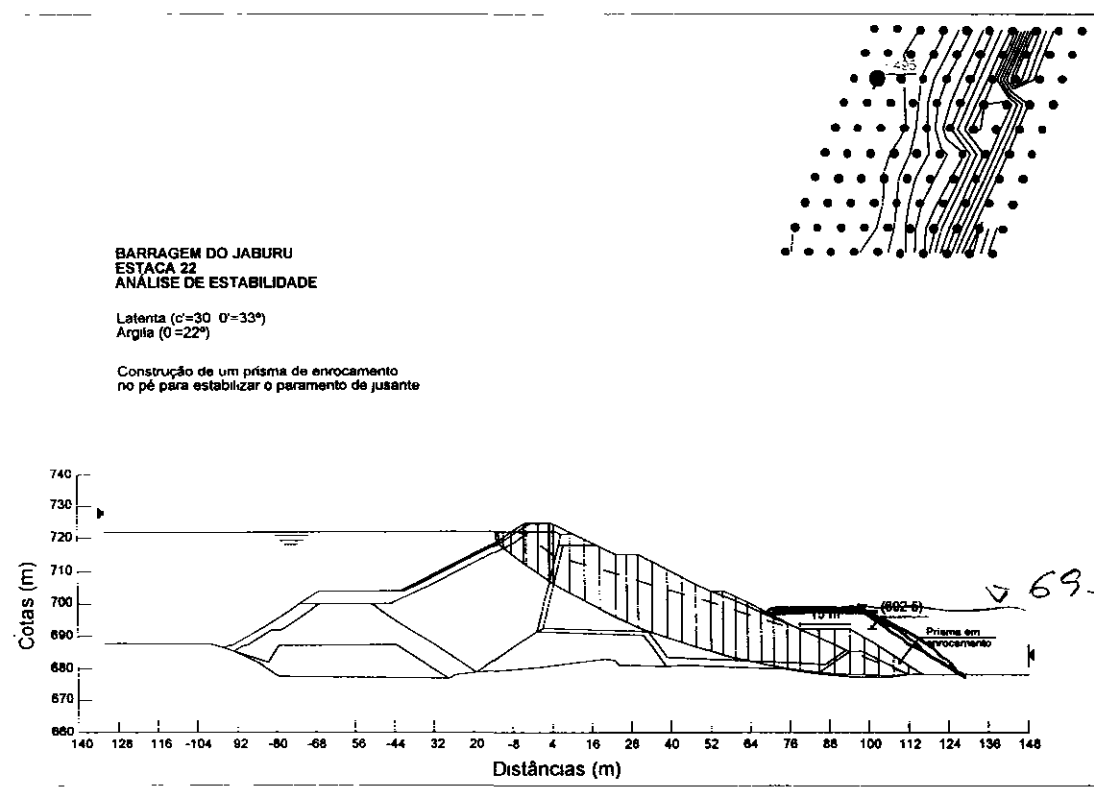


Fig 3 32

000030

4 - PROBLEMAS FUNDAMENTAIS DA OBRA

Faz-se neste ponto o tratamento individualizado das questões que se consideram de maior importância para a segurança e funcionalidade da barragem e suas estruturas anexas, cuja sistematização, feita em documento anterior, se apresenta em anexo e cuja problemática é aqui retomada, face aos novos elementos obtidos e visando já uma ponderação mais baseada nas metodologias de intervenção mais vocacionadas para cada caso e/ou o despiste de alguns cenários de risco

4.1 - ZONA ÚMIDA E RESSURGÊNCIAS NO TALUDE DE JUSANTE DA BARRAGEM, NO VALE PRINCIPAL

Este problema reconhecido no paramento de jusante da barragem, no vale principal, interessa ainda a zona de contato com a ombreira esquerda que poderá em parte ser responsável pelos elevados níveis de água que se verificam no talude da barragem

A situação reconhecida pode em parte ser explicada por permeabilidade insuficiente ou mesmo colmatção do filtro e por uma permeabilidade horizontal bem maior que a vertical, globalmente ou devido a camadas localizadas, sendo que, como se referiu, pode também contribuir para a situação, a alimentação da rede de fluxo estabelecida através de vazões da ombreira

Nos piezômetros hidráulicos recentemente instalados constatou-se a existência de níveis piezométricos nalguns casos muito elevados, embora não pareça, à partida, que estes correspondam a uma superfície freática bem estabelecida, antes podendo ser o resultado de passagens de água através de níveis e/ou interfaces mais permeáveis do aterro ou mesmo, nalguns casos, resultantes de água utilizada na furação para instalação dos piezômetros. Haverá assim que aguardar a disponibilidade de um maior número de leituras que permitam aferir se os níveis piezométricos registados até à presente data refletem um regime permanente ou um regime transitório

Acresce ainda que a caracterização mecânica resultante dos ensaios in situ efectuados no aterro argiloso, permitiu confirmar a existência de uma grande aleatoriedade de comportamento, com níveis de resposta mecânica (ensaios SPT) heterogêneos, alguns dos quais muito fracos

As vazões das ressurgências reconhecidas no talude da barragem não são objeto de medição específica, no entanto, os valores são aparentemente bastante baixos, não se verificando, em princípio, arrastamento de material, antes se constatando um processo de incrustação ferrosa nas laterites, envolvendo os pontos de saída de água

A zona úmida e as ressurgências não têm aparentemente evoluído, embora haja indícios de uma certa correlação com o nível do reservatório

O cenário reconhecido, embora aparentemente não tenha tido evolução desfavorável no passado recente, envolve risco dado os elevados níveis de água constatados no talude de jusante da barragem e lidos nos piezômetros e a provável fraca consistência de alguns níveis do aterro, acrescentando ainda que processos de erosões interna se podem desenvolver de modo descontínuo e manifestar-se subitamente

Assim sendo, considera-se que é necessário efetuar uma intervenção que melhore as condições de filtragem e drenagem e confinamento da zona afetada e que reforce a estabilidade global do talude

Uma solução que responde conceptualmente a estas preocupações será a de efetuar uma série de trincheiras filtrantes e drenantes na zona úmida, entrando no talude 4-5 m, através de retroescavadora, ligando essas trincheiras por um filtro-dreno contínuo e executar um aterro de recarga do talude, devidamente drenado. Na interface do aterro com a ombreira deverá também ser realizada uma vala filtrante e drenante visando melhorar as condições de drenagem desta zona e proteger o aterro confinante

A prévia abertura de alguns poços em locais criteriosamente escolhidos, na zona afetada pelas ressurgências, permitirá uma melhor caracterização da consistência do aterro e a identificação de zonas mais amolecidas e/ou em que os processos de circulação de água sejam mais intensos e que poderão merecer tratamento específico ou justificar o seu controlo e monitorização individualizada

Outras soluções se poderão pôr, designadamente recorrendo a processos de drenagem interna e profunda do aterro e a elementos de impermeabilização, contínua tipo parede moldada, ou mesmo reconstruindo trechos localizados do aterro da barragem mais afetados. São no entanto soluções de maior complexidade e custo e/ou que podem interferir profundamente com a exploração da barragem

000052

4.2 - RESSURGÊNCIAS, EROSÕES E CAVERNA NA FUNDAÇÃO

Este problema manifesta-se em diversos pontos, relativamente bem definidos ao longo da fundação da barragem, tendo a sua maior expressão na ombreira esquerda, onde ocorre uma caverna, atualmente com vazão controlada mas que chegou a registrar vazões muito elevadas

Os níveis intercalados de siltito e a fracturação intensa e desfavorável dos trechos superiores de arenito em muito contribuíram para o problema, tendo-se constatado perdas de água e grandes absorções em várias zonas. Subjacentes a estes níveis mais friáveis e permeáveis ocorrem formações areníticas mais consistentes em que se registaram absorções, na generalidade, reduzidas

Verificou-se, após a última intervenção de tratamento da fundação, que houve uma redução importante nas vazões medidas e que no passado recente a situação está, aparentemente, em fase de estabilização. Há no entanto que ter em consideração que ainda assim os valores de vazão medidos são altos e que as formações interessadas têm níveis muito friáveis

Por outro lado, na ombreira esquerda, há a hipótese dessas passagens no maciço estarem a interferir com o aterro e serem, pelo menos em parte, responsáveis pela saturação e saída de água que se observa no talude. Também na zona da tomada de água e entre o vertedouro e a barragem na ombreira direita ocorrem passagens de água e ressurgências que são problemáticas e interferem e/ou podem interferir com a necessária fiabilidade da barragem das suas estruturas hidráulicas anexas

O programa de reconhecimento implementado permitiu identificar trechos de grande absorção na ombreira esquerda (SM6), na ombreira direita (SR4) e na zona central (SM3), estando esta última zona diretamente relacionada com uma das ressurgências de expressão significativa que são atualmente objeto de medição e interessando uma zona permanentemente alagada do terreno de fundação a jusante da barragem

Assim sendo, considera-se necessário prever a execução de um tratamento de estanquidade nas áreas envolventes destas sondagens, de modo, essencialmente, a prevenir evoluções potencialmente desfavoráveis e também a minimizar perdas de água

Face à existência de continuidade de um nível inferior relativamente estanque, subjacente às formações mais permeáveis, poder-se-á em alternativa - e face à necessidade de mobilização de meios relativamente importantes para as intervenções localizadas que se preconizam -

000033

proceder a uma intervenção sistematizada do tratamento ao longo de todo o desenvolvimento da obra, que no entanto terá uma dimensão e custo bem superiores

Outras soluções poderão ser encaradas, designadamente para a ombreira esquerda, através da execução de uma galeria que possibilitasse a realização dos trabalhos de injeção das formações envolventes e de drenagem a jusante, permitindo previamente um melhor conhecimento das formações atravessadas aquando da sua execução. Haverá também que acautelar eventuais evoluções desfavoráveis da situação aquando da intervenção, face ao histórico do problema, e/ou condicionar sensivelmente o nível de água no reservatório, o que não é fácil, sendo uma solução que envolve alguma especificidade

4.3 - TOMADA DE ÁGUA E ATERRO ENVOLVENTE

4.3.1 - Ressurgências no pé de enrocamento no vale secundário da tomada de água

Estas passagens de água podem ter origens diversas, seja através do contato de aterro com a fundação, seja pela interface com a tubulação da tomada de água ou mesmo devido a alguma perda nessas tubulações que estão permanentemente em carga

A situação pode envolver algum risco, face a alguns cenários de difícil reconhecimento, de potencial evolução gravosa da situação, designadamente, por um processo de erosão interna na interface aterro - tomada de água

A execução de trincheiras de filtragem e drenagem no pé de jusante e a eventual recarga do seu pé de enrocamento poderá ser uma solução que previna evoluções desfavoráveis, sendo que a situação atual poderá ter alguma melhoria com o reforço do tratamento de estanquidade nesta zona e com uma intervenção de adequação das condições de controlo da tubulação que serão particularizadas no item 4.3.2

4.3.2 - Falta de condições de segurança e insuficiência do órgão de fundo

Esta questão envolve diversos itens, entre os quais, a falta de controlo da tubulação a montante, estando o sistema sempre em carga e podendo verificar-se passagem de água para o aterro em caso de rotura, impossibilidade de inspeção e intervenção na tubulação e seção insuficiente da tubulação como órgão de segurança de barragem

000054

Estas limitações e insuficiências constatadas são particularmente gravosas numa obra que tem um conjunto de problemas importantes que podem afetar a sua segurança, contribuindo eles mesmos para o aumento dos riscos associados

As soluções possíveis a estudar passam pela execução de um rolhão com o auxílio de mergulhadores e/ou o abaixamento do nível de água e ensecagem a montante para execução de uma torre que permita o controlo a montante ou de um poço no aterro que permite ainda melhorar a estanquidade na zona envolvente da conduta

A construção de um novo órgão hidráulico de fundo – de bem maior capacidade que permita o esvaziamento do reservatório - eventualmente rentabilizado por um aproveitamento de mini-hídrica seria uma mais valia importante para a segurança da obra

4.4 - EROSÕES NO CANAL DO VERTEDOIRO E PASSAGENS DE ÁGUA PARA A OMBREIRA DA BARRAGEM.

Estas erosões são bem evidentes no rasto do canal criando sumidouros por onde a água se infiltra, sendo também visíveis nas paredes algumas zonas de fracturação muito aberta e muito descomprimidas e amolecidas. As sondagens efetuadas permitiram identificar níveis de siltitos e de arenitos muito fraturados, correspondendo ao nível superior mais descomprimido e friável do maciço

A sondagem SR4, localizada entre o canal e a barragem, tem trechos com absorções importantes de água, o que aliás está em consonância com os indícios de circulação abundante de água na ombreira direita da barragem, devido a infiltrações através do canal do vertedouro

O quadro que se sintetiza é preocupante e tem indícios de evolução desfavorável - progressiva e com alguma velocidade - face ao funcionamento relativamente frequente do vertedouro e aos valores importantes das vazões de cheia previsíveis

Considera-se pois necessário para além de efetuar o tratamento de estanquidade da zona da ombreira entre o vertedouro e a barragem que minimize passagens de água, tratar localmente, com preenchimento de enrocamento argamassado, betão projetado e pregagens, as zonas do rasto e dos taludes do canal mais erodidas, mais descomprimidas e/ou mais permeáveis

5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente documento visou possibilitar uma primeira discussão das soluções a desenvolver no âmbito dos estudos de recuperação da barragem do Jaburu, tendo já em consideração a informação obtida do programa de reconhecimento complementar implementado

Os estudos efetuados permitiram constatar uma boa relação causa-efeito nos fenómenos em equação, tendo o programa de reconhecimento e de instalações de piezómetros sido bastante conclusivo em parte dos casos

A análise aqui efetuada será naturalmente aprofundada e desenvolvida de modo a que o diagnóstico dos problemas e a sua resolução se faça com todo o rigor e apoio possível

No entanto, é sabido que por vezes, o tratamento de problemas da índole dos que aqui se discutem, poderá não permitir explicar de forma total e firme os processos que originaram os problemas em estudo

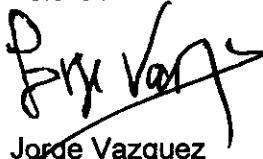
Nestes casos há no essencial que ter em conta que mais do que uma abordagem científica é preciso ter uma atitude técnica, de modo a que se garanta sobretudo a solução dos problemas e se assegure a segurança e funcionalidade da obra, através de soluções viáveis do ponto de vista técnico-económico

É nesse espírito que se integram algumas das hipóteses das soluções aqui expressas, tendo ainda em atenção que em ações de recuperação desta índole não se pode por vezes atuar diretamente no elemento afetado, havendo que, caso a caso, procurar alternativas que salvaguardem os objetivos da intervenção

Os estudos a desenvolver neste contexto tratarão com particular atenção a problemática do plano de instrumentação da obra, de modo a que as intervenções agora objeto de estudo sejam assumidas como um episódio de uma obra "viva" que tem de ser observada e acompanhada em permanência

Lisboa, Julho de 1999

Pelo Consórcio



Jorge Vazquez

Director do Serviço de Geotecnia

ANEXO I

**PROBLEMAS FUNDAMENTAIS DA OBRA
(GEODINÂMICA/COBA, Maio de 1999)**

000057

1 - PROBLEMAS FUNDAMENTAIS DA OBRA

Os principais aspectos observados durante a visita de 7 de Fevereiro de 1999 permitiram constatar que não se verificaram evoluções desfavoráveis das deteriorações e problemas identificados na visita anterior de 22 de Novembro de 1998, mantendo-se válidas as observações efetuadas no relatório da missão anterior

Assim, referem-se aqui apenas os problemas fundamentais que, do ponto de vista da segurança da obra, constituem a prioridade dos estudos em curso

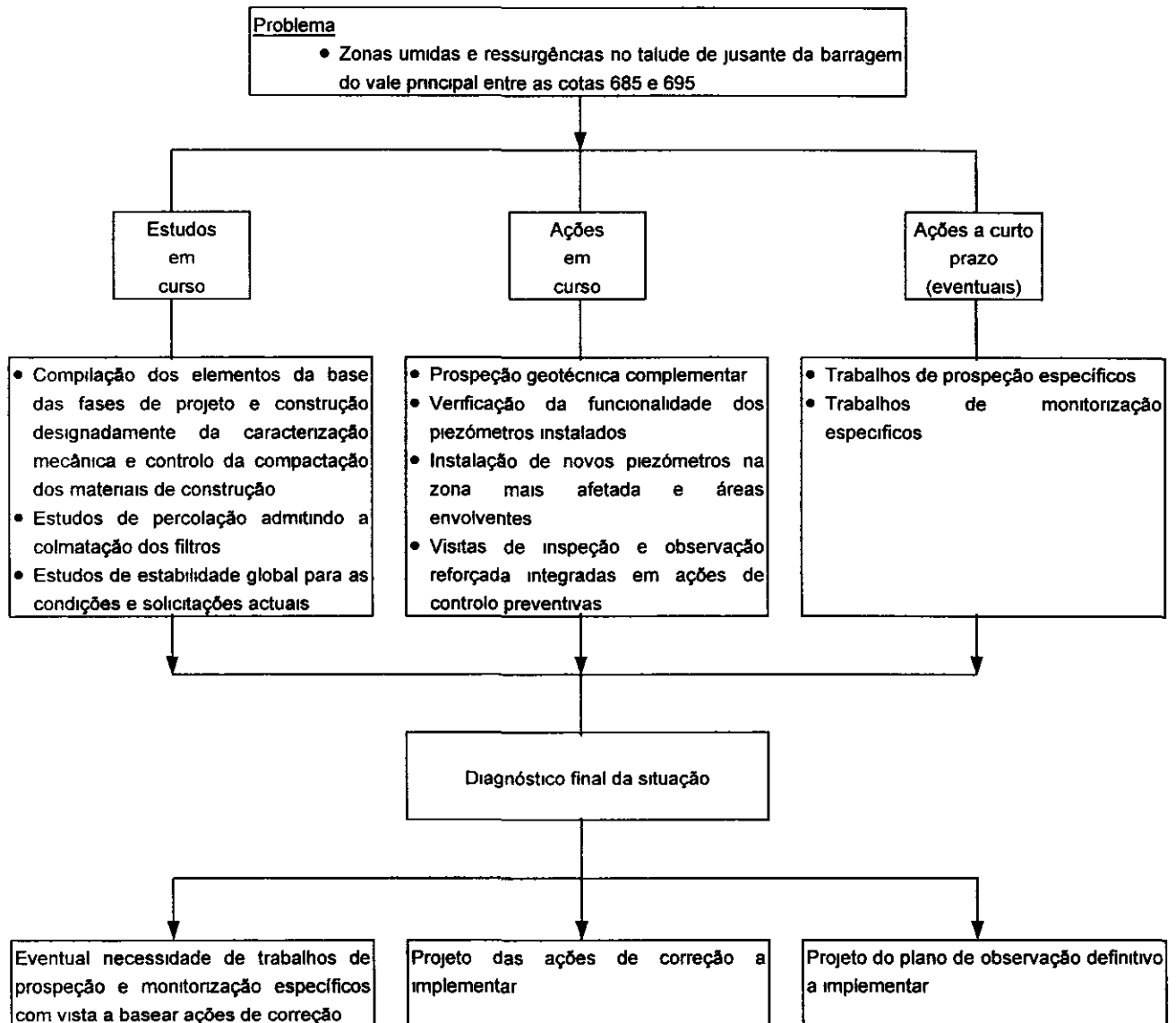
1.1 - CORPO DA BARRAGEM

O problema mais preocupante reconhecido é, como houve oportunidade de sublinhar no relatório anterior, as zonas úmidas e ressurgências no talude de jusante da barragem do vale principal, entre as cotas 685 e 695

Admitindo que a percolação que está na origem das ressurgências tem o sentido montante-jusante poderá depreender-se que o sistema de drenagem da barragem estará colmatado

De qualquer forma a existência de um nível piezométrico no interior do maciço de jusante a cotas relativamente elevadas como as reconhecidas poderá originar a ocorrência de fenómenos que conduzam à rotura, designadamente, erosão interna, assentamentos e instabilização de taludes

Os estudos e ações em curso e a executar discriminam-se sumariamente no organograma subsequente



1.2 - FUNDAÇÃO

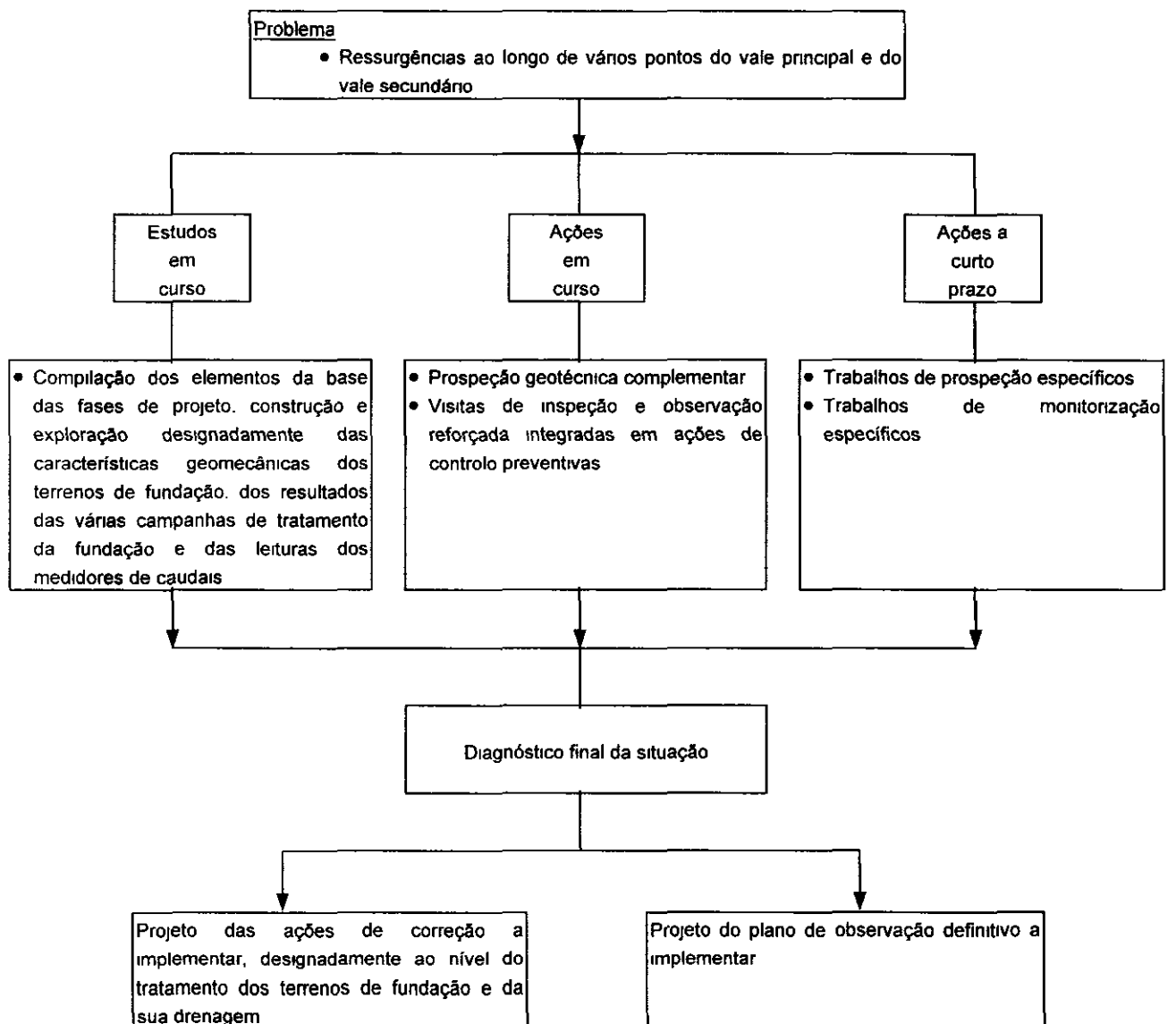
As ressurgências pela fundação da barragem do Jaburu são atualmente moderadas, com valores bastante inferiores a valores anteriormente verificados

No entanto, os valores bastante elevados verificados anteriormente e as características geotécnicas das formações interessadas, designadamente o seu carácter fiável, fazem com que o comportamento da fundação da barragem deva ser objeto de observação e acompanhamento reforçado, atividades estas integradas em ações de controlo preventivas

000059

Alrás, na visita de inspeção última constatou-se que grande parte do caudal que deveria aceder ao medidor de caudal V4 estava a ser desviado antes, pelo que as medições estarão atualmente a ser subavaliadas

Os estudos e ações em curso e a executar discriminam-se sumariamente no organograma subsequente



1.3 - TOMADA DE ÁGUA

A movimentação aparente do enrocamento do pé da barragem na zona confinante com o circuito da tomada de água, as ressurgências reconhecidas e a grande quantidade de água

000000

GEODINÂMICA / COBA

acumulada no terreno imediatamente a jusante da barragem fazem questionar a integridade da conduta da tomada de água e, conseqüentemente, do aterro envolvente

A tomada de água é constituída por uma tubulação em aço de 600 mm embutido num maciço de concreto cujo controlo é feito a jusante por intermédio de 2 válvulas

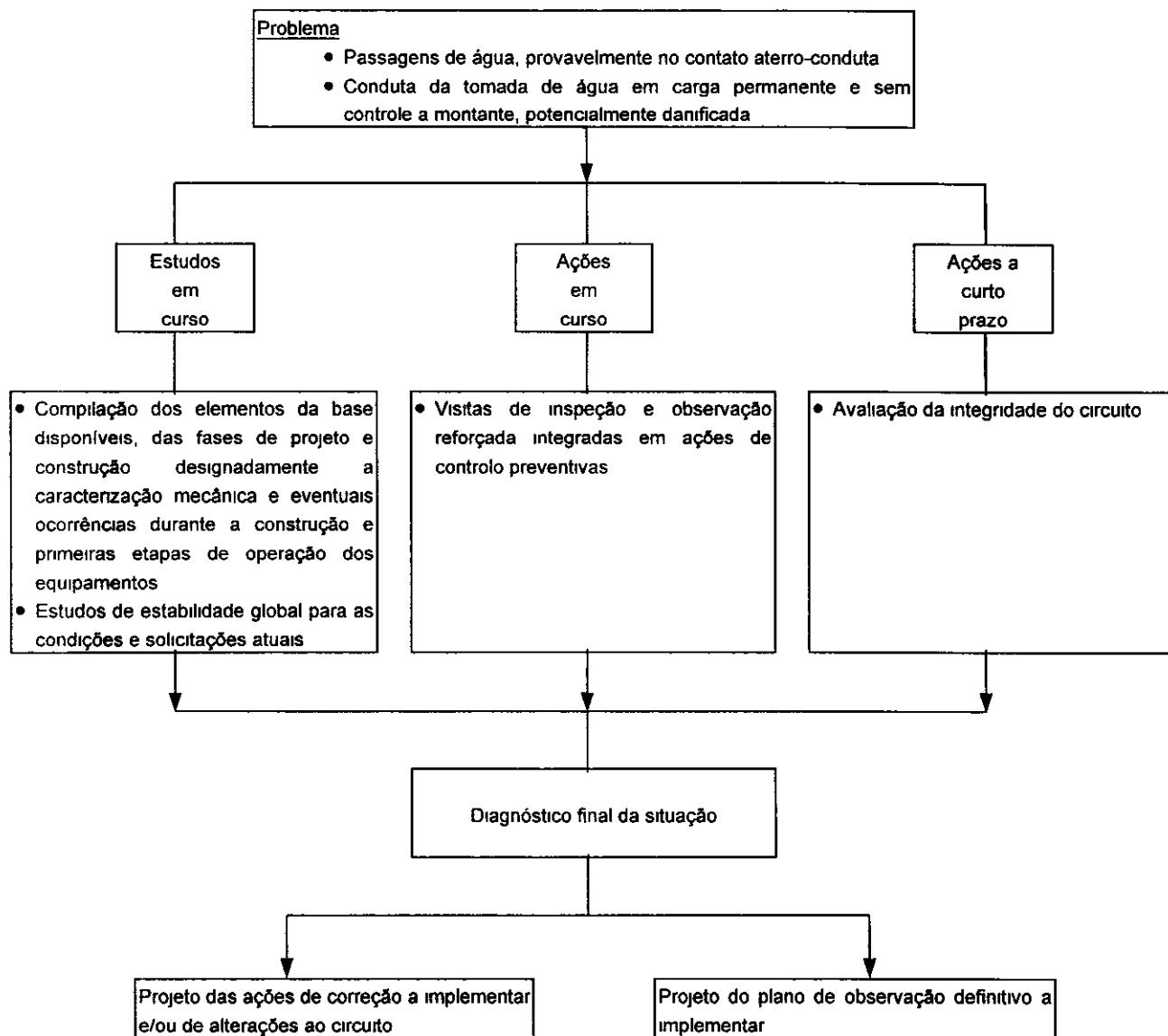
A solução construída levanta questões conceptuais associadas à permanência sob o corpo da barragem de uma conduta permanentemente em carga. A impossibilidade de obturação a montante da conduta determina que não seja possível a sua ensecagem e inspeção periódica

A detecção das eventuais fugas e sua localização na conduta exige assim a criação de condições de ensecagem desta ainda que provisória. A detecção e correção das fugas constituirão ações de difícil implementação e complexas, para o que contribui para além das razões já expostas o pequeno diâmetro da conduta

Considera-se assim que aproveitando os trabalhos de carácter provisório que terão que ser realizados se implementem alterações ao circuito que obviem situações semelhantes no futuro. Assim, a execução de um poço-torre a montante, efetuado a partir do coroamento (com prévia ensecagem da entrada da tomada de água) e instalação de equipamento de controlo com criação da câmara envolvendo a conduta e eventual execução de tratamento da estanquidade

Levantam-se assim aspectos potencialmente relacionados com a segurança da obra, cujos estudos e ações em curso e a executar se discriminam sumariamente no organograma subsequente

000061



1.4 - VERTEDOURO

O vertedouro localizado na ombreira direita do vale secundário, é constituído por uma estrutura de controle das vazões em betão fundada em arenito são. O canal de aproximação a montante e o canal de restituição a jusante são escavados na rocha, verificando-se durante os períodos de funcionamento infiltrações no talude esquerdo do canal de entrada do vertedouro - onde ocorre uma camada superficial de arenito compacto com estratificação subhorizontal sob a qual ocorrem siltitos e argilitos de baixa resistência à erosão. Estas águas de infiltração afluem a jusante do pé da barragem no encontro direito do vale secundário. Por outro lado, a jusante da seção de controlo verifica-se a erosão das camadas de rochas friáveis sob o arenito são.

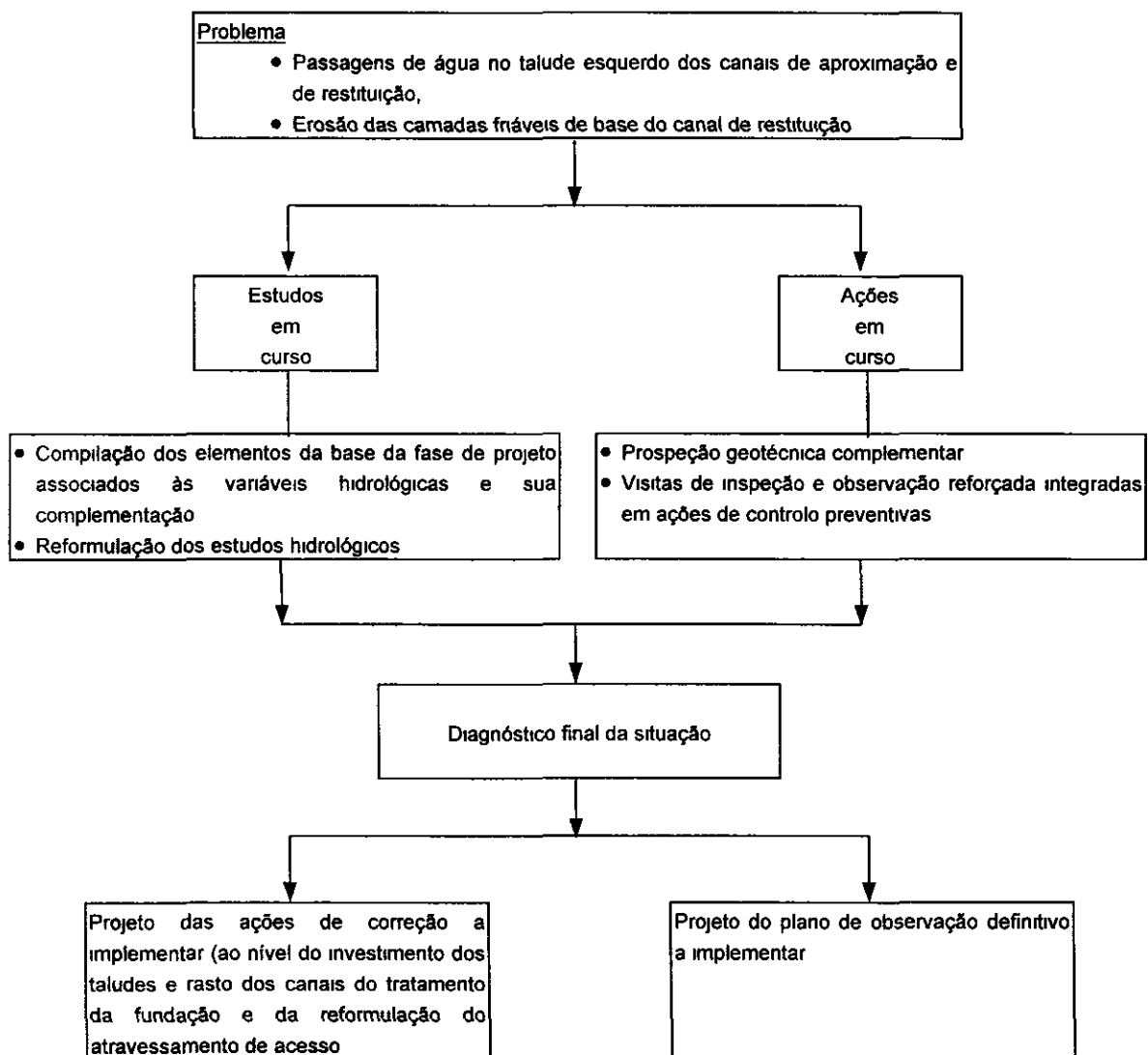
000062

GEODINÂMICA / COBA

formando cavidades que determinam percursos de infiltração e instabilizando os blocos de arenito subjacentes

Associado ao funcionamento do vertedouro há ainda a referir a interrupção do acesso ao coroamento que atravessa o canal de restituição

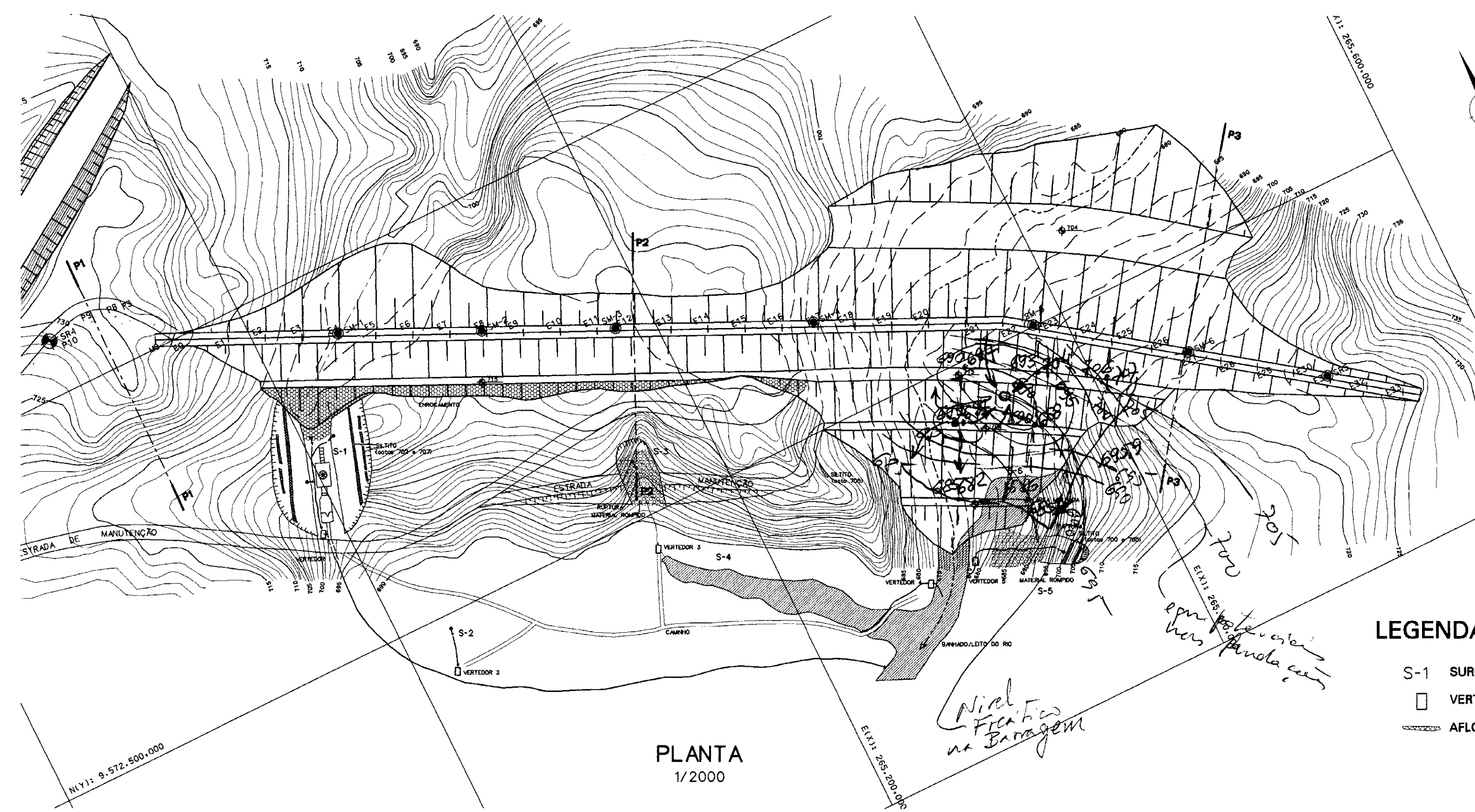
Os estudos e ações em curso e a executar discriminam-se sumariamente no organograma subsequente



ANEXO II

**BARRAGEM DO JABURU
ZONAMENTO HIDRÁULICO**

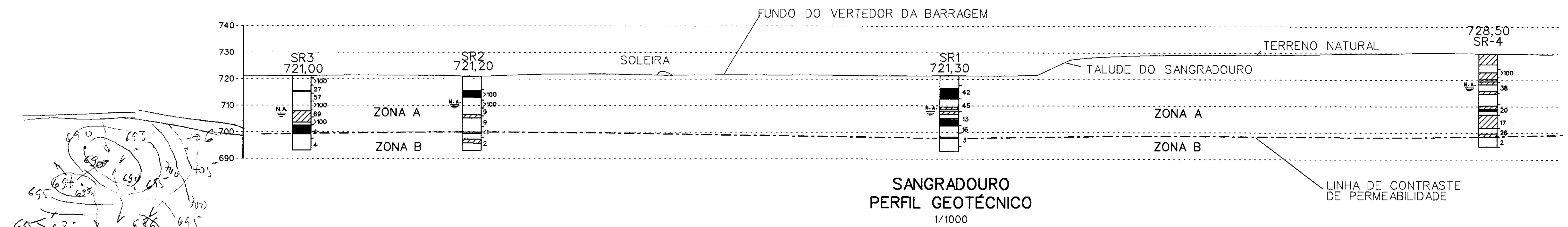
000064



PLANTA
1/2000

LEGENDA DA PLANTA

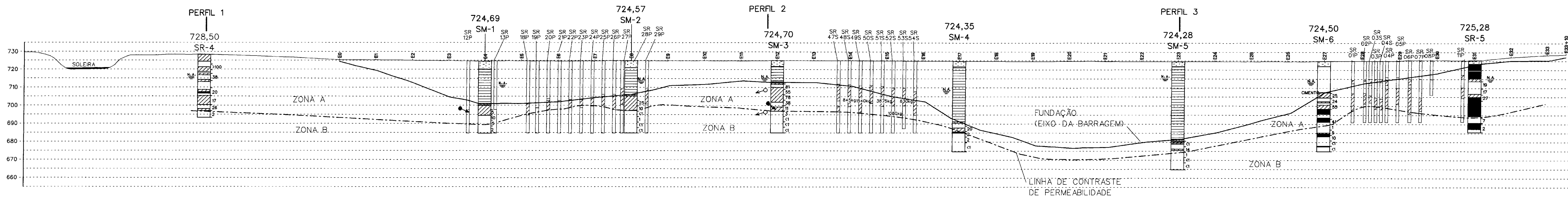
- S-1 SURGÊNCIAS DE ÁGUA
- VERTEDORES
- ▬ AFLORAMENTOS DE SILTITO



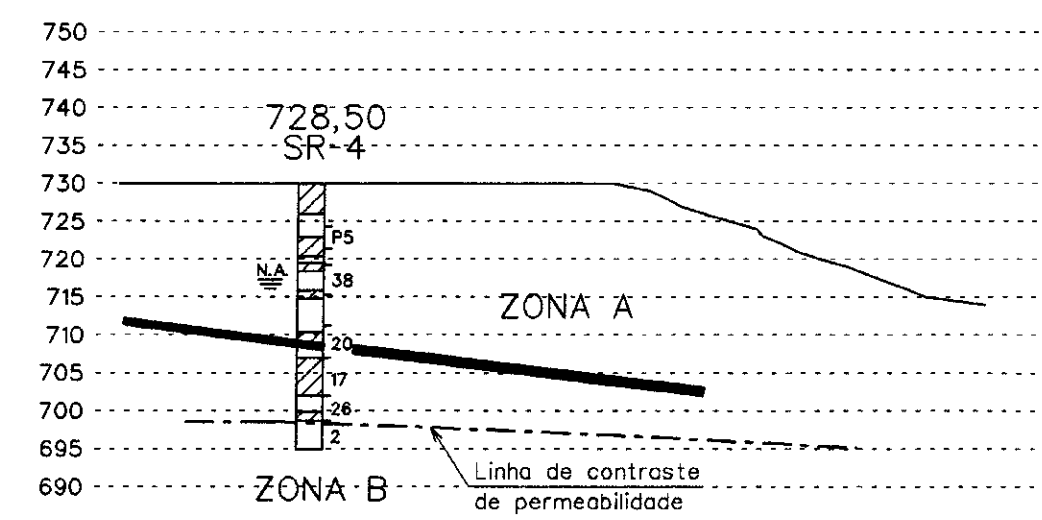
SANGRADOIRO
PERFIL GEOTÉCNICO
1/1000

LEGENDA DOS PERFIS
GEOLÓGICO /GEOTÉCNICOS

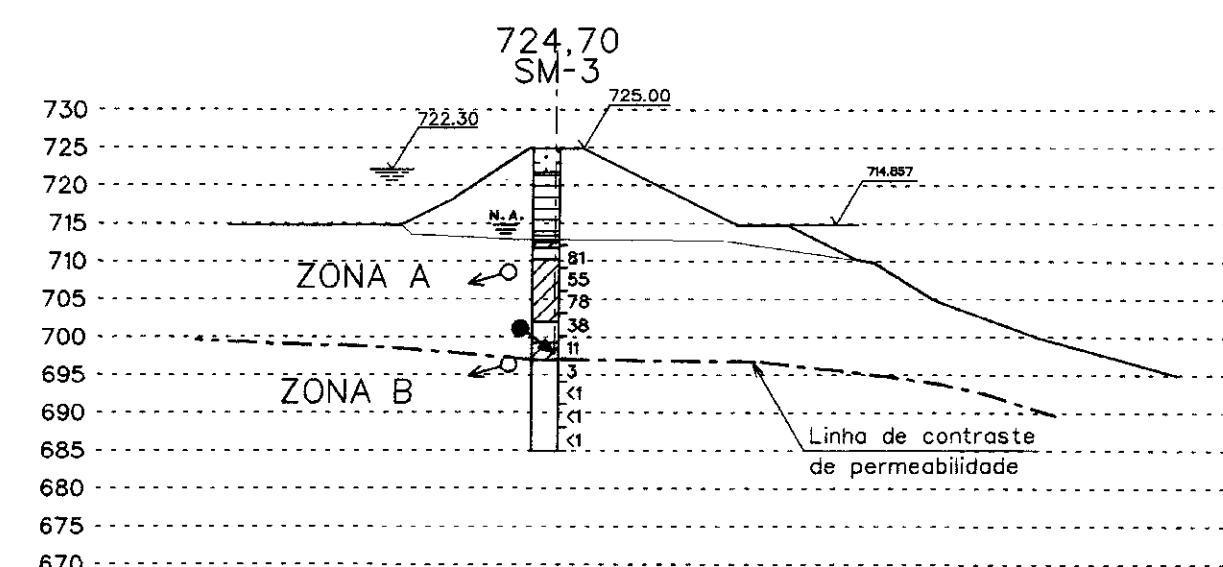
- ▨ ATERRO DE PEDREGULHO DE LATERITA
- ▨ ATERRO DA BARRAGEM
- ▨ FILTRO DA BARRAGEM
- ▨ ARENITO ALTERADO (CONTATO)
- ▨ ARENITO
- ▨ ARENITO OU SILTITO F5 (ESMAGADO)
- ▨ SILTITO
- PERDA D'ÁGUA
- SURGÊNCIA DE ÁGUA (PROJEÇÃO)
- 1080kg CONSUMO DE CIMENTO
- 724.28 SM-5 SONDAGENS (FASE ATUAL)
- SR 12P TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO (ETAPA 1)
- SR 18P A 29P TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO (ETAPA 2)
- SR 47S A 54S TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO (ETAPA 2)
- SR 01P A 11P TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO (ETAPA 3)



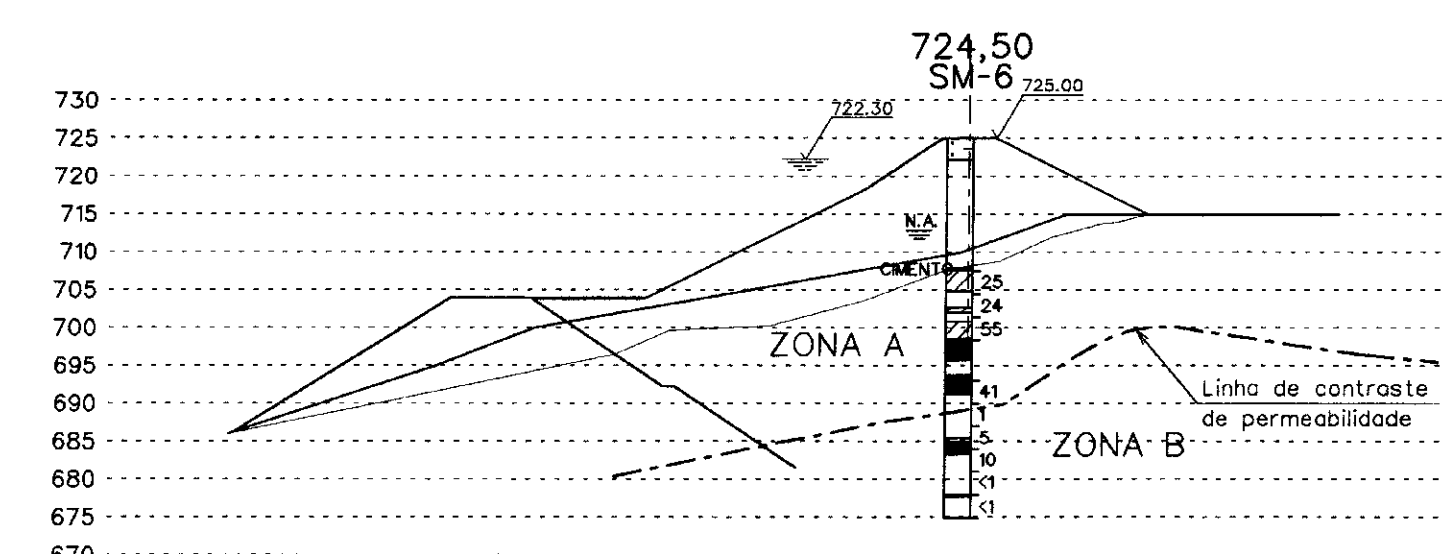
PERFIL GEOLÓGICO /GEOTÉCNICO
1/1000



PERFIL TRANSVERSAL - P1
1/500



PERFIL TRANSVERSAL - P2
1/500



PERFIL TRANSVERSAL - P3
1/500

000065

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS
COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS-COGERH

PROJECTO EXECUTIVO DE RECUPERAÇÃO DA BARRAGEM DE JABURU

COBA
CONSTRUTORA PARA OBRAS BARRAGENS E FUNDAMENTOS S.A.
AVENIDA 5 DE OUTUBRO, 323
1000 LISBOA - PORTUGAL

PROJECTO DE DESENVOLVIMENTO URBANO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO CEARÁ - PROURB/CE

ZONAMENTO HIDRÁULICO

PROJ: JABURU

DES: Vários

OP: Vários

DATA: 07/99

ESCALA: Vários