

GOVERNO DO ESTADO



CEARÁ
AVANÇANDO NAS MUDANÇAS

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ **SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH**

PROJETO EXECUTIVO DE RECUPERAÇÃO **BARRAGEM JABURU I**

INTERVENÇÕES DE ESTABILIZAÇÃO E DE
DRENAGEM

REFORÇO DO TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO

COBA

FORTALEZA- CE
MARÇO 2000

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ

GOVERNO DO ESTADO



CEARÁ

AVANÇANDO NAS MUDANÇAS

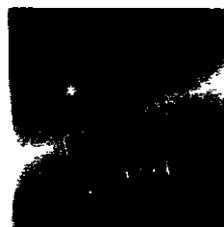
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS

PROJETO EXECUTIVO DE RECUPERAÇÃO DA BARRAGEM DO JABURU I

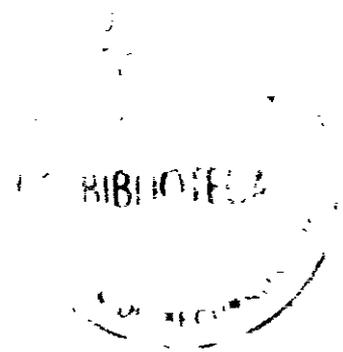


REFORÇO DO TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO

MARÇO 2000



COBA



000003

**PROJETO EXECUTIVO DE RECUPERAÇÃO DA
BARRAGEM DO JABURU I**

LISTA DE VOLUMES:

INTERVENÇÕES DE ESTABILIZAÇÃO E DE DRENAGEM

TOMO I - BARRAGEM

TOMO II - SANGRADOURO

REFORÇO DO TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO

PLANO DE OBSERVAÇÃO

PROGRAMA DE TRABALHOS

ESTIMATIVA ORÇAMENTAL

**BARRAGEM DO JABURU I
REFORÇO DO TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO**

**ELEMENTOS QUE
COMPÕEM O VOLUME**

- **MEMÓRIA**

- **ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS**

- **LISTA DE QUANTIDADES**

- **DESENHOS**

- **ANEXO**

000005

MEMÓRIA

06/0006

**REFORÇO DO TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO
PROJETO EXECUTIVO**

ÍNDICE

	Pág.
1 - INTRODUÇÃO	1
2 - CARACTERÍSTICAS GEOLOGICO/GEOTÉCNICAS E ZONAMENTO HIDRAULICO	2
3 - REFORÇO DO TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO	5

REFORÇO DO TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO

PROJETO EXECUTIVO

1 - INTRODUÇÃO

O presente documento integra-se no âmbito do Projeto Executivo de Recuperação da Barragem do Jaburu I e constitui uma revisão do Reforço do Tratamento da Fundação elaborado em Novembro de 1999 e entregue à Secretaria de Recursos Hídricos para apreciação

No seguimento das missões de inspeção da barragem e dos diversos estudos subsequentes, nos quais se procedeu a uma análise sistematizada da problemática de segurança da barragem e das suas estruturas anexas, recomendou-se, como uma das medidas de reparação, a execução do reforço localizado do tratamento da fundação da barragem do Jaburu numa extensão total de 144 m, em dois trechos compreendidos um entre as estacas E25 e E29 (ZONA 1) com 84 m de extensão e outro entre as estacas E10 a E13 (ZONA 2) com cerca de 60 m

No presente documento apresenta-se a respetiva memória descritiva. As especificações técnicas, planilha de quantidades e desenho de execução constam dos anexos respetivos

Nesta memória apresentam-se no Capítulo 2 os principais aspetos de natureza geológica e geotécnica que condicionam o tratamento da fundação e fundamentam a intervenção preconizada com particular enfoque para o zonamento hidráulico da fundação e para os fenômenos de surgências a jusante. No Capítulo 3 define-se a zona a ser objeto de reforço e descreve-se detalhadamente o tratamento preconizado

000008

2 - CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICO/GEOTÉCNICAS E ZONAMENTO HIDRÁULICO

A barragem do Jaburu com cerca de 50 metros de altura máxima e 660 metros de comprimento tem crista a cota 725 m. O corpo da barragem é assimétrico em relação ao talvegue, tendo a sua maior parte construída sobre a ombreira direita.

A barragem é dotada de um vertedouro, implantado na ombreira direita que corresponde a um canal escavado em rocha (arenito), com cerca de 500 metros de comprimento por 25 m de largura na base. Os taludes, com uma altura máxima de 10 m, e o fundo não são revestidos. A soleira é construída em concreto.

A região onde se situa a barragem é conhecida como Serra da Ibiapaba e corresponde a um planalto cuneiforme, sustentado, principalmente pelos sedimentos do Grupo Serra Grande de idade siluriana, constituída por um espesso pacote de arenitos de coloração clara, médios a grosseiros, com frequentes camadas conglomeráticas em sua parte superior (Formação Jaicós), intercalações de folhelhos e siltitos micáceos escuros em sua parte média (Formação Tiangua) e estratos cauliniticos e diamictitos em sua parte inferior (Formação Ipu).

As formações apresentam-se intensamente diaclasadas, gerando alinhamentos de direção NW e NE, provavelmente com o resultado da reativação de falhamentos pré-existentes, ao nível do embasamento Pre-Cambriano sotoposto.

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.

Relativamente a natureza dos minerais constituintes da rocha de fundação, sobretudo dos siltitos mais erodíveis, foi realizada uma análise mineralógica de amostra colhida aos 18,0 na sondagem SM6. Trata-se de um nível de intercalação de siltitos com arenitos com perdas de água muito elevadas (>70 Lugeon).

000009

Os resultados obtidos em espectrofotometro de massa permitiram identificar os seguintes minerais principais

- Caulinita
- Mica
- Quartzo
- Feldspato

e ainda

- Goetita
- Hematita
- Magnetita

Por outro lado não se identificou qualquer mineral de argila com características expansivas ou dispersivas

Apos a análise integrada dos resultados obtidos nos trabalhos de investigação executados recentemente e da informação disponível das fases anteriores, designadamente a correspondente aos tratamentos de reforço efetuados em 1988/89 e 1993, elaborou-se o zonamento hidraulico do maciço de fundação da barragem

Os resultados obtidos nos varios ensaios de perda de agua executados permitem definir essencialmente dois tipos de situações

- 1 zonas com elevadas perdas de agua, 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 cenario de percolação franca através de fraturas com abertura relativamente grande,
- 2 zonas com baixa absorção de agua, mesmo a pressão mais elevada, com escoamento laminar ou anormal por pequena variação, constância ou colmatação das fraturas e abertura elastica 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 duas zonas apresentadas no desenho 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 justifica 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 a 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 e não tratadas devidamente em anteriores campanhas

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 a 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 a 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 nunca 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 registra na fundação da barragem, esta última objeto de diversos tratamentos

3 - REFORÇO DO TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO

Face ao cenário apresentado, considerou-se pertinente proceder ao reforço do tratamento da fundação da barragem nos seguintes trechos, visando reduzir a vazão

ZONA 1 - interessando a **zona da ombreira esquerda do vale principal**, aproximadamente entre as estacas 25 e 29, num desenvolvimento total de cerca de 84 m.

ZONA 2 - na **envolvente da sondagem S3**, aproximadamente entre as estacas 10 e 13 num desenvolvimento total de cerca de 60 m

Na verdade e face aos elevados valores de perda de água observados nessas duas zonas, nos recentes trabalhos de prospeção complementar, cifrando-se em 25 a 55 Lugeon na sondagem S5 (zona da ombreira esquerda até cerca dos 20 m abaixo da fundação da barragem) e 11 a 81 Lugeon na sondagem S3, nas cotas superiores do maciço de fundação, numa profundidade de cerca de 15 m, e recomendável a implementação de ações que permitam a redução e o controlo da percolação pela fundação

Por outro lado parece razoável associar, pelo menos em parte, a percolação pela fundação na ombreira esquerda as surgências e zonas umidas no talude de jusante da barragem no vale principal cenário credível face aos elevados valores de permeabilidade observados nos trabalhos de campo

Acresce ainda, que na ZONA 2, se observaram níveis piezométricos muito elevados no terreno superficial da fundação e surgências importantes no terreno a jusante do corpo da barragem, na zona envolvente da sondagem S3 (não obstante a reduzida carga hidráulica) Trata-se aliás duma zona que nunca foi objeto de tratamento do maciço durante a vida da obra

O tratamento constará da execução duma cortina de injeções vertical, a partir da crista da barragem, com vista ao controlo da percolação através da fundação

Para a execução do tratamento será necessário atravessar uma espessura razoável do aterro da barragem pelo que os trabalhos de furação deverão atender a esse fato, sendo objeto de particulares cuidados, no sentido de minimizar a perturbação do aterro e do contato aterro/fundação durante os trabalhos de furação e posteriormente de injeção

Assim os furos terão um trecho inicial, executado com furação destrutiva e a seco, atravessando o aterro e penetrando cerca de 0.50 m no maciço de fundação Serão então

instalados negativos encastrados no maciço rochoso, com diâmetro de 100 mm, em PVC rígido ou em aço, devidamente solidarizados ao aterro da barragem

Um dos aspetos importantes a ter em conta durante a furação do aterro da barragem devera ser o controlo do desvio dos furos, tendo em conta que se pretende tratar uma zona especifica e se pode correr o risco, se esse desvio for acentuado, sobretudo nos furos mais longos, de interseção dos filtros ou drenos da barragem. Na verdade e apesar do tratamento previsto ser executado no limite de montante do coroamento, junto ao paramento, para evitar uma proximidade exagerada dos órgãos de drenagem, um desvio muito acentuado na furação podera acabar por atingir esses orgãos, situação que deve ser evitada

No maciço rochoso a furação para injeção sera a rotação destrutiva ou a rotopercussão com um diâmetro mínimo superior a 50mm. Em alguns furos, a furação sera efetuada com carotagem contínua e ensaios de perda de água sob pressão

A cortina de injeções sera materializada por uma única fiada de furos verticais, com um espaçamento final, em principio, de 3 metros, implantados na crista, a montante do eixo da barragem e segundo a sua superfície de referência

Para o seu modo de execução prevê-se a realização de furos primários, secundários e terciários, espaçados respectivamente de 12, 6 e 3 m. O tratamento será executado por aproximações sucessivas ("split spacing method") podendo, nos casos em que se verifique a impossibilidade de preencher os vazios de forma adequada com o afastamento entre furos preconizado, executar-se alguns furos quaternários, resultando então um afastamento final entre furos, nessas zonas, de apenas 1,5m

A profundidade do tratamento sera muito diversa, variando entre os 38 e 48 m para a ZONA 1, na ombreira esquerda e rondando os 30m para a ZONA 2, mais central e regular. Uma parte significativa desta profundidade corresponde ao atravessamento do aterro da barragem, cuja espessura e da ordem de 10 a 35 m na ZONA 1 e 11 a 12 m na ZONA 2. Resulta assim que o comprimento efetivo de tratamento do maciço rochoso corresponde apenas a cerca de 10 a 27 m na ZONA 1 e de 22 m na ZONA 2

No Des 1 apresenta-se o tratamento da fundação proposto

No inicio dos trabalhos prevê-se a execução duma cortina experimental, sugerindo-se a localização entre as estacas E28 e E29, na ombreira esquerda numa extensão de 24 m. A cortina de ensaio será executada do seguinte modo

- i) **Furos primários**, com afastamento de 12 m e verticais. Os furos serão executados a seco e revestidos por tubo PVC ou metálico no trecho correspondente ao aterro da barragem, encastrando-se 0,50 m no maciço de fundação. No maciço rochoso a furação será efetuada a rotação com carotagem contínua e ensaios de perda de água sob pressão, com 5 patamares de pressão e 3 m de comprimento. Os ensaios serão todos descendentes recorrendo-se a obturador simples.
- ii) **Furos secundários** com afastamento de 6 m e seguindo a mesma metodologia dos anteriores. Caso se verifique comunicação entre furos durante a realização dos ensaios, procurar-se-á esclarecer o fenómeno na medida do possível devendo os furos ser injetados no final dos ensaios. Nestes furos apenas se fará 1 ensaio de perda de água no trecho final.
- iii) **Injeção dos furos primários e secundários**, deverão ser experimentados os diferentes tipos de caldas e as pressões de injeção e avaliada a resposta do maciço e do aterro da barragem as diversas solicitações, definindo-se as condições que representam o melhor compromisso. Procurar-se-á a metodologia que permita a mínima perturbação da fundação, maximizando a redução da sua permeabilidade. Dever-se-á ainda avaliar durante a execução destes trabalhos, o comportamento da zona do contato aterro da barragem/macizo em particular no que se refere a vedação do obturador para o primeiro trecho de injeção.
- iv) **Furos terciários** com ensaios de perda de água descendentes no maciço rochoso. Os resultados dos ensaios deverão ser comparados com os valores iniciais da permeabilidade na zona, permitindo aferir, numa primeira análise, a penetração das caldas no maciço e a qualidade do tratamento já efetuado.

As caldas a injetar serão do tipo estável, de cimento-água, com adição de bentonita, prevendo-se a preparação dos seguintes tipos de caldas:

- Calda A, ou calda base, com uma relação água cimento = 1:1 com percentagem inferior a 1% de bentonita (em peso).
- Calda B, de viscosidade média (relação água cimento = 2:1, com 2% em peso de bentonita)
- Calda C, a mais fluida com uma relação água cimento = 3:1, com 3% em peso de bentonita

No caso de se verificar necessidade de injetar caldas mais ricas em cimento, por se verificar o seu arrastamento ou por os vazios do maciço se revelarem de dimensão compatível, dever-se-

a preparar uma calda de cimento puro mais espessa, com relação água cimento de 1/2, designada por Calda A1. A esta calda deverá ser adicionado um superfluidificante em quantidade adequada.

No caso de preenchimento de vazios onde se detectarem fortes absorções, poder-se-á injetar argamassas compostas de cimento, areia fina e água, com adição de bentonita numa percentagem que permita a injeção dos inertes em boas condições. Não é contudo de esperar situações deste tipo face aos resultados obtidos.

Em princípio todas as injeções se iniciarão com uma calda 2/1 (água/cimento), que se diluirá ou espessará progressivamente consoante a resposta do maciço. Em princípio, se não se verificar subida de pressão para um débito médio de injeção (da ordem de 10 litros/minuto m) deverá adotar-se uma calda mais espessa. Caso contrário quando a subida da pressão for muito rápida deve voltar-se a uma calda mais fluida. Antes da "nega" procurar-se-á reduzir a dosagem.

De um modo geral, podem-se seguir as seguintes regras:

- regressa-se a uma calda mais fluida quando a pressão de injeção (a débito constante) subir rapidamente.
- quando a pressão se mantiver estacionária ou subir de modo lento, injeta-se a quantidade prevista de calda antes de se passar à calda mais espessa.

De início as injeções serão feitas em furos primários, afastados de 12 m entre si. Posteriormente completar-se-á o tratamento pela injeção dos furos intermédios (secundários), que estarão afastados dos anteriores cerca de 6 m. Finalmente far-se-á a injeção dos furos terciários, com afastamento final de 3 metros.

A injeção será executada em geral com o primeiro trecho de 3 m descendente com reperfuração e os trechos seguintes ascendentes, igualmente por trechos de 3 m de comprimento.

As pressões a empregar nas injeções dependem essencialmente da profundidade a que estas estão a ser realizadas.

No Quadro 1 apresentam-se, a título indicativo, as pressões a empregar para trechos de injeção.

A pressão de injeção nunca devera exceder a pressão maxima fixada, e sera tanto menor quanto maior for o debito de injeção. A pressão maxima so devera ser atingida quando o débito de injeção for muito baixo

A "nega" sera atingida quando a absorção do troço submetido a pressão maxima, e excluindo o volume de preenchimento do furo, for inferior a 0,5 l/min m durante 10 minutos. A pressão maxima sera então mantida durante 10 minutos suplementares e a injeção sera considerada terminada

Quadro 1
Pressões de Injeção por Trechos

Trechos de Injeção (Prof.)	Pmáx de Injeção (MPa)
10 - 15	0,4
15 - 20	0,6
20 - 25	0,8
>25	1,0

Atendendo a natureza particularmente sensível deste trabalho, o controlo das pressões e/ou fortes caudais de injeção e particularmente importante

Nesse sentido recorrer-se-a a limitadores de pressão (sistemas de tipo fusível ou automatico) que permitam o alivio do circuito de injeção sempre que se ultrapasse a pressão especificada

No sentido de avaliar a resposta do tratamento, dever-se-a aumentar a frequência das leituras dos diversos equipamentos instalados em obra em particular os piezómetros e medidores de vazão. Sugere-se que estes equipamentos sejam medidos no inicio e no fim do dia de trabalho, aumentando-se a frequência sempre que se justifique

Por outro lado deve ser monitorada com bastante frequência a resposta dos furos contíguos ao tratamento em execução, observando-se com particular cuidado os fenômenos de comunicação entre furos e as surgências de calda

Sera dada particular atenção a inspeção visual da zona envolvente dos trabalhos, que devera ser efetuada com frequência diaria registando-se todas as alterações observadas

Por outro lado sempre que se verifique alguma anomalia, tal como subida rápida dos níveis de água, aumento de pressão nos manômetros, ou outra que indique a transmissão de pressões ou caudais exagerados ao meio envolvente, dever-se-ão interromper os trabalhos e procurar investigar as razões desse comportamento anormal

Lisboa Março de 2000



Jorge Vazquez
Coordenador de Projeto



Ricardo Oliveira
Consultor

**ESPECIFICAÇÕES
TÉCNICAS**

ÍNDICE

	Pág
1 - CONDIÇÕES GERAIS	1
1 1 - OBJETIVO DOS TRABALHOS	1
1 2 - NATUREZA DOS TRABALHOS	1
1 3 - PROGRAMA DE TRABALHOS E PROJETO DAS INSTALAÇÕES	4
2 - ENSAIOS IN SITU	4
2 1 - ENSAIOS DE PERDA DE AGUA	4
2 2 - ENSAIOS DE INJETABILIDADE DE CALDA	6
3 - INJEÇÕES	7
3 1 - EQUIPAMENTO DE INJEÇÃO	7
3 1 1 - Generalidades	7
3 1 2 - Doseadores e misturadores	7
3 1 3 - Bombas de Injeção	8
3 1 4 - Manômetros	8
3 1 5 - Circuito de Injeção	8
3 1 6 - Obturadores	9
3 2 - MATERIAIS DE INJEÇÃO	9
3 2 1 - Generalidades	9
3 2 2 - Cimento	10
3 2 3 - Areia	10
3 2 4 - Agua	10
3 2 5 - Aditivos	10
3 2 6 - Bentonita	11
3 2 7 - Produtos Quimicos	11
3 2 8 - Controlo dos Materiais	11
3 3 - CALDAS DE INJEÇÃO	11
3 3 1 - Tipos de Caldas de Injeção	11
3 3 2 - Calda de Injeção de Cimento Puro	11
3 3 3 - Calda Estavel Bentonita-Cimento	12
3 3 4 - Argamassa de Injeção	13

	Pág.
3 4 - EXECUÇÃO DOS TRABALHOS DE INJEÇÃO	14
3 4 1 - Metodologia de Injeção	14
3 4 2 - Perdas de Agua	14
3 4 3 - Pressões de Injeção	14
3 4 4 - Diâmetros dos Furos	15
3 4 5 - Registros de Injeção	16
3 4 6 - Modo de Execução das Injeções	17
3 4 7 - Anomalias	17
3 4 7 1 - Ressurgências a Superfície do Terreno	17
3 4 7 2 - Fortes Absorções	18
3 5 - CONTROLO DAS INJEÇÕES	19
3 5 1 - Controlo das caldas	19
4 - MEDIÇÕES E PAGAMENTO	19

1 - CONDIÇÕES GERAIS

1.1 - OBJETIVO DOS TRABALHOS

As presentes Especificações Técnicas dizem respeito aos trabalhos de reforço do tratamento da fundação da barragem do Jaburu, consistindo na execução de uma cortina de injeções a partir da crista da barragem

Os trabalhos de furação e de injeção devem ser confiados a empresas de especialidade, com experiência na realização deste tipo de tarefas

A Contratada não poderá exigir qualquer reclamação por modificações eventuais de princípio do presente capítulo ou alterações de princípio indicadas nos desenhos de execução, solicitadas pelo Projetista ou impostas pelas circunstâncias, de modo a se obter uma melhor adaptação às condições locais, aos equipamentos disponíveis ou aos resultados dos vários ensaios que forem sendo efetuados

1.2 - NATUREZA DOS TRABALHOS

Os trabalhos consistirão na execução de uma cortina de injeções vertical, a partir do coroamento da barragem, com vista ao controle da percolação através da fundação, em duas zonas localizadas. Trata-se dos trechos compreendidos entre as estacas E25 e E29 - **ZONA 1** - em cerca de 84 m de extensão aproximada e a **ZONA 2**, entre as estacas E10 e E13, numa extensão de 60 m, totalizando 144 m

Dado que para a execução do tratamento será necessário atravessar uma espessura considerável do aterro da barragem, os trabalhos de furação deverão atender a esse fato, sendo objeto de particulares cuidados no sentido de minimizar a perturbação do aterro e do contato aterro/fundação durante os trabalhos de furação e posteriormente de injeção

Assim os furos terão um trecho inicial, executado com furação destrutiva e a seco, atravessando o aterro e penetrando cerca de 0,50m no maciço de fundação. Serão então instalados negativos encastrados no maciço rochoso, com diâmetro de 100mm, em PVC rígido ou em aço devidamente solidarizados ao aterro da barragem. Deverá ser particularmente cuidado o controle do desvio da sondagem, tendo em conta que se pretende tratar uma zona específica e se pode correr o risco, se o desvio for acentuado sobretudo nos furos mais longos, de atravessamento dos filtros ou drenos da barragem

No maciço rochoso a furação para injeção será à rotação destrutiva ou à rotopercussão. Em alguns furos no maciço rochoso da fundação, a furação será efetuada com carotagem contínua e ensaios de perda de água sob pressão.

A cortina de injeções será materializada por uma única fiada de furos verticais, com um espaçamento final, em princípio, de 3 metros, implantados na crista, a montante do eixo da barragem e segundo a sua superfície de referência, de acordo com o Des. 1. Para o seu modo de execução prevê-se a realização de furos primários, secundários e terciários, espaçados respectivamente de 12, 6 e 3 m. O tratamento será executado por aproximações sucessivas ("split spacing method") podendo, nos casos em que se verifique a impossibilidade de preencher os vazios de forma adequada com o afastamento entre furos preconizado, executar-se alguns furos quaternários resultando então um afastamento final entre furos, nessas zonas, de apenas 1.5m.

A profundidade do tratamento será muito diversa variando entre os 38 e 48m para a ZONA 1, na ombreira esquerda e rondando os 30m para a ZONA 2, mais central e regular.

Uma parte significativa desta profundidade corresponde ao atravessamento do aterro da barragem cuja espessura é da ordem de 10 a 35m na ZONA 1 e 11 a 12 m na ZONA 2. Resulta assim que o comprimento efetivo de tratamento do maciço rochoso corresponde apenas a cerca de 10 a 27m na ZONA 1 e de 22m na ZONA 2.

No Des. 1 apresenta-se o tratamento da fundação proposto.

Os trabalhos começarão pela realização da cortina experimental (ou bloco de ensaio), a situar no local que a Fiscalização entender ser adequado, sugerindo-se a localização entre as estacas E28 e E29, na ombreira esquerda numa extensão de 24m (Des. 1).

A Contratada deverá prever nestes trechos a disponibilidade, logo de início, do equipamento necessário para a preparação das caldas, ensaios de controlo e execução de sondagens e/ou recuperação de testemunhos. A cortina de ensaio será executada do seguinte modo:

- i) **Furos primários**, com afastamento de 12 m e verticais. Os furos serão executados a seco e revestidos por tubo PVC ou metálico no trecho correspondente ao aterro da barragem, encastrando-se 0,50 m no maciço de fundação. No maciço rochoso a furação será efetuada à rotação com carotagem contínua e ensaios de perda de água sob pressão, com 5 patamares de pressão e 3 m de comprimento. Os ensaios serão todos descendentes recorrendo-se a obturador simples.

- ii) **Furos secundários** com afastamento de 6 m e seguindo a mesma metodologia dos anteriores. Caso se verifique comunicação entre furos durante a realização dos ensaios, procurar-se-a esclarecer o fenômeno na medida do possível devendo os furos ser injetados no final dos ensaios. Nestes furos apenas se fara 1 ensaio de perda de água no trecho final. Se a perda de agua específica for superior ao especificado competira à FISCALIZAÇÃO a decisão de prolongar o furo mais um trecho.

- iii) **Injeção dos furos primários e secundários**, de acordo com o prescrito nestas Especificações Técnicas e com as recomendações complementares apresentadas seguidamente. Nesta fase deverão ser experimentados os diferentes tipos de caldas e as pressões de injeção e avaliada a resposta do maciço e do aterro da barragem as diversas solicitações, determinando-se as condições que representam o melhor compromisso. Procurar-se-a a metodologia que permita a minima perturbação da fundação, maximizando a redução da sua permeabilidade. Dever-se-á ainda avaliar durante a execução destes trabalhos, o comportamento da zona do contato aterro da barragem/macico em particular no que se refere à vedação do obturador para o primeiro trecho de injeção.

- iv) **Furos terciários** com ensaios de perda de agua descendentes no maciço rochoso. Os resultados dos ensaios deverão ser comparados com os valores iniciais da permeabilidade na zona, permitindo aferir, numa primeira analise, a penetração das caldas no maciço e a qualidade do tratamento ja efetuado.

Caso a Fiscalização entenda algum destes furos poderão ser carotados

Durante a execução dos trabalhos dever-se-á aumentar a frequência das leituras dos diversos equipamentos instalados em obra em particular os piezômetros e medidores de vazão

Por outro lado a inspeção visual da zona envolvente dos trabalhos deverá ser efetuada com frequência diaria registando-se todas as alterações observadas

Sugere-se que se faça uma medição dos equipamentos próximos das zonas de intervenção no inicio e no final do dia de trabalho

Por outro lado sempre que se verifique alguma anomalia, tal como subida rapida dos níveis de agua, aumento de pressão nos manômetros, dever-se-ão interromper os trabalhos e tentar investigar as vazões desse comportamento anormal

A Fiscalização poderá interromper os trabalhos durante períodos curtos, se assim o entender, para o esclarecimento de eventuais comportamentos anômalos da zona em tratamento sem que daí possa advir indemnização para a Contratada

1.3 - PROGRAMA DE TRABALHOS E PROJETO DAS INSTALAÇÕES

Apos a aceitação da proposta, a Contratada compromete-se a apresentar num prazo de 30 dias o programa geral de todos os trabalhos a realizar, acompanhado do respectivo cronograma bem como o projeto das instalações necessárias a sua execução. Nesse programa ha que referir possíveis interferências destes trabalhos com o desenvolvimento geral da empreitada das obras

2 - ENSAIOS IN SITU

2.1 - ENSAIOS DE PERDA DE ÁGUA

Esta prevista a realização de ensaios de perda de água sob pressão imediatamente antes da realização dos trabalhos de tratamento do terreno para estudo de permeabilidade do maciço antes da injeção, e apos a sua execução para controlo de eficacia das injeções

Todos os furos primarios deverão ser objeto de ensaios de perda de água ao longo de todo o seu comprimento, sendo um terço dos furos primarios objeto de recuperação de testemunho, a confirmar pela Fiscalização

Em principio para os furos secundarios e terciarios, espaçados entre si de 6 e 3 metros respectivamente recomenda-se a realização, no minimo, de ensaios de perda de água no patamar que antecede a profundidade prevista para a cortina. No caso do valor obtido nesses ensaios ser superior ao especificado, prosseguir-se-á a furação e os ensaios no trecho seguinte ate se obter o valor especificado

Se ainda assim não se atingirem os valores especificados de absorção, caberá à Fiscalização decidir do aprofundamento ou não do tratamento

Prevê-se que os ensaios sejam executados a medida que a furação progride em trechos de 3 metros ou de acordo com a fracturação observada no maciço, a definir pela Fiscalização, pelo que na generalidade se utilizara apenas um obturador simples. Contudo, poder-se-ão fazer ensaios apos o furo estar concluído, o que obrigará a recorrer também a obturador duplo

Considera-se, em principio, necessaria a utilização de 3 ou 5 estágios de pressão consoante o valor a atingir, em conformidade com o quadro. Este procedimento podera ser alterado face as condições encontradas, caso a Fiscalização o aceite

As pressões de ensaio especificados para os diversos trechos serão as seguintes

Quadro 1
Definição dos Estágios de Pressão

Profundidade a partir do coroamento	Pressão maxima (MPa)	Estagios de Pressão (5) (kg/cm ²)
10-15	0.4	1-2-4-2-1
15 - 25	0.6	1 5-3-6-3-1 5
> 25	1.0	2 5-5-10-5-2 5

Os ensaios realizados antes das injeções serão efetuados se possível à pressão máxima definida para a injeção do trecho correspondente. Mas esta pressão só será mantida ate um maximo de 5 minutos, anotando-se a vazão no final dos 5 minutos

No decorrer do ensaio, as pressões deverão ser mantidas constantes. Paralelamente deverão indicar as pressões efetivamente instaladas no interior da câmara de ensaio, fazendo as necessarias correções devidas a influência da posição do nivel freático a as perdas de carga ao longo da tubagem

Os obturadores a utilizar deverão ter um comprimento minimo de 0.5 m e preferencialmente de cerca de 1 metro e ser de borracha resistente para permitir boa fixação do obturador contra as paredes do tubo. A pressão usada para insuflação do obturador excederá em 0.2 MPa a pressão do correspondente estágio de ensaio, para assegurar boa fixação e impedir a passagem de agua

Para cada ensaio dever-se-a proceder à elaboração de uma folha de registro que incluirá o numero do furo respectivo, a profundidade do trecho ensaiado, o comprimento dos tubos no interior do furo, a altura do manômetro, os caudais medidos, as pressões instaladas, o tempo de ensaio e a posição do nivel freático estático. Estas informações permitirão efetuar as correções relativas as pressões de ensaio

2.2 - ENSAIOS DE INJETABILIDADE DE CALDA

Prevê-se a execução de ensaios de injetabilidade de calda antes da realização dos trabalhos definitivos de tratamento dos terrenos. Estes ensaios permitirão tirar conclusões sobre o tipo de caldas a utilizar e o modo como se irão processar as varias operações, constituindo os resultados, no final, as verdadeiras especificações do trabalho

Nesse sentido, prevê-se a execução duma cortina de ensaio, cuja localização sera definida pela Fiscalização em função dos resultados obtidos nos ensaios de perda de agua realizados. Sugere-se que essa cortina seja executada entre as estacas E28 e E29 numa extensão de 24m

A Contratada devera prever nestes trechos a disponibilidade, logo de início, de equipamento necessario para a preparação das caldas, ensaios de controlo e execução de sondagens e/ou recuperação de testemunhos

A Fiscalização determinara quais os furos ou trechos de furo que deverão ser ensaiados

Estes testes deverão ser precedidos da realização de ensaios de perda de água, preconizando-se que ambos os tipos de ensaio se efetuem nos mesmos trechos de furo de injeção

As injeções serão efetuadas com o primeiro trecho de 3m descendente, o que permitira dispor duma zona de proteção ja injetada na proximidade do contato com o nucleo da barragem. Os restantes trechos serão injetados sempre que possível, após a conclusão da furação, ou seja, serão realizadas de modo ascendente

Para cada trecho ensaiado dever-se-a proceder a elaboração de uma folha de registro que inclua o nº do furo respectivo, a profundidade do trecho ensaiado, as pressões utilizadas, o tipo de calda e as absorções verificadas

Para alem desta folha efetuar o disco de registro das pressões medidas na cabeça do furo e com indicação do numero do furo, do trecho injetado, da data e das horas

3 - INJEÇÕES

3.1 - EQUIPAMENTO DE INJEÇÃO

3.1.1 - Generalidades

O material de injeção deverá ser mantido sempre em perfeito estado de manutenção. A Contratada deverá assegurar que não há atrasos no decurso da obra devido à falta de peças, e deverá fornecer equipamento (válvulas, "by passes", obturadores, tubos de injeção, torneiras e ligações) conforme as solicitações da Fiscalização, de modo a controlar da melhor forma os volumes de calda injetados e as pressões de injeção. O equipamento deverá assegurar um fluxo contínuo para os furos de injeção até pressões da ordem de 1,0 MPa medidas à boca dos furos.

O equipamento de injeção deverá ainda respeitar as especificações mencionadas nos pontos seguintes:

3.1.2 - Doseadores e misturadores

Os doseadores volumétricos ou ponderadores deverão permitir a realização das misturas previstas com a precisão desejável (1 a 2%).

Os misturadores serão de grande velocidade do tipo "coloidal", de alta turbulência ou semelhante. A sua velocidade de rotação deverá ser tal que possa permitir uma suspensão coloidal dos produtos (aproximadamente 1 200 a 1 500 rotações/minuto).

O tempo de mistura demorará pelo menos 3 minutos.

A calda misturada será enviada para um tanque com uma capacidade mínima de 150 litros em que se assegurará uma agitação mecânica contínua, e donde partirá uma bomba de aspiração.

O volume de calda já preparado deverá ser sempre mantido num mínimo, de modo a ser possível mudar rapidamente a dosagem e evitar perdas muito importantes no momento da "nega".

Nos casos em que se incorporar bentonita na calda, devem-se utilizar tanques misturadores distintos, de modo a que as misturas bentonita/água (calda mãe) possam ser preparadas separadamente e mantidas continuamente agitadas até serem utilizadas.

A completa hidratação da bentonita pode ser conseguida usando também misturadores coloidais ou outro tipo de misturadores

No misturador de calda deverá existir um dispositivo de medida do volume de calda injetada no furo. A medição dos volumes inicial e final devem ser sempre feitas com os tubos de injeção completamente cheios de calda

3.1.3 - Bombas de Injeção

As bombas de injeção deverão permitir regular a pressão e o débito com precisão, desde zero até ao máximo autorizado. O débito de calda injetada deverá ser tão regular quanto possível

Não é autorizada a injeção por aplicação direta de pressão de ar comprimido, por meio de aparelhos Johnny ou similares

O débito máximo das bombas de injeção não deverá ultrapassar 100 litros/minuto e a pressão poderá atingir 30 MPa

As bombas deverão permitir injetar, eventualmente, caldas de cimento com percentagens bastante apreciáveis de areia fina

3.1.4 - Manômetros

A fim de haver uma suficiente precisão de leitura, a amplitude total da escala das graduações dos manômetros e manômetros registadores, não deve exceder 2 vezes a pressão máxima autorizada para a injeção a efetuar

Estes instrumentos deverão ser calibrados frequentemente no decurso das operações de injeção

3.1.5 - Circuito de Injeção

O circuito de injeção deverá possuir

- uma "garrafa de ar" destinada a amortecer de modo eficaz os golpes de pressão, no caso de bombas de injeção com pistões mergulhadores
- um manómetro de leitura direta

A injeção dos furos será executada pelo método direto sem circuito de retorno, injetando cada bomba apenas um trecho de cada vez

O circuito de injeção deverá incluir junto da boca do furo uma torneira de purga, um manômetro de leitura direta e um manômetro registador

Os tubos do circuito de injeção terão um diâmetro mínimo de 25 mm

Todos os tubos e ligações deverão ser capazes de resistir a uma pressão mínima de 25 MPa

Apos cada injeção, deve-se verificar se todos os tubos e ligações não estão parcial ou totalmente entupidos, desobstruindo-os se for caso disso. Dever-se-a também verificar se os manômetros funcionam convenientemente

A central de injeção devera ficar localizada nas proximidades dos trechos a tratar

3 1.6 - Obturadores

Os obturadores utilizados para a injeção deverão permitir assegurar de modo eficaz a estanqueidade do trecho a injetar, para as pressões máximas possíveis. Devem manter-se sem deslocamentos durante cerca de 5 minutos, impedindo quaisquer percolações, entre eles e as paredes do furo. Deverão poder ser submetidos a pressões de água mais elevadas em 25% do que a pressão máxima de injeção utilizada. A pressão de insuflação dos obturadores devera exceder em 0.2 MPa a pressão máxima a instalar na câmara

Os obturadores serão do tipo pneumático ou hidráulico de passagem direta, sem perdas de carga ou retrações. O seu comprimento deverá ser da ordem de 1.0 m, e serão utilizados em furos de diâmetros compreendidos entre 2" (50 mm) e 4" (101 mm)

3.2 - MATERIAIS DE INJEÇÃO

3.2.1 - Generalidades

As caldas utilizadas para as injeções serão em princípio, constituídas por cimento, bentonita e água, eventualmente com adição de areia ou de produtos químicos

Os materiais a utilizar nos trabalhos de injeção deverão estar de acordo com as condições técnicas fixadas no "Especificações Técnicas", no que respeita a qualidade dos materiais, condições de armazenamento e aos ensaios de laboratório

3.2.2 - Cimento

O cimento para injeção poderá ser do tipo cimento pozolânico compatível com a qualidade das águas com uma percentagem de finos (peneiro 200. $\varnothing_{\text{equiv}} = 0.074 \text{ mm}$) superior a 98% e um módulo de finura (Blaine) não inferior a 3500 cm^2/g

3.2.3 - Areia

A areia a utilizar sera de granulometria fina, com grãos de preferência rolados, não contendo materias orgânicas. A areia sera peneirada recorrendo a um peneiro nº 8. Não deverá apresentar mais de 10% de elementos inferiores a 0,1 mm, e a dimensão maxima sera de 0,2 mm (seguir norma MB-95 da ABNT exceto relativamente ao diâmetro maximo)

3 2 4 - Água

A agua destinada as injeções sera visualmente limpa e não conterà percentagens exageradas de materiais dissolvidos, de oleos, de sulfatos, de materiais coloidais em suspensão, assim como de elementos de dimensão superiores a 0,080 mm e de materia orgânica em suspensão ou dissolvida

A temperatura da agua para a preparação das caldas de injeção não deverá ultrapassar 30°C, nem descer abaixo de 5°C

3 2.5 - Aditivos

O emprego de aditivos, fluidificantes, aceleradores ou retardadores de presa, e de um modo geral, de quaisquer produtos aditivos do cimento devera ser submetido à autorização da Fiscalização, apos a realização de ensaios de laboratório a serem efetuados por conta da Contratada, que procurara mostrar as vantagens do seu emprego

Em particular, no caso de se verificar uma tendência para o arrastamento da calda devido á percolação no maciço resultante de água no reservatório e conseqente gradiente hidraulico instalado, dever-se-ão utilizar aceleradores de presa

E proibido o uso de qualquer produto com composição quimica desconhecida ou mantida secreta

3.2.6 - Bentonita

A bentonita utilizada na preparação das caldas mãe bentonita-cimento devera apresentar um limite de liquidez igual ou superior a 400%

A bentonita em suspensão na agua não devera conter qualquer particula de dimensão superior a 0.080 mm (a calda de bentonita pura não devera deixar qualquer percentagem de material retido quando peneirada por via umida através de um peneiro nº 200) Além disso não devera conter qualquer elemento prejudicial à presa do cimento

3.2.7 - Produtos Químicos

Poder-se-a recorrer a produtos quimicos, sempre sujeitos a aprovação previa da Fiscalização Em principio eles serão o silicato de sódio comercial, e o bicarbonato de sodio, como reativo

O silicato de sodio podera igualmente ser misturado com as caldas bentonita -cimento, de modo a torna-las bastante rígidas A adição de produtos químicos não ultrapassara 2% em peso dos materiais secos

3.2.8 - Controlo dos Materiais

Todos os materiais de injeção serão conservados e manuseados ao abrigo das intempéries e de modo a evitar que eles fiquem sujeitos a alterações da sua qualidade ou da sua composição

3.3 - CALDAS DE INJEÇÃO

3.3.1 - Tipos de Caldas de Injeção

Prevê-se a utilização de caldas de cimento puro ou cimento-bentonita e eventualmente, de argamassa

3.3.2 - Calda de Injeção de Cimento Puro

As dosagens das caldas de cimento e água serão definidas por meio de relação em peso C/A (cimento/água) Poderão variar de 1/3 (caldas mais fluidas) até 2/1 (caldas mais viscosas)

A mistura a alta turbulência destas caldas deverá durar um mínimo de 3 minutos após se ter colocado a totalidade do cimento no misturador

3 3.3 - Calda Estável Bentonita-Cimento

a) Generalidades

A maioria das injeções serão realizadas com caldas de cimento puro ou de bentonita-cimento

Antes do seu emprego, as misturas serão submetidas a ensaios de laboratório a efetuar por conta da Contratada Dever-se-ão efetuar diagramas com as curvas de equiviscosidade, a curva de decantação limite, as curvas de igual resistência mecânica e a curva de viscosidade máxima possível para a injeção

Estes diagramas deverão ser estabelecidos recorrendo a um misturador que reproduzira o mais fielmente possível as condições que serão realmente utilizadas em obra (alta turbulência dos misturadores e materiais empregues)

As misturas bentonita-cimento deverão apresentar uma decantação inferior a 5% nas caldas menos fluídas (c a=2 1 ou 1 1) e inferior a 20% nas caldas mais fluídas (c a=1 3) Esta decantação sera expressa pela relação entre o volume de agua existente acima da calda apos a presa e o volume total

A viscosidade sera medida por meio de um viscosímetro tipo Cone de Marsh

A determinação da resistência à compressão simples deverá ser efetuada com ensaios realizados ao fim de 7 dias e de 28 dias, em corpos de prova com 5 x 5 cm conservados imersos em agua

O tempo de início de presa destas caldas não devera ultrapassar 24 horas

b) Preparação de caldas estáveis

O modo de preparação da calda bentonita-cimento sera o seguinte

- Preparação duma calda-mãe de bentonita-água, mistura a alta turbulência, de acordo com uma relação B/A (Bentonita-Água) previamente definida, e armazenamento da calda num tanque de grande volume onde sera mantida continuamente agitada.

esta primeira calda será utilizada para preparar as caldas bentonita - cimento por adição de agua e de cimento, e mistura a alta turbulência

A mistura final da primeira calda com o cimento demorará pelo menos 3 minutos

Em nenhum caso se deve utilizar o mesmo tanque para preparar a calda bentonita-cimento e bentonita-água. A bentonita nunca deve ser ativada com a água em tanques onde exista cimento, mesmo que a percentagem de cimento seja muito reduzida.

A Contratada indicará pormenorizadamente o material e as instalações de dosagem, mistura e injeção que pretende utilizar, os quais serão submetidos a aprovação da Fiscalização.

c) Caldas a utilizar

Após se terem tido em conta as características já referidas a impor as caldas estaveis, devem-se preparar 3 tipos de caldas, com dosagens diferentes. Propõe-se experimentar os seguintes:

Calda A, ou calda base, com uma relação água cimento = 1:1 com adição de bentonita em percentagem inferior a 1% (em peso),

- Calda B, de viscosidade média (relação água cimento = 2:1, com 2% em peso de bentonita)

Calda C, a mais fluida com uma relação água cimento = 3:1, com 3% em peso de bentonita.

No caso de se verificar a necessidade de injetar caldas mais ricas em cimento, por se verificar o seu arrastamento ou por os vazios do maciço se revelarem de dimensão compatível dever-se-á preparar uma calda de cimento puro mais espessa, com relação água cimento de 1:2 - Calda A1 - adicionando-se, em princípio, um superfluidificante.

A Fiscalização definirá os ensaios de injetabilidade de calda a executar, em que se testarão os vários tipos preparados, efetuando-se ainda ensaios para determinação da densidade, viscosidade, tempos de presa, etc.

3.3.4 - Argamassa de Injeção

No caso de preenchimento de vazios onde se detectarem fortes absorções, a Contratada poderá injetar argamassas compostas de cimento, areia fina e água, com adição de bentonita numa percentagem que permita a injeção dos inertes em boas condições.

Estas argamassas serão do tipo coloidal (ex Colgrout, Alta turbulência, ou similares) Não deverão apresentar segregação apreciável antes da presa, nem exsudação excedendo 5% em volume

A quantidade de areia, expressa em peso, não deverá exceder 3 vezes a quantidade de cimento

A resistência mecânica destas argamassas ao fim de 7 dias não deverá ser inferior a 10.0 MPa

3 4 - EXECUÇÃO DOS TRABALHOS DE INJEÇÃO

3 4 1 - Metodologia de Injeção

A injeção sera executada em geral com o primeiro trecho de 3m descendente com reperfuração e os trechos seguintes ascendentes, igualmente por trechos de 3 m de comprimento A Fiscalização podera modificar o comprimento dos trechos em função de condições geologicas locais

3.4.2 - Perdas de Água

Se durante a abertura de um furo se detectar perda total ou parcial de agua, ele poderá ser interrompido e a zona de perdas de agua injetada, antes de prosseguir a perfuração

Com o fim de detectar facilmente as perdas parciais de água de um furo, dever-se-á instalar um dispositivo que permita a determinação da vazão de agua proveniente da circulação inversa

O mesmo processo sera adotado se eventualmente se detectar o aparecimento de agua artesianas em caudais apreciaveis

3.4.3 - Pressões de Injeção

As pressões a empregar nas injeções dependem essencialmente da profundidade a que estas estão a ser realizadas

No Quadro 2 apresentam-se as pressões que se sugere empregar para trechos de injeção Sempre que a Fiscalização o desejar, a Contratada devera instalar na linha de injeção um dispositivo que permita limitar a pressão de injeção ao valor máximo autorizado, de modo a evitar qualquer possibilidade de uma falsa manobra

Quadro 2
Pressões de Injeção por Trechos

Trechos de Injeção (Prof.)	Pmáx de Injeção (MPa)
10 - 15	0.4
15 - 20	0.6
20 - 25	0.8
>25	1,0

A pressão de injeção nunca deverá exceder a pressão máxima fixada, e será tanto menor quanto maior for o débito de injeção. A pressão máxima só deverá ser atingida quando o débito de injeção for muito baixo.

A "nega" será atingida quando a absorção do trecho submetido à pressão máxima, e excluindo o volume de preenchimento do furo, for inferior a 0,5 l/min m durante 10 minutos. A pressão máxima será então mantida durante 10 minutos suplementares e a injeção será considerada terminada.

Contudo, se a calda sair do furo quando se retirar a cabeça de injeção, dever-se-á manter o furo fechado até que a calda tenha presa suficiente.

Em princípio, toda a injeção iniciada deverá prosseguir sem qualquer interrupção, por menor que ela seja, até a obtenção de "nega".

Quaisquer limitações de pressão poderão ser comunicadas pela Fiscalização de acordo com casos particulares ou com observações efetuadas no decorrer dos trabalhos.

Ter-se-á sempre o maior cuidado no controle das pressões a fim de evitar excessos de pressão e/ou fortes caudais de injeção.

3.4.4 - Diâmetros dos Furos

Os diâmetros dos furos de injeção não serão inferiores a 50,0 mm, nem superiores a 4" (\cong 101 mm).

Prevê-se que os furos sejam realizados com sondagem mecânica à rotação destrutiva e/ou à roto-percussão. Nos casos dos furos de investigação e nos furos indicados pela Fiscalização, em que se pretenda amostrar o maciço, a furação será sempre feita por rotação.

A furação a executar no aterro da barragem sera feita a seco. a percussão ou a roto-percussão eventualmente com trado mecânico Os diâmetros dos negativos a colocar ao longo do furo deverão ser compatíveis com o diâmetro previsto para o furo, sugerindo-se negativos com ϕ 100mm Estes negativos deverão ser solidamente encastrados no maciço de fundação cerca de 0.50 e bem solidarizados no topo de forma a não sofrerem danos sensíveis nem deslocamento apreciavel durante as operações de furação do maciço rochoso subjacente e posterior injeção

3 4.5 - Registros de Injeção

Para cada trecho injetado. a Contratada deverá efetuar um registro pormenorizado indicando

- o numero do furo.
- o trecho injetado,
- as datas e horas do início e fim da operação,
- a posição do obturador.
- os resultados dos ensaios de água efetuados antes da injeção (caso tenha sido realizado esse tipo de ensaio),
- a dosagem da calda, a pressão de injeção, o débito de injeção e a hora em que se variou qualquer um destes parâmetros Também se deverão indicar as quantidades injetadas entre duas variações de qualquer dos parâmetros.
- o grafico das pressões de injeção na cabeça do furo com indicação do número do furo. do troço injetado. da data e das horas,
- a absorção total do trecho.
- observações e incidentes ocorridos no decurso da injeção,
- graficos que resumam para cada furo o peso do cimento injetado. e as pressões de injeção de cada trecho

3 4 6 - Modo de Execução das Injeções

As especificações definitivas dos trabalhos de injeção, e nomeadamente as especificações relativas às pressões, as vazões de injeção da calda, a aplicação gradual das pressões, a composição das caldas, a ordem das operações de furação e de injeção dos varios furos, serão decididas pela Fiscalização na fase de execução dos trabalhos, em função dos resultados dos trechos experimentais

O metodo utilizado devera ser adaptado a cada caso particular

Em principio todas as injeções se iniciarão com uma calda 1/2, que se diluirá ou espessara progressivamente consoante a resposta do maciço. Se não se verificar subida de pressão para um debito medio de injeção (da ordem de 10 litros/minuto m) devera adotar-se um calda mais espessa apos injeção de 1 m³ daquela calda. Caso contrario quando a subida da pressão for muito rapida deve voltar-se a uma calda mais fluida. Antes da "nega" procurar-se-a reduzir a dosagem

De um modo geral, podem-se seguir as seguintes regras

- regressa-se a uma calda mais fluida quando a pressão de injeção (a debito constante) subir rapidamente,
- quando a pressão se mantiver estacionaria ou subir de modo lento, injeta-se a quantidade prevista de calda (1 m³) antes de se passar à calda mais espessa

De inicio as injeções serão feitas em furos primarios, afastados de 12 m entre si. Posteriormente completar-se-a o tratamento pela injeção dos furos intermédios (secundários), que estarão afastados dos anteriores cerca de 6 m. Finalmente far-se-á a injeção dos furos terciarios, com afastamento final de 3 metros. A Fiscalização também poderá impor outras especificações à execução das injeções, na sequênciade observações efetuadas no decorrer dos trabalhos

3.4.7 - Anomalias

3 4 7 1 - Ressurgências à Superficie do Terreno

Se no decurso das injeções se verificar o aparecimento de fugas ou de ressurgências de calda nas vizinhanças de furo, a Contratada procurará selá-las tapando as saídas por meio de argamassa de presa rapida, cunhas de madeira, calafetagem com papel, enquanto a pressão de injeção for baixa e a calda injetada espessa

Se a fuga não puder ser colmatada, parar-se-a a injeção evitando o refluxo da calda para o interior do furo pelo que ele sera mantido selado. Apos presa da argamassa, o furo sera reperfurado e retomar-se-a a execução da injeção

No caso de se verificarem tais ressurgências, a Contratada alertara imediatamente a Fiscalização e anotara cuidadosamente e com precisão todos os elementos susceptíveis de constituírem informação. Apontara particularmente

- posição de fuga (planta, cota, etc).
 - o tipo de ressurgência: mancha nas paredes, percolação em escoamento livre, jato etc.
 - o caudal da ressurgência, comparando-o com o debito de injeção.
 - as variações do caudal, comparando-as com as dos debitos de injeção e a pressão de injeção.
- natureza da calda da fuga, comparando-se com a da calda injetada e o tempo necessario para que a calda injetada ressurgja,
- todas as observações ou indicações relativas à ressurgência e aos processos de colmatagem empregues

3 4 7 2 - Fortes Absorções

Se um trecho absorve uma quantidade importante de calda espessa sem que a pressão mostre tendência para subir, a Contratada com acordo da Fiscalização podera utilizar

- caldas rigidadas (adição de produtos quimicos).
- adição de areia a calda,
- aceleradores de presa.

e eventualmente reduzir o debito da injeção ou pará-la momentaneamente

Se apesar de se utilizarem estes varios processos a "nega" não puder ser atingida parar-se-á a injeção para deixar que a calda faça presa. Depois, reperfurar-se-á o furo e retomar-se-á a injeção

Furos suplementares a executar na zona vizinha permitirão completar o tratamento

Uma absorção muito grande num certo trecho e um acontecimento bastante importante para o qual a Contratada devesse alertar imediatamente a Fiscalização. É necessário procurar explicar o acontecimento que pode ser devido a um acidente geológico importante não detectado até ao momento ou ainda a presença de zonas permeáveis de grandes dimensões

3.5 - CONTROLO DAS INJEÇÕES

3.5.1 - Controlo das caldas

A Contratada procederá a uma amostragem regular da calda de injeção na cabeça da injeção. Essas amostras serão submetidas a ensaios de laboratório para aferir se elas estão de acordo com as especificações. Em particular para as caldas estáveis bentonita-cimento, determinar-se-á se a exsudação ou decantação, o tempo de escoamento medido no cone, a decantação limite e a resistência mecânica correspondente as dosagens. Estas operações serão feitas em presença de elementos da Fiscalização e sob a sua orientação.

Os limites admissíveis para cada um dos ensaios de controlo, deverão ser, em princípio, os seguintes

TIPO DE CALDA (C A)	DENSIDADE (g/cm ³)	VISCOSIDADE NO CONE MARSH 5 mm (seg)	DECANTAÇÃO (%)	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES (MPa)	
				7 dias	28 dias
1 1	> 1 45	< 45	< 6	> 4,0	> 6,0
1 2	> 1 25	< 40	< 15	> 2,5	> 4,0
1 3	> 1 20	< 35	< 20	> 1,5	> 2,5

As caldas que tenham permanecido mais de 2 horas nos tanques, bombas ou canalizações serão rejeitadas e não serão pagas.

A temperatura das caldas não deverá ultrapassar 30°C em qualquer ponto do seu percurso.

4 - MEDIÇÕES E PAGAMENTO

Todos os pagamentos serão calculados com base nas quantidades de trabalho realmente executado.

O preço nº 1 (ver - item 4 das medições estimativas orçamentais), verba global. inclui todas as despesas consideradas com a montagem, conservação e desmontagem do canteiro da Contratada encarregue do tratamento da fundação

O preço nº 2 reporta-se a perfuração para injeção de impermeabilização, em metros lineares, com qualquer inclinação e incluindo, montagem e desmontagem da sonda e de todo o equipamento complementar de injeção, em cada furo, para a execução da injeção

O preço nº 2 1 refere-se a furação em solo, a seco, com furação destrutiva, medida em metros lineares. O diâmetro da furação devesse permitir a instalação dos negativos com diâmetro de 100mm

O preço nº 2 2 1 refere-se a furação em rocha, medida em metros lineares, destrutiva (equipamento de roto percussão)

O preço nº 2 2 2 refere-se a furação em rocha, medida em metros lineares, com carotagem continua (rotativa com broca diamante)

O preço nº 3 refere-se ao pagamento da reperfuração dum furo ja injetado

O preço nº 4 refere-se ao fornecimento e colocação dos negativos

O preço nº 5 refere-se aos ensaios de perda de água sob pressão a executar nos furos de injeção, ou outros, em trechos de 3 ou 5 metros com 5 estagios de pressão

O preço nº 6 1 refere-se ao pagamento de trechos de injeção pelo método ascendente

O preço nº 6 2 refere-se ao pagamento de trechos de injeção pelo método descendente

Os preços nºs 7 1, 7 2 e 7 3 serão utilizados no pagamento das quantidades em toneladas de cimento e bentonita e metros cúbicos de areia realmente injetados

Não haverá adicional aos preços referidos no caso de ter de se empregar os aditivos ou produtos quimicos referidos nos pontos 2 4 2 5 e 2 4 2 7

O preço nº 8 contempla o pagamento da furação a rotação medida em metros lineares, com recuperação de testemunho, diâmetro mínimo NX (76 mm) e com qualquer inclinação

Os tubos e outras canalizações bem como acessórios necessários à furação e deixados em permanência no terreno serão pagos pelo preço nº nº 9

Os trechos de ensaio de injetabilidade de calda serão pagos pelos preços nºs 6 1 (trechos de injeção ascendente) e nº 6 2 (trechos de injeção descendente) Também serão utilizados os preços nºs 7 1 7 2 e 7 3 que tem em conta as quantidades totais, em toneladas de cimento e bentonita e metros cubicos de areia realmente injetados

Os montantes relativos aos ensaios de controlo de caldas serão considerados como incluidos nos preços nºs 6 1 e 6 2

LISTA DE QUANTIDADES

COBAGOV ESTADO
DO CEARÁ**BARRAGEM DE JABURU**
REFORÇO DO TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO
LISTA DE QUANTIDADES

ITEM	DESCRIÇÃO	UNID	QUANTIDADE	PREÇO UNITARIO
	TRATAMENTO DO TERRENO DE FUNDAÇÃO			
0 1	Verba global para transporte de equipamento, montagem, conservação e desmontagem do canteiro	Un	1	
0 2	Perfuração para injeção de impermeabilização, incluindo montagem e desmontagem da sonda e equipamento complementar de injeção em cada furo			
0 2 1	Furação em solo a seco	m	875 0	
0 2 2	Furação em rocha			
0 2 2 1	Furação em rocha destrutiva	m	709 3	
0 2 2 2	Furação em rocha com carotagem continua	m	354 7	
0 3	Reperfuração de furos injetados	m	150 0	
0 4	Fornecimento e colocação de negativos em PVC ou em aço com Ø 100 mm	m	875 0	
0 5	Ensaio de perda de água em trechos de 3 ou 5 m e patamares de pressão	Un	136	
0 6	Trechos de injeção			
0 6 1	Injeção ascendente	Un	310	
0 6 2	Injeção descendente	Un	50	
0 7	Materiais de injeção			
0 7 1	Cimento de injeção	ton	120 0	
0 7 2	Bentonite	ton	2 0	
0 7 3	Areia de injeção	m3	5 0	
0 8	Furação a rotação com diâmetro NX (76 mm) e qualquer inclinação	m	20 0	

000043

DESENHO

ANEXO 7

Análise em espectrofotômetro
de massa de amostra da
sondagem SNE 008 18 m

For Philips 9930A/82

1.488 K

1.504 M

1.5424 K, Q

1.556 G

1.602 K

1.645 M

1.667 Q

1.732 K

1.75 M

G

1.779 K

1.802 K, F

1.8181 Q

1.873 K

1.926 F

1.987 K

1.9935 K, M, F

2.1267 K, Q

2.159 F

2.184 K

2.2355 K, Q

2.229 K

2.3327 K, F

2.3798 K, M

2.2802 Q

For Philips 9930A/05

2.421

2.4915 K, G

2.4520 Q, G

2.519 F, H, M, Q

2.567 K, M

2.62 F

2.67 G, H

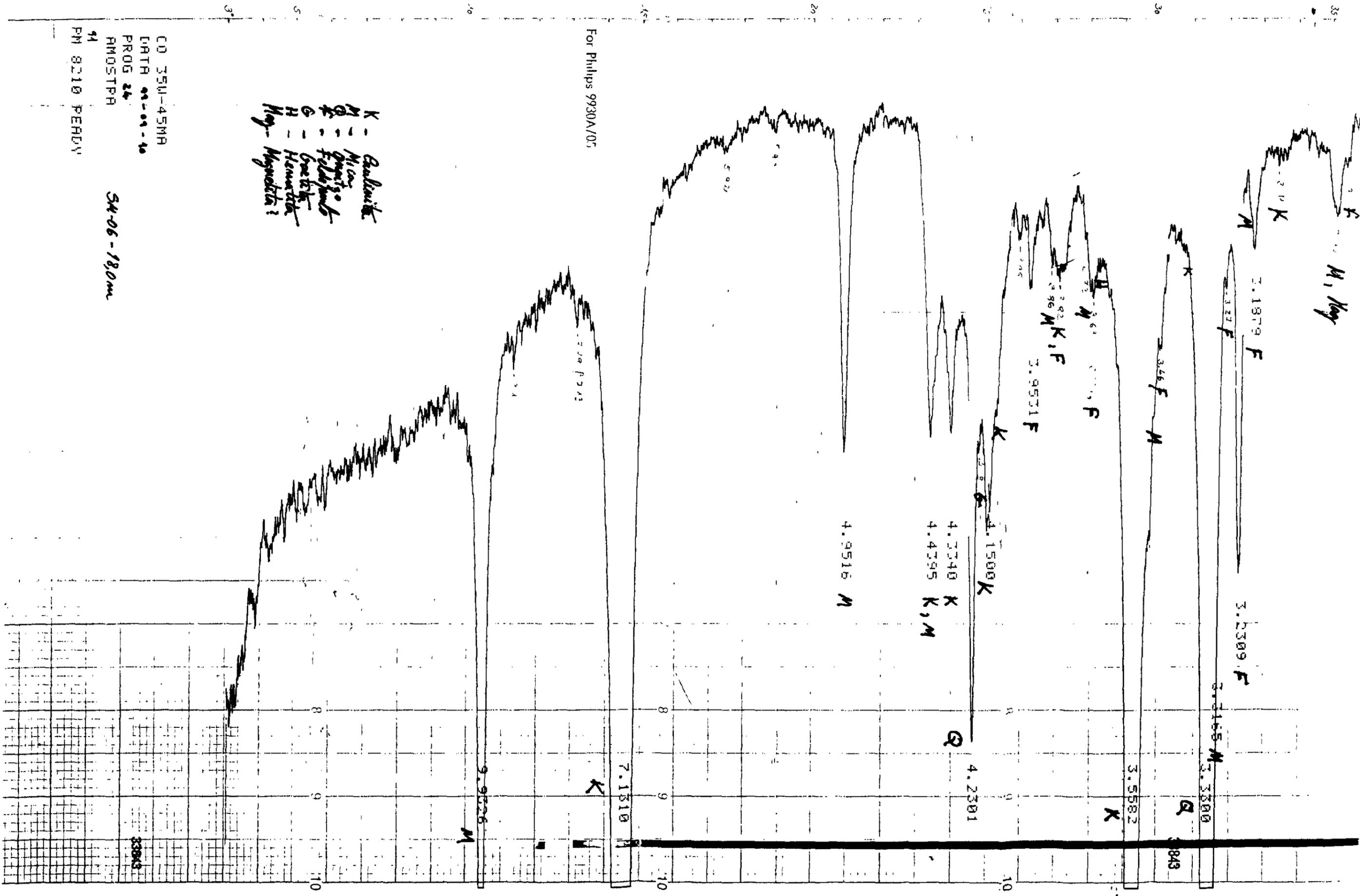
2.72 K, M, F

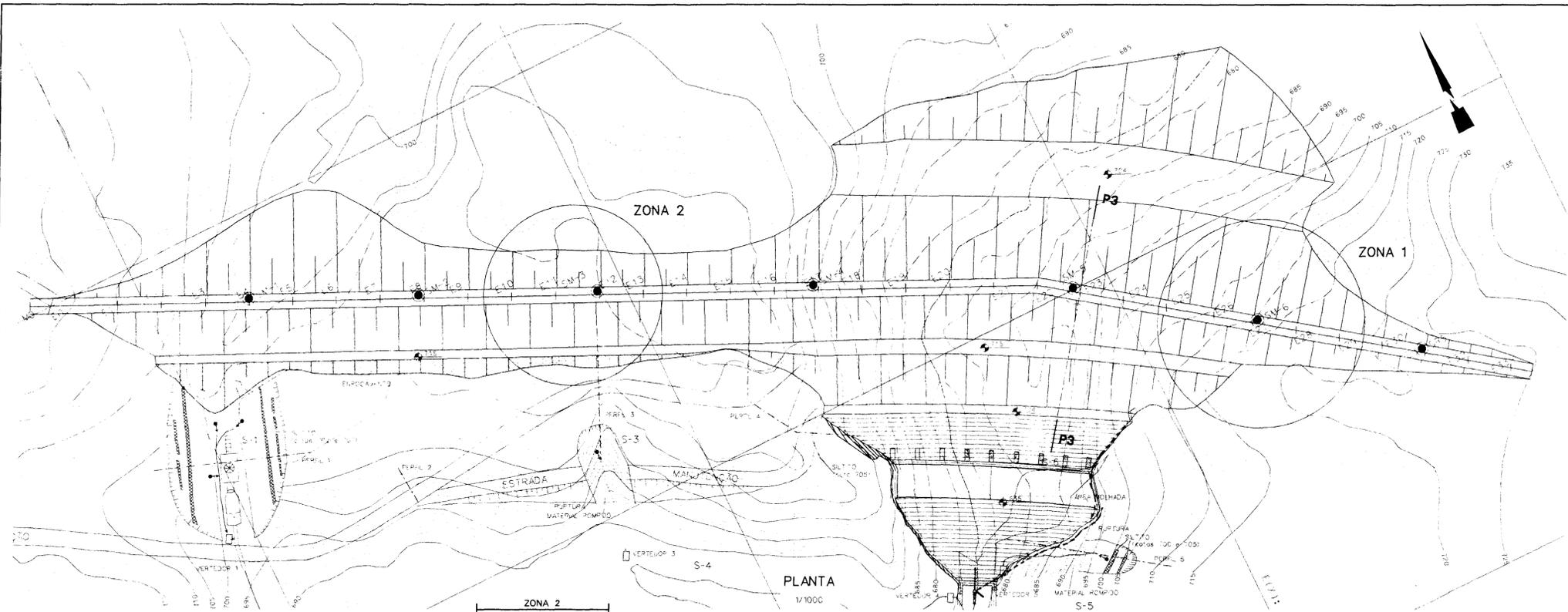
2.85 M

2.89 F

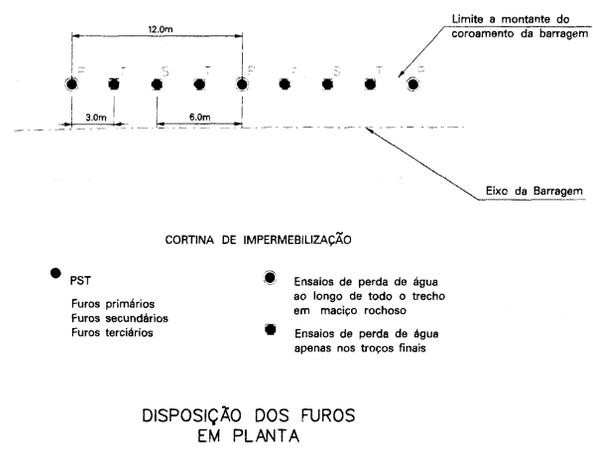
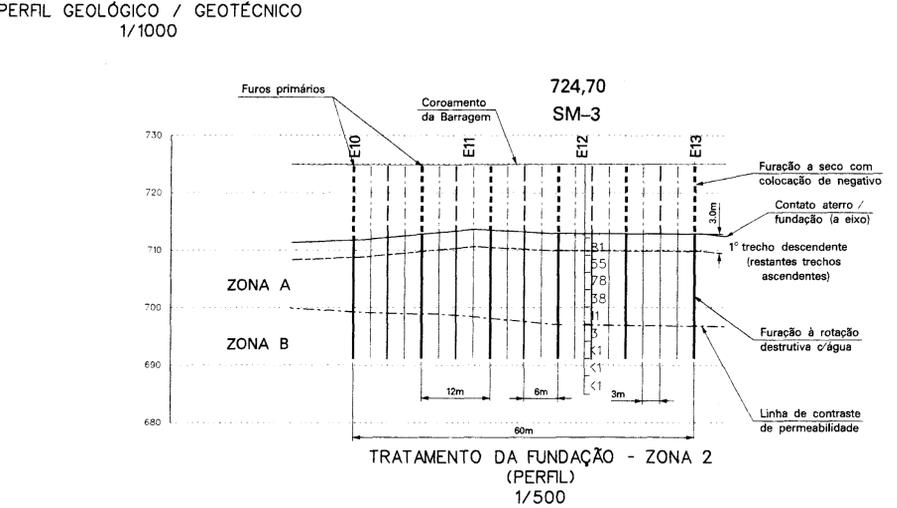
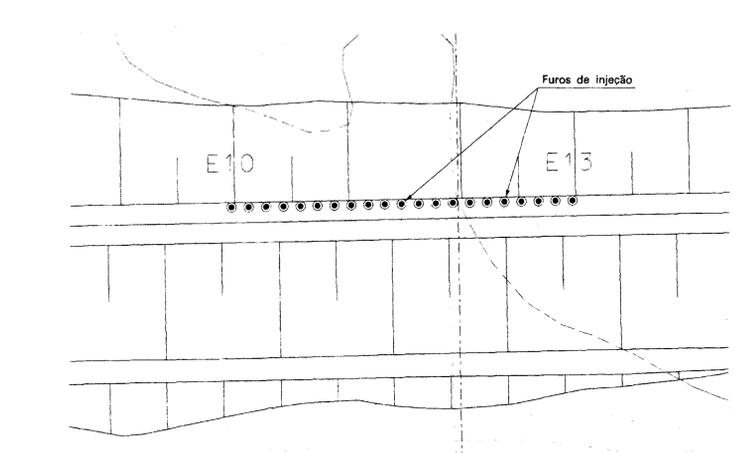
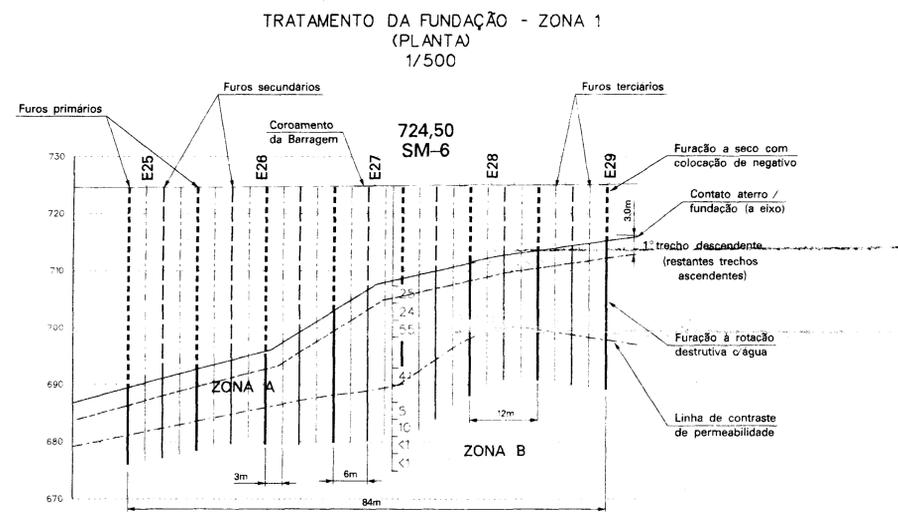
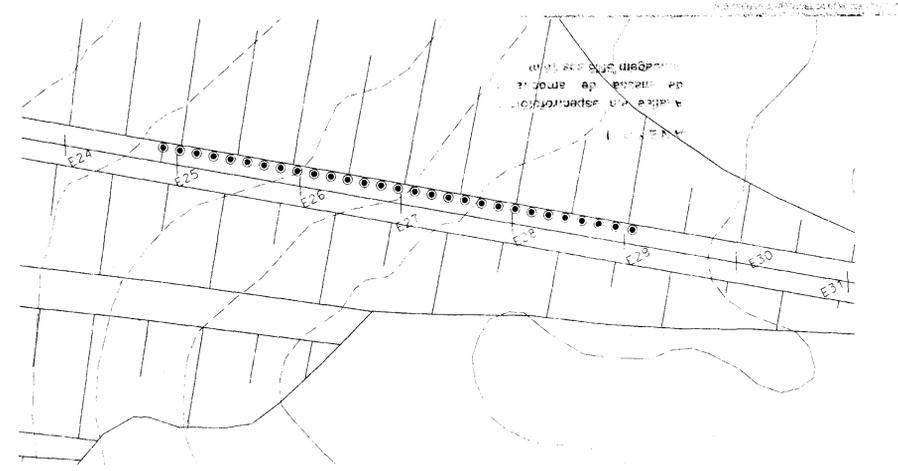
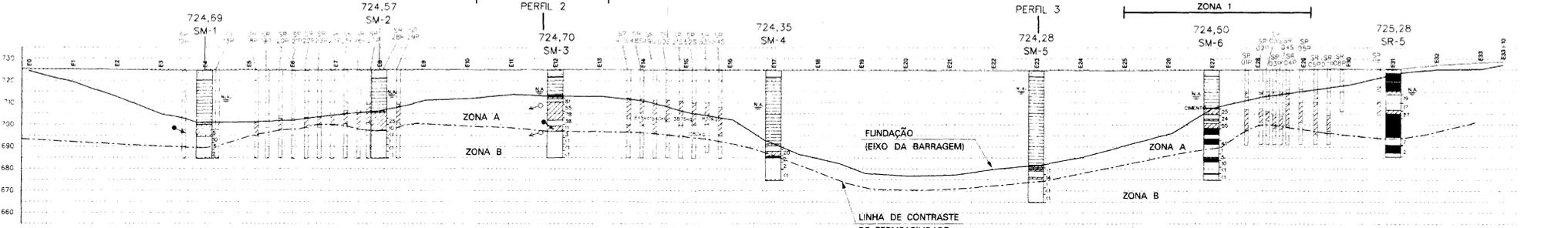
2.95 F

2.97 M, M, Q





- LEGENDA**
- 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)
 - CONSUMO DE CIMENTO
 - SONDAGENS (FASE ATUAL)
 - TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO (ETAPA 1)
 - TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO (ETAPA 2)
 - TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO (ETAPA 3)
 - SONDAGEM MECÂNICA



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
CONSULTORES PARA OBRAS BARRAGENS E PLANEAMENTO S.A.

AVENIDA 5 DE OUTUBRO, 323
1649-011 LISBOA - PORTUGAL

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

REFORÇO DO TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO
PROJECTO EXECUTIVO

PROJ: J. Amorim data: / / 1999 des: M. P. Escobar escala: 632-TF-01
des: Vários data: 1999



1

000048