

NÃO CONFIDENCIAL



MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E COMUNICAÇÕES

Laboratório Nacional de Engenharia Civil

OBSERVAÇÃO DE BARRAGENS DE ATERRO

Automatização do Tratamento da Informação

Lisboa, Julho de 1986

Trabalho realizado no âmbito do PIDDAC

**I&D
GEOTECNIA
RELATÓRIO 200/86 — NF**

MINISTERIO DAS OBRAS PUBLICAS TRANSPORTES E COMUNICACOES

LABORATORIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

NÃO CONFIDENCIAL

DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA

NUCLEO DE FUNDACOES

PROC. 53/13/8481

OBSERVACAO DE BARRAGENS DE ATERRO.

AUTOMATIZACAO DO TRATAMENTO DA INFORMACAO.

Trabalho realizado no âmbito do PIDDAC

Lisboa, Julho de 1986

Copyright © LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL, I. P.
AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA
e-mail: lnec@lnec.pt
www.lnec.pt

Digitalizado no Setor de Divulgação Científica e Técnica do LNEC

2022

INDICE

	Pag.
1 - Introdução.....	1
2 - Descrição geral do sistema.....	3
2.1 Grandezas implementadas.....	3
2.2 Recolha e introdução de dados (boletins de registro).....	5
2.3 Validação de dados.....	6
2.4 Cálculo de resultados.....	12
2.5 Validação de resultados.....	14
2.6 Arquivo de resultados.....	15
2.7 Exploração do arquivo.....	16
2.3.1 Numérica.....	16
2.3.2 Gráfica.....	16
2.3.2.1 Cronológica.....	16
2.3.2.2 Específica.....	17

	Pag.
3 - Utilização do sistema.....	18
3.1 Lançamento do sistema para uma barragem.....	18
3.1.1 Elementos fundamentais (tabelas de apoio, ficheiros de arquivo).....	18
3.1.2 Elementos auxiliares de exploração gráfica.....	30
3.2 Manutenção do sistema : Operação e procedimentos.....	39
3.2.1 Construção dos ficheiros de dados.....	40
3.2.2 Formatação, validação e cálculo.....	50
3.2.3 Exploração do arquivo.....	52
4 - Exemplos de aplicação.....	53
5 - Considerações finais.....	79

INDICE DE FIGURAS

Pag.

Fig 1 - Barragem de Seliche. Registo da evolução das cotas de aterro, níveis de albufeira e pluviosidades desde o início da construção.....	54
Fig 2 - Evolução das tensões intersticiais nas células instaladas junto dos grupos 8, 9 e 10 de células de tensão total.....	55
Fig 3 - Assentamentos internos registados na bateria 1 desde o início da fase construtiva.....	58
Fig 4 - Assentamentos internos registados na bateria 2 desde o início da fase construtiva.....	59
Fig 5 - Assentamentos internos registados na bateria 3 desde o início da fase construtiva.....	60
Fig 6 - Evolução da tensão total no grupo de células 1 a 3 desde o início da construção. Comparação com o crescimento do aterro.....	64

Fig 7 - Trajectória de tensões para o grupo 1 de células de tensão total desde o início da obra.....	65
Fig 8 - Trajectória de tensões para o grupo 2 de células de tensão total desde o início da obra.....	66
Fig 9 - Valor e orientação das tensões principais na fase final da construção.....	67
Fig 10 - Variação do nível piezométrico (piezómetros hidráulicos) após construção.....	69
Fig 11 - Nível piezométrico no final da construção.....	70
Fig 12 - Deslocamentos horizontais internos.....	71
Fig 13 - Barragem de Crestuma. Evolução do nível piezométrico, comparação com a variação do nível da albufeira no mesmo período.....	72
Fig 14 - Barragem do Mira. Evolução dos assentamentos nas marcas superficiais num período de 7 anos, desde 1979 a 1986.....	76

INDICE DE QUADROS

Pag.

Quadro I - Barragem de Beliche. Registos numéricos da evolução das tensões intersticiais.....	56
Quadro II - Barragem de Beliche. Registo numérico das campanhas de observação de assentamentos no período de 85/01/01 a 85/12/31.....	61
Quadro III - Barragem de Beliche. Registo numérico das tensões medidas, tensões principais e trajectória de tensões correspondente.....	68
Quadro IV - Barragem de Crestuna. Registo numérico das cotas piezométricas de 85/07/01 a 85/08/31.....	73
Quadro V - Barragem do Mira. Registos numéricos da evolução dos assentamentos nas marcas superficiais.....	77

1 - Introdução

A observação do comportamento de obras de engenharia civil visa atingir dois objectivos fundamentais; a avaliação das condições de funcionalidade e segurança; a verificação das hipóteses de cálculo que conduz eventualmente ao aperfeiçoamento dos modelos e métodos de dimensionamento.

Quando as obras são barragens, a importância do primeiro objectivo é evidente. Tratando-se de barragens de aterro o ultimo tem também particular importância dada a evolução dos conhecimentos neste tipo de obras geotécnicas a que se tem assistido nos últimos anos.

Para se atingirem os objectivos propostos é necessário estabelecer um plano de observação, preferencialmente durante a fase de projecto. Neste plano, que deverá ser entendido como um documento orientador deve ser estabelecido o tipo de instrumentação a instalar, a sua possível localização e ainda a frequência das respectivas leituras. Uma das vantagens em estabelecer o plano de observação na fase indicada é a de poder prever, no caderno de encargos, todas as recomendações correspondentes à instalação dos aparelhos, possibilitando assim uma adequada coordenação dos trabalhos. Saliente-se ainda que esta é uma directiva apontada no futuro Regulamento de Segurança de Barragens.

Sendo a filosofia geral dos sistemas de observação comum a todos os tipos de barragens e, em particular, no que se refere às actividades de automatização optou-se, para serem atingidos com eficiência os objectivos pretendidos, pela adaptação do SINF desenvolvido para as barragem de betão [1] complementado-o, nos aspectos específicos (fundamentalmente no campo gráfico), relativos às barragens de aterro .

Em Portugal, o volume de informação proveniente da exploração dos sistemas de observação das barragens de aterro é ainda consideravelmente inferior ao das barragens de betão, dado o desenvolvimento mais recente da mecânica dos solos, e de apenas ultimamente se verificar um acentuado incremento da construção de barragens de aterro. De facto, é menor quer a quantidade de instrumentos instalados quer a frequência das respectivas leituras. Note-se no entanto que a tendência é a de aumentar significativamente o volume de informação da observação.

A necessidade de se implementar uma metodologia de análise da informação em tempo útil torna imprescindível a automatização do processamento dos dados da observação.

2 - Descrição geral do sistema

2.1 Grandezas implementadas

As grandezas implementadas referem-se a sete tipos de aparelhos, nomeadamente :

-células de tensão total (em geral "rosetas" de 3 células nas direcções vertical, horizontal e 45 graus);

-medidor de caudais;

-piezómetros;

-células de tensão intersticial (tensão neutra);

-inclinómetros (medicção de deslocamentos horizontais internos);

-Baterias tipo U.S.B.R. (medicção de deslocamentos verticais internos);

-marcas superficiais.

As grandezas relativas aos seis primeiros tipos de aparelhos são objecto principal deste trabalho, devendo os deslocamentos superficiais ser fornecidos pelo Núcleo de Medidas Geodésicas que possui aparelhagem de alta precisão e métodos de processamento adequados. No entanto, para possibilitar o processamento das

leituras já efectuadas por meios topográficos, o sistema também contempla o arquivo e exploração das grandezas resultantes das marcas superficiais.

A descrição geral destes aparelhos encontra-se já publicada [2], referindo-se aqui apenas os aspectos carecendo, no âmbito deste trabalho, de alguma observação complementar.

Assim, e relativamente às células de tensão total, vários autores têm referido a deficiente representatividade dos valores medidos nos aterros e que resulta, quer do processo de colocação das células, que constitui uma perturbação do meio particulado, quer da calibração da resposta das mesmas depender de vários factores, como por exemplo do estado de compactidade do material de aterro. Nesse sentido, é desejável colocar nos grupos de rosetas mais células do que aquelas estritamente necessárias para definir o estado de tensão num ponto, para se poder melhor ajuizar da representatividade dos valores medidos.

Para a medição de tensões neutras saliente-se a menor durabilidade dos piezómetros eléctricos em relação aos piezómetros hidráulicos, embora o tempo de resposta daqueles seja consideravelmente inferior permitindo além disso realizar leituras durante a fase de construção.

2.2 Recolha e introdução de dados (boletins de registo)

A recolha de dados é feita, por leitura directa nos dispositivos de medida (fitas métricas, pontes de Wheatstone, etc.) sendo susceptível dos erros habituais de observação que convém minimizar.

Em particular para evitar as falhas humanas, é desejável que as leituras sejam feitas por pessoal experiente e que, além disso, existam no local desenhos com o posicionamento dos aparelhos, bem como elementos relativos às últimas leituras e ainda indicações sobre as ocorrências verificadas (imprecisões, zonas conturbadas, etc.), durante o processamento das observações anteriores. Numa fase mais avançada será até possível que exista uma previsão para os valores a observar.

No que se refere aos boletins de registo de dados estes seguirão as orientações utilizadas nas barragens de betão sendo no entanto de referir algumas alterações introduzidas justificadas pela simplificação proporcionada pelos editores de texto do computador VAX-11 onde o sistema está implementado, em oposição ao sistema de cartões utilizado no sistema DEC-10, então o único em utilização.

Em apêndice apresentam-se os boletins utilizados no LNEC até à presente data, encontrando-se em preparação os futuros boletins para a observação das barragens já implementadas.

2.3 Validação de dados

A operação de validação de dados consiste na eliminação de certos valores anómalos, motivados por qualquer uma das causas já referidas ou ainda por erro de introdução no computador, mediante alguns testes efectuados sobre o conjunto de dados. A filosofia dos critérios gerais de validação é comum à utilizada para as barragens de betão; estes critérios consistem na verificação da 'posição' da leitura relativamente a um intervalo pré-definido que pode ter em consideração quer os limites máximos do aparelho quer os limites máximos relacionados com qualquer outro factor.

Seguidamente serão expostos os critérios adoptados para os vários tipos de aparelhos.

Aparelho 9 - Níveis de montante e jusante

A validação destes valores consiste apenas em verificar que os níveis medidos estão compreendidos no intervalo previsto na tabela de apoio, o qual é definido pela cota mínima possível da albufeira e pelo NPA (nível de pleno armazenamento).

Aparelho 29 - Medidor de caudais

E testado para cada leitura se o caudal está compreendido nos valores previstos na tabela de apoio.

Aparelho 30 - Marcas superficiais

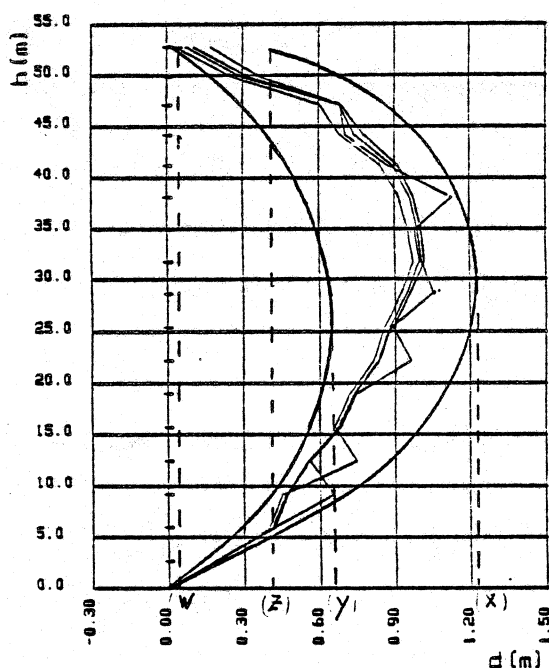
E fixada na tabela de apoio correspondente a este tipo de aparelho uma percentagem da altura inicial de aterro debaixo da marca que será utilizada como limite superior do assentamento.

Aparelho 31 - Células de tensão total

A tensão total não poderá ser negativa e não deve exceder a tensão geostática, excepto no caso de se verificarem fenómenos de concentração de tensões. Neste caso deverão os limites ser corrigidos por um factor multiplicativo que variará normalmente entre 1,5 e 2,0. Devendo a escolha do factor adoptado ser convenientemente justificada por cálculos em que se contabilize correctamente a heterogeneidade entre os diferentes materiais constituintes do aterro. Além disso a tensão máxima medida não pode ultrapassar a capacidade da célula, não sendo portanto admissível que o valor obtido pela correcção anterior supere a capacidade da célula.

Aparelho 32 - Baterias de Assentamentos (deslocamentos verticais)

Para a validação dos valores obtidos por este aparelho a via escolhida foi a de verificar se os assentamentos máximos e mínimos estão dentro dos valores previsíveis face à altura do maciço. Assim, e atendendo a que a lei dos assentamentos é aproximadamente parabólica, verifica-se se cada valor cabe no intervalo definido pela curva de assentamentos máximos e mínimos. Estas curvas podem ser definidas com base em cálculos realizados por exemplo pelo método dos elementos finitos ou, alternativamente com base em estudos estatísticos em função da envergadura e materiais da barragem.



A definição das curvas já referidas é feita com base nos quatro parâmetros X, Y, Z e W indicados na figura (para os parâmetros Z e W pode simplificarmente tomar-se uma percentagem do valor usado para X e Y respectivamente).

Estes parâmetros podem ser alterados sempre que necessário resultando neste caso uma modificação do andamento global da curva ou alternativamente podem ser feitos ajustamentos locais, isto é, podem ser alterados os valores da parábola apenas em algumas travessas podendo assim atender-se a andamentos peculiares para os assentamentos. Refira-se ainda que, no início da vida da obra é necessário ajustar com relativa frequência os valores das envolventes pois é nesta fase que se registam a maior parte dos assentamentos.

Aparelho 33 - Células de pressão intersticial

Para estas células o teste consiste em verificar que a tensão intersticial se encontra dentro dos limites previsíveis em função da posição da célula, que são indicados na tabela de apoio ($P_{min} < P < P_{max}$).

Aparelho 34 - Piezômetros hidráulicos

Neste caso a validação dos dados reduz-se a verificar que a altura da água resultante do cálculo varia entre 0.00 e a altura máxima do tubo.

O valor 0.00 é evidente como mínimo, pois pela própria natureza do aparelho não é possível medir alturas negativas [2]. O valor máximo é também evidente, pois uma altura de água superior à altura do tubo constitui, em princípio, um

facto inconveniente.

Este caso pode ainda ser reduzido aos anteriores pois a altura do piezómetro deve ser corrigida em conformidade com o acréscimo de tubo introduzido, necessário para realizar a leitura.

Outra alternativa para este caso é a instalação de piezómetros com manómetro de leitura de pressão em alternativa à utilização de piezómetros de tubo aberto.

Aparelho 35 - Inclínómetros (deslocamentos horizontais)

A validação dos dados para este tipo de aparelho é feita em duas fases. Em primeiro lugar verifica-se se as leituras estão dentro de uma gama previamente definida e que pode ter como base dois critérios :

- os limites do aparelho de medida, no caso do inclínómetro usado no LNEC [999,-999];

- a inclinação limite esperada (as leituras representam $2.5 \sin(\alpha) 10^{**4}$, pelo que fixando o valor do ângulo máximo previsível se obtém a leitura limite).

Em segundo lugar é verificada a precisão das leituras. Para isso é feita a soma dos valores obtidos nas leituras opostas (rotação de 180 graus). Como a grandeza medida nos dois sentidos é a mesma (a inclinação do tubo), a soma dos dois valores não deve diferir mais de $(d_0 \pm d_0)$, em que

'dd' representa a precisão do aparelho e 'd0' o seu 'erro de base', isto é, o desvio acusado pelo aparelho quando o torpede está na posição vertical. Como é evidente, se o aparelho estiver rigorosamente calibrado o valor obtido para d0 é de 0.000. Quando isso não acontecer as leituras terão de ser analisadas e cuidados especiais devem ser tomados relativamente às constantes do aparelho [4].

Refira-se ainda, que esta verificação é feita para duas direcções com valores diferentes para as constantes d0 e dd.

A determinação dos parâmetros necessários à validação pode ser feita por 3 vias [4]:

- determinando experimentalmente o desvio do inclinómetro e adoptando a precisão especificada no manual do aparelho;

- por uma via analítica, analisando estatisticamente as leituras;

- por uma via mista, em que se confirmam pela via teórica, todos os valores medidos ou apontados nos manuais.

2.4 Cálculo de resultados

O cálculo de resultados, isto é, dos valores das grandezas físicas observadas, a partir dos dados relativos aos vários aparelhos implementados é muito simples envolvendo, na maioria dos casos apenas uma multiplicação pelas constantes próprias dos aparelhos. Esse cálculo está já referido em várias publicações e em especial nos manuais de utilização dos próprios aparelhos.

E no entanto oportuno referir alguns aspectos levados em consideração nomeadamente para os aparelhos 33, piezómetros e 35, inclinómetros.

Relativamente ao primeiro, está prevista a possibilidade de alternância nos dispositivos de leitura, isto é, está prevista a possibilidade de se realizarem leituras com qualquer um dos dispositivos existentes no LNEC. No sentido de indicar quais os dispositivos utilizados nas leituras, é fornecido no ficheiro de dados um parâmetro indicador cujo significado se explicitará na descrição dos ficheiros de dados.

Quanto ao tipo de aparelho 35 - Inclinómetros (medição de deslocamentos horizontais), existem algumas alterações relativamente ao habitual. Com efeito, para conferir uma certa generalidade ao sistema foi prevista a hipótese de as calhas dos tubos não estarem perfeitamente orientadas nas direcções pretendidas. Assim é necessário especificar nas tabelas de constantes, referidas adiante, o desvio das calhas. O cálculo então efectuado terá em consideração este ângulo e os valores

arquivados estarão já nas direcções pretendidas. No caso mais frequente de não existir desvio, o ângulo a utilizar será zero.

De acordo com o que foi exposto, sendo D_{mj} , D_{ed} os deslocamentos nas supostas direcções de jusante - montante e margem direita - margem esquerda e ainda (α) o ângulo de desvio ter-se-á

$$\text{deslocamento M-J} = D_{mj} \cdot \cos(\alpha) + D_{ed} \cdot \sin(\alpha);$$

$$\text{deslocamento E-D} = D_{ed} \cdot \cos(\alpha) + D_{mj} \cdot \sin(\alpha).$$

2.5 Validação de resultados.

Após o cálculo far-se-á a validação dos resultados. No entanto não se dispõem ainda de módulos de validação de suficiente confiança que permitam automatizar desde já esta fase. Assim a validação dos resultados é realizada, em grande parte, através do exame visual das saídas gráficas. Será interessante referir que os diagramas específicos mostram grandes potencialidades neste domínio.

2.6 Arquivo de resultados.

Após a realização dos cálculos necessários é criado um ficheiro (ou actualizado, se já existir) onde serão guardados os resultados da campanha. O nome desses ficheiros-arquivo é de nbarr.ext, em que 'nbarr' representa o número da barragem e 'ext' a extensão ao nome elucidativa do aparelho arquivado.

Assim teremos para os aparelhos já arquivados as seguintes extensões :

- 9 - NIV
- 29 - CAU
- 30 - MSU
- 31 - CTT
- 32 - INC
- 33 - CTI
- 34 - PIE
- 35 - INH

Por uma questão de segurança aconselha-se a alterar o código de protecção destes ficheiros, prevendo-se assim a possibilidade de um 'delete' accidental. Para finalizar refere-se ainda que por uma questão de rapidez na posterior exploração, os ficheiros referidos são de acesso directo e escritos em binário pelo que não são visualizáveis no terminal.

2.7 Exploração do arquivo

Em qualquer momento é possível visualizar no terminal, na impressora no 'plotter' ou ainda num terminal com capacidade gráfica, qualquer conjunto de resultados de quaisquer aparelhos respeitantes a qualquer barragem entre quaisquer duas datas. Esta facilidade evita a existência de um arquivo físico de considerável extensão e pouca eficiência.

2.3.1 Exploração numérica

No que respeita a esta exploração haverá apenas a acrescentar ao que foi dito que os resultados são impressos sob a forma de quadros, por ordem cronológica, e que pode ser feita a selecção dos aparelhos e grandezas a visualizar.

2.3.2 Exploração gráfica

2.3.2.1 Cronológica.

A visualização da evolução das grandezas ao longo do tempo revela-se do maior interesse, pois permite analisar o comportamento das barragens em função da sua idade, da variação dos níveis de água na albufeira, da pluviosidade observada e ainda da cota do aterro, no caso de a barragem se encontrar em

construção à data de realização das campanhas de observação.

Os diagramas cronológicos agora implementados apresentam a particularidade de serem 'programáveis', isto é, cabe ao utilizador a definição das associações de aparelhos, tipos de aparelhos e tipos de grandeza a desenhar num mesmo diagrama. Também a geometria dos vários subdiagramas é definida pelo utilizador permitindo deste modo a ampliação da escala facilitando assim a interpretação.

Sugere-se ao utilizador que experimente realizar as saídas gráficas com vários factores de escala para a grandeza tempo, pois os resultados obtidos com as variações revelam-se em geral de grande interesse.

2.3.2.2 Específica.

Nesta exploração gráfica é possível visualizar diagramas de trajectórias de tensão, tensões principais nas células, evolução dos assentamentos, extensões entre travessas e deslocamentos horizontais no perfil da barragem e no tempo.

Esta implementação constitui uma nova extensão ao SINF e parece constituir um campo onde muito haverá ainda por explorar.

3 - Utilização do sistema

3.1 Lançamento do sistema para uma barragem

3.1.1 Elementos fundamentais (tabelas de apoio e ficheiros de arquivo)

O funcionamento de todos os módulos do sistema é apoiado num conjunto de ficheiros, onde se guarda informação geral relativa às várias barragens em observação e ainda informação específica relativa a cada barragem, a cada aparelho, etc..

O primeiro desses ficheiros, de nome HEGEO.DAT, reúne a seguinte informação :

- 1- Nome das barragens em observação;
- 2- Finalidade das mesmas;
- 3- Aparelhos implementados.

Para implementar uma nova barragem basta escrever no terminal:
INIT.

Este procedimento desencadeia um conjunto de operações, incluindo um diálogo com o utilizador, que permite reunir os itens 1 e 2 acima referidos. Relativamente ao terceiro item toda a informação necessária já foi introduzida durante a adaptação do SINF pelo que não é necessário alterá-la.

Seguidamente é necessário arquivar o número máximo de campanhas pretendido para cada tipo de aparelho. Note-se que na fase já descrita de inicialização, o sistema assumiu por defeito '0' campanhas para cada tipo de aparelho. Assim escrevendo ACTUAL no terminal o utilizador será questionado sobre o número da barragem a actualizar e sobre os aparelhos dos quais pretende alterar a capacidade.

O número de campanhas a prever será o correspondente ao período em que é vulgar fazer-se a observação. Este período poderá ser dividido em cinco fases segundo as recomendações do ICOLD (81), a saber:

- Construção
- Primeiro enchimento
- Primeiros 5 anos de vida da barragem
- Dos 5 aos 20 anos
- Dos 20 anos em diante.

Para finalizar refere-se que a capacidade máxima está apenas condicionada pela área em disco do utilizador.

Após esta fase de actualização dos ficheiros-base é necessário criar as tabelas de apoio. Essas tabelas, uma por cada tipo de aparelho, destinam-se a guardar de forma ordenada uma série de informações a utilizar durante a validação de dados, cálculo de resultados e, em alguns casos, durante a exploração gráfica. Trata-se portanto, de elementos com um carácter mais ou menos

definitivo, já que só são alterados quando se verifica uma mudança das condições globais da obra. Após a construção de cada tabela é necessário formatá-la de modo a ficar adaptada ao programa principal. A palavra chave a utilizar é : TABFORM. Após se ter realizado a formatação, o ficheiro original deixa de ser necessário, podendo ser apagado ou guardado em banda.

Refira-se ainda que a utilidade destas tabelas transcende a mera utilização do programa pois é uma forma ordenada de guardar informação que se encontrava até aqui dispersa, permitindo a médio prazo a realização de um sistema de informação do tipo Base de Dados.

Seguidamente descreve-se o formato de cada uma das tabelas bem como o significado de cada um dos parâmetros envolvidos.

- Aparelho 9 (níveis da albufeira)

Nome : nbarr_9.tao

Formato :

2 4

nmaxM nminM nmaxJ nminJ

em que :

nmaxM=nível máximo previsto para montante;

nminM=nível mínimo previsto para montante;

nmaxJ=nível máximo previsto para jusante ;

nminJ=nível mínimo previsto para jusante ;

- Aparelho 29 (medidor de caudais)

Nome : nbarr_29.tab

Formato :

```
n 5 5 3
m grup qmax qmin
" " " "
...
```

em que :

n= número de grupos de medidores

m= número do medidor

grup= grupo em que está inserida;

qmax= caudal máximo previsível;

qmin= caudal mínimo (em geral 0).

- Aparelho 30 (marcas superficiais)

Nome : nbarr_30.tab

Formato :

```
n 4 4 3
ij i perf 1 h0 coti p
" " " " " " "
...
```

em que :

n= número de marcas;

ij= grupo ;

i= número da marca;

perf= perfil em que está inserida a marca;

h0= altura inicial de terreno sob a marca (cota da marca-cota da fundação);

coti= cota inicial da marca;

p= percentagem de h0 para definir o valor máximo do assentamento.

- Aparelho 31 (células de tensão total)

Nome : nbarr_31.tab

Formato :

```
n 5 5 3
per pmax
i pos cota xp0 dh
" " " " "
...
```

em que :

n= número de células;

per= perfil onde se localizam as células;

pmax= pressão máxima suportada pelo aparelho;

i= grupo a que pertence a célula;

pos= posição; 1, 2 ou 3, respectivamente horizontal,
vertical, 45 graus;

cota= cota de colocação do aparelho;

xp0= pressão inicial (de instalação)

dh= (cota da banquetta)+(0.5)-(cota de instalação); se não
se pretender entrar com a correcção do óleo deverá este
valor ser (0.0).

- Aparelho 32 (inclinômetros - assentamentos)

Nome : nbarr_32.tab

Formato :

```
ntubos X Y Z W
ntrav 6 4 3
inc ntrav per
ci1 ci2 ....
di1 di2 .... 0.0
...
```

em que :

ntubos= número de inclinômetros;

X,Y,Z,W= parâmetros definidores da envolvente de assentamentos;

ntrav= soma do número de travessas para todos os inclinômetros;

inc= número do inclinômetro a que se refere o próximo conjunto de dados;

per= perfil em observação;

ci1/ci2/...= cota inicial de cada travessa;

di1/di2/...= distância inicial entre travessas;
 $d_i = c(i+1) - c(i)$

- Aparelho 33 (células de tensão intersticial)

Nome : nbarr_33.tab

Formato :

```
ncel 4 5 3 0 1 pmax pmin
ij zero per cte1 cte2
" " " " "
" " " " "
...
```

em que :

ncel= número de células;

pmax, pmin= limites previsíveis para a tensão neutra, e que serão utilizados na validação de dados (Kgf/cm²).

ij= grupo de células de tensão total a que está associada a célula de tensão neutra;

per=perfil em que está colocada a célula;

Para os restantes símbolos o significado depende dos dispositivos utilizados nas leituras. Teremos então:

tipo 1: Todas as leituras realizadas com caixa Maihak.

zero: Leitura inicial Maihak;

cte1: 0 ou variação do factor de escala K;

cte2: factor de conversão para gf/cm² (constante da célula).

tipo 2: Leitura inicial com caixa Maihak, leituras seguintes com caixa digital.

zero: Leitura inicial Maihak;

cte1: factor de escala K correspondente ao zero Maihak;

cte2: factor de conversão para gf/cm2.
tipo 3: Todas as leituras com caixa digital.
zero: Leitura inicial digital;
cte1: U.
cte2: factor de conversão para gf/cm2.

- Aparelho 34 (piezômetros)

Nome : nbarr_34.tab

Formato :

```
ncel 4 3 3 tip
j li lf per
cbt cterr cpla
" " "
" " "
...
```

em que :

ncel= número total de piezômetros;

tip= tipo de grandeza a processar;

tip=0 - altura de água no piezômetro;

tip=1 - altura de água acima do terreno;

j= número do grupo de piezômetros;

li= número da célula inicial do grupo;

lf= número da célula final do grupo;

per= número do perfil em observação;

cbt= cota da boca do tubo;

cterr= cota do terreno, esta cota será igual à cota da placa porosa se a grandeza a processar for a altura de água no piezômetro (tip=0); se a grandeza pretendida for a cota real da água basta fazer a cota do terreno igual a zero.

cpla= cota da placa porosa.

- Aparelho 35 (inclinómetros - deslocamentos horizontais)

Nome : nbarr_35.tab

Formato :

```
nap 5 3 3
ntubos
i init fin per u1 s1 u2 s2 l1 l2 k alfa
" " " " " " " " " " " "
" " " " " " " " " " " "
...
```

em que :

nap= número total de leituras;

ntubos= número total de tubos;

i= número de cada inclinómetro;

init,fin= número das leituras inicial e final de cada tubo;

per= perfil onde está colocado o tubo;

u1,u2= "zero" do aparelho nas duas direcções (M-J), (E-D);

s1,s2= desvio esperado em torno das médias;

l1,l2= limites esperados para as leituras;

k= constante do aparelho que converte as variações angulares em deslocamentos;

alfa= desvio da orientação das calhas do aparelho relativamente à direcção montante-jusante.

3.1.2 - Elementos auxiliares de exploração gráfica.

Para a exploração gráfica é necessário definir mais um conjunto de ficheiros onde se guarda informação referente, quer à geometria dos elementos estruturais, quer aos terrenos que os compõem. Assim para a visualização dos diagramas é necessário definir previamente este conjunto de ficheiros que têm também um carácter mais ou menos definitivo.

- Ficheiro de materiais.

Para traçar a envolvente de rotura nos diagramas de trajectórias de tensões é necessário conhecer os parâmetros de resistência ao corte dos materiais a que dizem respeito as tensões. Esses materiais foram previamente caracterizados laboratorialmente pelo que se terá apenas de transcrever os valores obtidos, para o computador [5].

nome: nbarr.mat

formato:

```
ncel
i c fi dfi
" " " "
" " " "
...
```

em que :

cnel= número de células de tensão total a que se refere o ficheiro;

i= número do grupo de células de tensão total;

c= coesão em Pa;

fi0= ângulo de atrito interno (em graus) do material para um valor da tensão de confinamento de 0,1 MPa;

dfi= decréscimo de [fi] para um aumento de 1.0 MPa da tensão de confinamento.

- Ficheiro de Limites

Verificou-se que, para a interpretação dos resultados de certo tipo de aparelhos, era conveniente a existência de uma escala única, facilmente controlável pelo utilizador, de modo a permitir uma análise inequívoca dos diagramas.

Neste ficheiro são definidos para alguns tipos de aparelhos os valores a utilizar como extremos e, em alguns casos, o 'passo' pretendido.

Nome : nbarr.lim

formato :

n

32 5 0 max min delta

35 xmaxi xminj delta1

35 xmaxMJ xminMJ delta2

35 xmaxED xminED delta3

em que :

n= número de tipos de aparelhos a que se refere o ficheiro;

Para o aparelho 32 serão referidos os limites para o diagrama de assentamentos, bem como o passo a utilizar no mesmo diagrama (max,min,delta);

Para o aparelho 35 são especificados os valores, todos em milímetros, cujo significado se descreve :

- a primeira linha refere os limites (xmaxi,xmini) e o passo (delta1) a utilizar para o diagrama da geometria inicial de todos os tubos e para as duas direcções;

- a segunda linha refere os limites (xmaxMJ,xminMJ) e o passo (delta2) a utilizar para as várias observações referidas à geometria inicial para a direcção montante - jusante;

- a última linha tem igual significado para a direcção margem esquerda - margem direita.

- Ficheiro de localização dos aparelhos

Neste ficheiro é definida a geometria de cada perfil em observação e a localização dos aparelhos existentes no perfil, possibilitando assim que nos desenhos apareça essa informação.

A geometria da figura é definida à custa de grupos de linhas poligonais, em qualquer escala.

Nome : nbarr_per.loc

formato :

fescala

ax ay

ngrup

i npts

x1 y1

x2 y2

" "

...

n31 n32 n33 n34 n35

[a]

em que :

fescala= factor multiplicativo que converte todas as dimensões indicadas no seu valor real em metros;

ax/ay= dimensões da esquadria do desenho;

ngrup= número de grupos em que se divide o desenho;

i= número do grupo;

npts= número de pontos do grupo;

xi/yi= coordenadas dos vários pontos;

n31...n35= número de linhas do ficheiro destinadas a cada um dos aparelhos;

o símbolo [a] deverá ser substituído por um conjunto de valores em função do tipo de aparelho, ter-se-á então :

- para o aparelho 31; cada linha deverá ser preenchida com:

i x y ; sendo i o número do grupo de células, x e y a sua localização;

- para o aparelho 32 e 35 cada linha deverá ter o seguinte formato:

i x y h ; sendo i o número do inclinómetro, x e y as coordenadas da boca do tubo e h, a sua altura.

- Ficheiro de diagramas cronológicos

A exploração gráfica cronológica apresenta, como já foi referido, a particularidade de ser programável, isto é, não existe um formato fixo para os diagramas, sendo portanto possível ao utilizador definir as associações de aparelhos nos diagramas.

Este aspecto, constitui uma melhoria considerável relativamente à exploração gráfica existente no 'SINF' que apresentava pouca flexibilidade.

Para a definição dos diagramas é necessário especificar:

- a identificação do diagrama e o posicionamento dessa identificação;

- a localização e a altura a utilizar para cada subdiagrama;

- os tipos de aparelho (um por cada subdiagrama) e os códigos desses aparelhos (quatro no máximo por cada subdiagrama);

- os limites a aplicar a cada subdiagrama;

- a grandeza a desenhar;

- um texto, referente a cada código de aparelho e que lhe ficará associado;

- um texto, referente a cada subdiagrama e que deverá explicitar, as grandezas registadas e as unidades utilizadas; este texto será escrito na vertical à esquerda de cada subdiagrama com a dimensão explicitada pelo utilizador;

- três sinalizadores para activar a representação de cada uma das seguintes grandezas :

- níveis de albufeiras;

- cotas do aterro;

- pluviosidades;

```

Nome : nbarr.rec

formato :
ndiag
nome1
"
"
nome[ndiag].
d01 <---- inicio da descrição do 1 diagrama
nsub zx zy s al atr plu nvel yniv hniv
ysub1 apar xmax xmin step h nap cod... gra size
text1
"
identtext
ysub2 apar xmax xmin.....
.
.
d02 <---- inicio da descrição do 2 diagrama
.
.
.

```

em que :

ndiag= número de diagramas descritos no ficheiro;
nome[i]= designação (40 caracteres) de cada diagrama;
nsub= número de subdiagramas do diagrama;
zx/zy= coordenadas de localização da designação do diagrama;
s= dimensão em cm da designação;
al= ângulo (em graus) de escrita com a horizontal;
atr,plu,nvel= indicadores (1= desenhar);
yniv= localização do subdiagrama;
hniv= altura reservada;
ysub[i]= localização de cada subdiagrama;
apar= código do aparelho a que se refere o subdiagrama;
xmax,xmin,step= limites e passo para o subdiagrama;
h= altura do subdiagrama;

nap= número de códigos (máximo de 4);

cod= códigos dos aparelhos;

size= dimensão da letra a utilizar no texto de identificação do subdiagrama;

gra= grandeza a desenhar;

text[i]= texto a colocar em cada convenção de traço;

identtext= texto de identificação de cada subdiagrama.

- Ficheiro de crescimento do aterro, registos de pluviosidade e níveis da albufeira.

Este ficheiro contém as cotas e as datas necessárias para traduzir graficamente, com alguma precisão, a evolução do crescimento do aterro a pluviosidade média de cada mês e ainda as cotas da albufeira. Assim sempre que se se pretender traçar diagramas cronológicos referentes à fase construtiva e se pretender incluir no subdiagrama de níveis a evolução do crescimento da barragem, é necessário que exista este ficheiro. Analogamente para traçar em histograma a pluviosidade média é necessário fornecer os valores dessa pluviosidade. No cabeçalho deste ficheiro são ainda indicados os valores limites para a representação.

Nome : nbarr.atr

formato :

npts cmax cmin dc nivmax nivmin dniv plumax dplu

d m a cota plu niv

" " " " " "

...

em que :

npts = número de linhas do ficheiro;

cmax/cmin/dc= limites e passo a utilizar para as cotas de aterro;

nivmax/nivmin/dniv= limites e passo para os níveis de albufeira;

plumax/dplu= máximo e passo para o histograma de pluviosidades;

d/m/a = data a que se refere a cota e a pluviosidade;

cota = cota, em metros, do aterro na data indicada;

plu = pluviosidade, em mm, registada no mês (a falta de leitura é assinalada por 9999.11, sendo apenas considerado o primeiro valor de cada mês).

- Ficheiro de perfis

Este último ficheiro auxiliar tem uma função semelhante à do ficheiro de diagramas cronológicos, mas para a exploração gráfica específica. Tem ainda a função complementar de indicar a data de final de construção, necessária para alguns aspectos gráficos.

Nome : nbarr.per

formato :

nome

data

nperf

p1 p1 p3

p1 ntap

cod1 cod2 cod3

cod1 nap

a1 a2 a3

cod2 nap

a1 a2

.....

em que :

nome= nome da barragem a escrever nos diagramas;

data = data do final de construção;

nperf = número de perfis em observação;

p1,p2,p3 ... = número desses perfis

ntap= número de tipos de aparelho para o perfil;

cod1,cod2,...= códigos correspondentes;

nap= número de aparelhos para esse tipo de aparelho

a1,a2,a3,.....= número de código desses aparelhos.

3.2 Manutenção do sistema : operação e procedimentos. Exploração do arquivo

A manutenção do sistema do ponto de vista do operador, reduz-se à introdução periódica dos ficheiros de dados respeitantes às campanhas realizadas e à actualização, se necessário de alguns dos ficheiros de base já expostos. Inclui-se ainda neste capítulo a exploração do arquivo.

Seguidamente descrevem-se as operações necessárias para esta fase, considerando pois, que todas as operações de implementação estão já realizadas e isentas de erros.

O arquivo bem sucedido de uma campanha pressupõe a execução das fases seguintes :

- construção do ficheiro de dados;
- formatação do ficheiro, validação dos dados e cálculo de resultados.

Posteriormente pode processar-se, portanto, a exploração do arquivo.

3.2.1 Construção do ficheiro de dados

Os ficheiros de dados são introduzidos transcrevendo para o computador os boletins de registo. Alguma informação contida nesses boletins é comum aos vários aparelhos e o seu significado é seguidamente descrito.

-Informação principal comum :

Código da campanha :

11-Campanha normal. Processar e arquivar a campanha;

12-Processamento sem arquivo;

21-Substituição de campanha previamente introduzida.

Número da barragem :

Constituído por 5 dígitos (no máximo) representando o número do processo atribuído pelo LNEC.

Tipo de aparelho :

Código de dois dígitos atribuído ao aparelho e que tem como função a organização interna do sistema de observação. Estão implementados os seguintes aparelhos:

9 - Níveis da albufeira

- 29- Medidor de caudais
- 30- Marcas superficiais
- 31- Células de tensão total
- 32- Baterias de assentamentos
- 33- Células de tensão intersticial
- 34- Piezômetros
- 35- Inclínômetros (deslocamentos horizontais)

Número de aparelhos :

Constituído por 3 dígitos representando o número de aparelhos instalados. Refira-se que no caso do aparelho 32 esse valor representa o somatório do número de travessas para todos os tubos, e não o número de tubos. Idêntica situação se verifica para o aparelho 35.

As regras gerais da forma dos ficheiros são seguidamente descritas para cada tipo de aparelho.

Aparelho : 9 - Niveis

cod nbarr 9 mês ano n
dia nmont njus

...

em que :

cod= código da campanha, 11, 12 ou 21;

nbarr= número da barragem;

n= número de leituras efectuadas;

nmont= nível a montante;

njus= nível a jusante.

Aparelho : 29 - Medidor de caudais;

cod nbarr 29 nap dia mês ano
caudal
...

em que :

nap= número de medidores de caudal;

caudal= caudal medido em l/s.

Aparelho : 30 - Marcas superficiais

cod nbarr 30 nap dia mês ano

cota

..

..

...

em que :

nap= número de marcas superficiais;

cota= cota em m da marca na data indicada.

Aparelho : 31 - Células de tensão total.

cod nbarr 31 nap dia mês ano

pressão

"

"

...

em que :

nap= número de células de tensão;

pressão= valor lido no manômetro em kgf/cm².

Aparelho : 32 - Inclínômetros (assentamentos)

```
cod nbarr 32 ntrav csond dia mês ano
trv1 trvn cbt
leituraz
"
"
trv1 trvn cbt
leituraz
"
...
```

em que :

ntrav= número total de travessas de todos os inclínômetros;

csond= constante da sonda;

trv1, trvn= número de ordem (código) das travessas extremas de cada inclínômetro;

cbt= cota da boca do tubo;

leitura= distância, em metros, até às travessas.

Aparelho : 33 - Células de tensão intersticial.

cod nbarr 33 nap dia mês ano tipo
leitura
"
"
...
"

em que :

nap= número de células;

tipo= parâmetro definidor da fórmula de conversão utilizada :

tipo=1 ; Leituras sempre realizadas com caixa
Maihak;

tipo=2 ; Leitura inicial Maihak, leituras seguintes
digitais;

tipo=3, Leituras sempre realizadas com unidades
digitais.

leitura=valor registado no dispositivo utilizado.

Aparelho : 34 - Piezômetros.

cod nbarr 34 napar dia mês ano
dist

..

..

...

em que :

nap= número de piezômetros;

dist= distância entre a boca do tubo e a água.

Aparelho : 35 - Inclínómetros - deslocamentos horizontais.

```
cod 35 nbarr ntubos nleit
n1 dia mês ano
xm xj xe xd
" " " "
..
n2 dia mês ano
xm xj xe xd
" " " "
..
...
```

em que :

ntubos= número de inclínómetros

nleit= número total de leituras realizadas = soma do número de leituras para todos os inclínómetros = $n1+n2+n3+...$;

$n1, n2, n3...$ = número de leituras para cada inclínómetro;

xm, xj, xe, xd = leituras do aparelho nas várias direcções.

3.2.2 - Formatação, validação e cálculo

Após ter sido introduzido o ficheiro de dados do(s) aparelho(s) a tratar, far-se-á para cada um desses ficheiros, a formatação. Para isso dever-se-á escrever no terminal, FORMATAR. O utilizador será então inquirido sobre toda a informação necessária. Esta operação destina-se a formatar o ficheiro de dados para o programa principal e ainda a verificar algumas hipóteses de erro nomeadamente a possibilidade de ter sido usada uma vírgula (,) em lugar do ponto decimal (.) para a representação de um número real. Se tiver sido detectada alguma ocorrência deste género será emitida uma mensagem de aviso que não interrompe o programa. Para o caso do aparelho 33, é também emitida uma mensagem indicadora da formulação utilizada no cálculo das tensões.

Finda esta primeira parte, e feitas as emendas que tenham sido eventualmente necessárias, passar-se-á ao processamento dos dados. O comando a utilizar para desencadear este procedimento é : ARQUIVAR .

Se for emitida uma mensagem indicando que se verificou o arquivo, então a campanha terá sido correctamente processada e arquivada. No caso contrário, aparecerá escrito no terminal a mensagem ' Ocorrências de erro=1' que indicará a ocorrência de um ou mais erros. Nesta hipótese deverá o utilizador consultar o ficheiro de nome nbarr.err, onde estarão indicados os erros detectados. Uma vez corrigidos esses erros, o programa deverá, em princípio, correr sem mais problemas.

Se assim acontecer terá sido criado um ficheiro nbarr.dat onde estarão escritos, em formato de tabela, os dados introduzidos para cada campanha. Essas tabelas deverão ser impressas na line-printer e/ou guardadas em banda, devendo ainda, na primeira hipótese serem anexadas ao manuscrito original (boletim de registo) proveniente da obra.

3.2.3 - Exploração do arquivo

Finalmente, pode passar-se à exploração do arquivo. Esta exploração poderá ser, como já foi dito, do tipo numérico ou gráfico. A exploração numérica resume-se na listagem, em forma de tabela, para as datas pretendidas dos resultados previamente arquivados. A palavra-chave neste caso é LISTAR.

No que se refere à exploração gráfica, duas hipóteses se colocam : a exploração gráfica cronológica; e a exploração gráfica específica. As palavras-chave serão nestes casos respectivamente, CRONOGRAF e ESPGRAF . Relativamente ao segundo tipo estão implementados desenhos para os aparelhos 31, 32, 34 e 35 sendo no caso do aparelho 31 criado um ficheiro com informação numérica relativa à trajectória de tensões de cada grupo de células. A escolha entre os vários diagramas é feita através de um 'menu' invocado ao escrever a palavra-chave correspondente à opção. Em apêndice serão apresentadas de forma sucinta as possibilidades gráficas do sistema.

Existe ainda a possibilidade de desenhar em formato A3, os perfis da barragem com os instrumentos implementados. Estes desenhos podem ser colocados nas banquetas de leitura dos aparelhos, servindo assim de documentação auxiliar.

4 - Exemplos de aplicação.

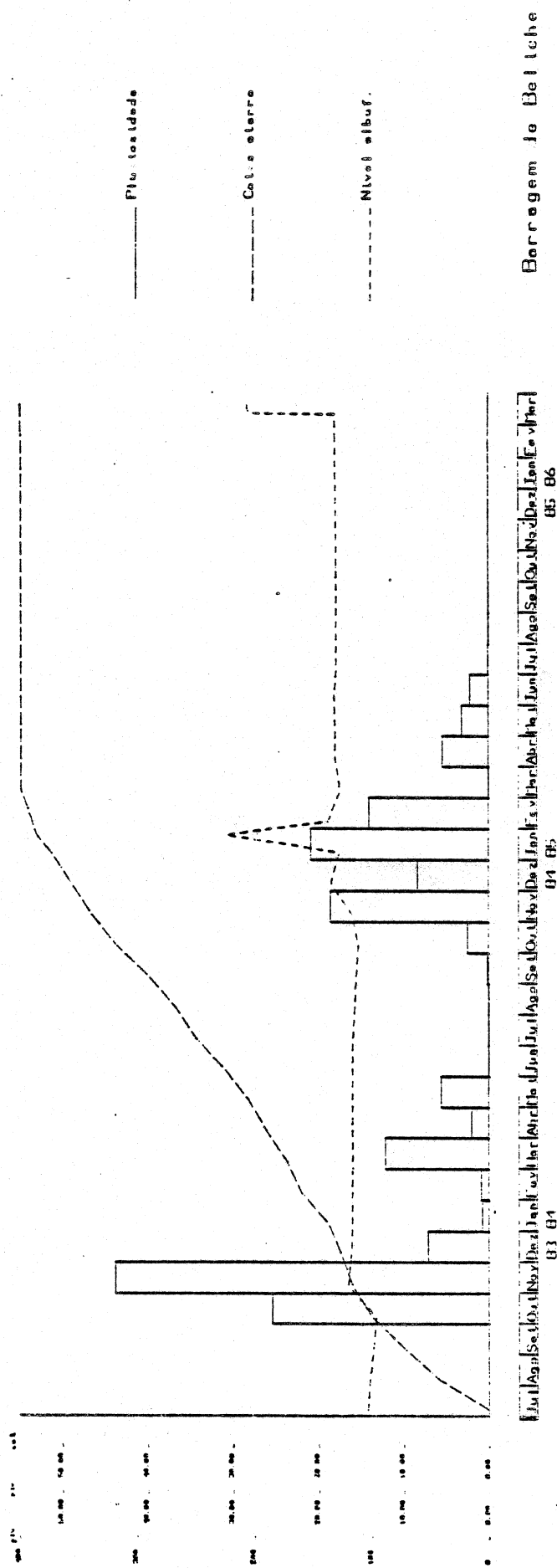
Apresentam-se seguidamente alguns exemplos de aplicação do presente Sistema de Observação a três barragens portuguesas.

Exemplo I - Barragem de Beliche;

Exemplo II - Barragem de Crestuma;

Exemplo III - Barragem do Mira.

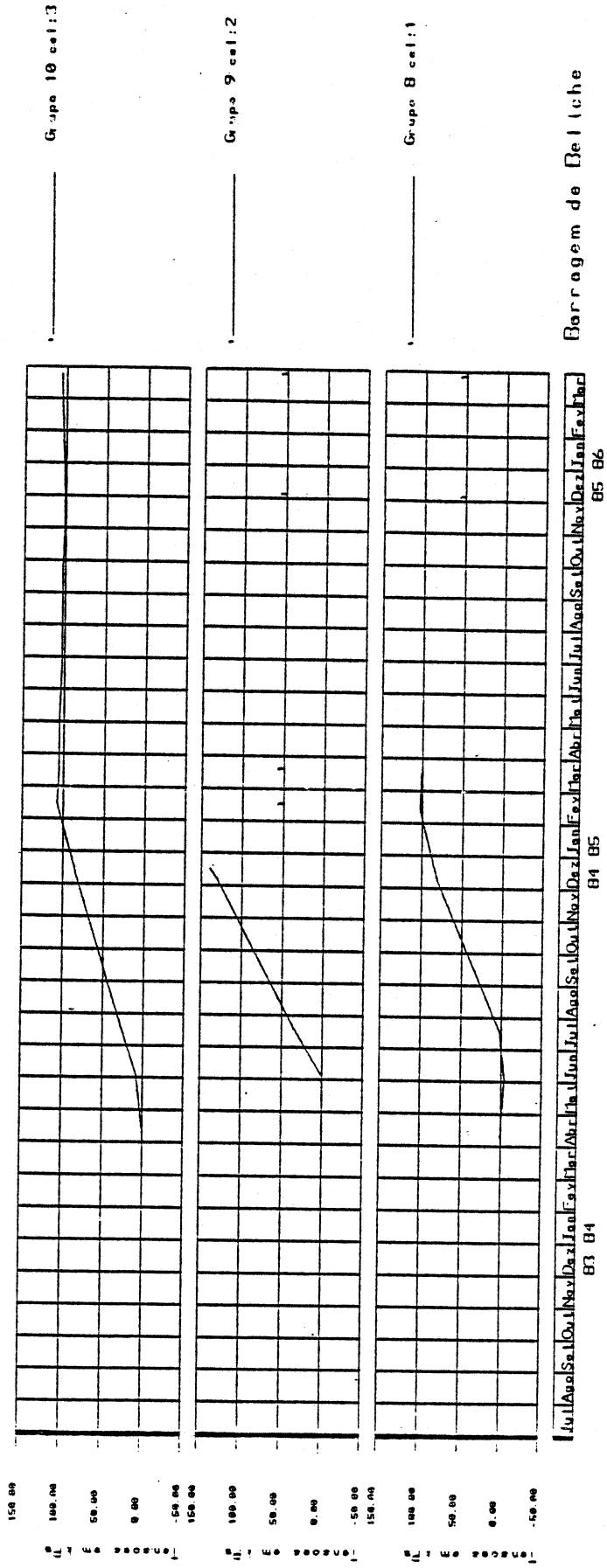
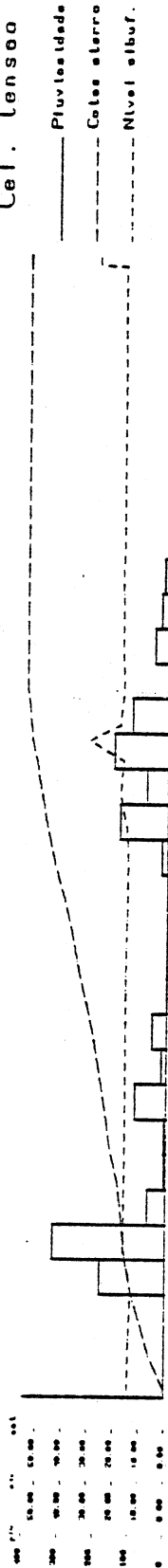
Níveis/C. aterro/Pluviosidades



Barragem de Beliche

Fig. 1 - Barragem de Beliche. Registo da evolução das cotas de aterro, níveis de albufeira e pluviométricas desde o início da construção

Cell. lensão intersticial



Barragem de Delche

Fig. 2 - Evolução das tensões intersticiais nas células instaladas junto dos grupos 8, 9 e 10 de células de tensão total

```

8254-Celulas de tensao intersticial
*****
*APAR.*COD* DATA *TENS.(kPA)*
*****
* 8 1* 1*10* 4*84* 0.000*
* 9 2* 2*10* 4*84* 0.000*
* 10 3* 3*10* 4*84* 0.000*
*****

```

```

8254-Celulas de tensao intersticial
*****
*APAR.*COD* DATA *TENS.(kPA)*
*****
* 8 1* 1* 4* 6*84* -4.842*
* 9 2* 2* 4* 6*84* 0.000*
* 10 3* 3* 4* 6*84* 2.428*
*****

```

```

8254-Celulas de tensao intersticial
*****
*APAR.*COD* DATA *TENS.(kPA)*
*****
* 8 1* 1*19* 7*84* 2.684*
* 9 2* 2*19* 7*84* 35.366*
* 10 3* 3*19* 7*84* 27.771*
*****

```

```

8254-Celulas de tensao intersticial
*****
*APAR.*COD* DATA *TENS.(kPA)*
*****
* 8 1* 1* 7*12*84* 90.411*
* 9 2* 2* 7*12*84* 130.840*
* 10 3* 3* 7*12*84* 83.074*
*****

```

Quadro I - Registos numéricos correspondentes à figura anterior

```

8254-Celulas de tensao intersticial
*****
*APAR.*COD* DATA *TENS.(kPA)*
*****
* 8 1* 1*17*12*84* 84.006*
* 9 2* 2*17*12*84* 139.975*
* 10 3* 3*17*12*84* 96.097*
*****

```

```

8254-Celulas de tensao intersticial
*****
*APAR.*COD* DATA *TENS.(kPA)*
*****
* 8 1* 1*15* 2*85* 103.394*
* 9 2* 2*15* 2*85* 9999.110*
* 10 3* 3*15* 2*85* 107.611*
*****

```

```

8254-Celulas de tensao intersticial
*****
*APAR.*COD* DATA *TENS.(kPA)*
*****
* 8 1* 1*18* 3*85* 100.855*
* 9 2* 2*18* 3*85* 9999.110*
* 10 3* 3*18* 3*85* 105.123*
*****

```

```

8254-Celulas de tensao intersticial
*****
*APAR.*COD* DATA *TENS.(kPA)*
*****
* 8 1* 1* 3*12*85* 9999.110*
* 9 2* 2* 3*12*85* 9999.110*
* 10 3* 3* 3*12*85* 100.634*
*****

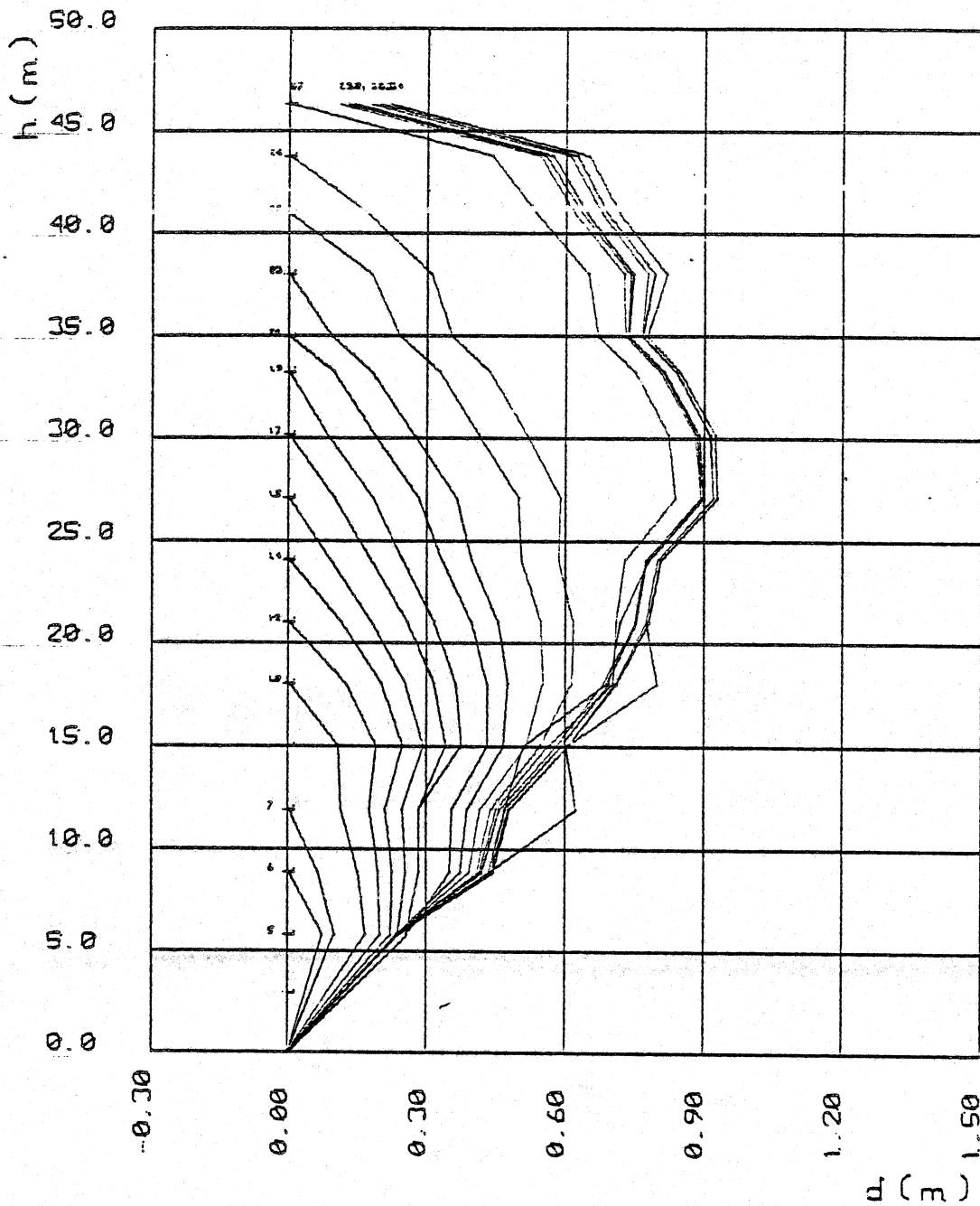
```

```

8254-Celulas de tensao intersticial
*****
*APAR.*COD* DATA *TENS.(kPA)*
*****
* 8 1* 1*25* 3*86* 9999.110*
* 9 2* 2*25* 3*86* 9999.110*
* 10 3* 3*25* 3*86* 106.113*
*****

```

Quadro I - (cont.)



- | | |
|---------------|---------------|
| 1 - 83/ 7/26 | 18 - 84/ 8/ 3 |
| 2 - 83/ 8/ 6 | 19 - 84/ 8/21 |
| 3 - 83/ 8/17 | 20 - 84/ 9/11 |
| 5 - 83/ 9/20 | 22 - 84/ 9/25 |
| 6 - 83/10/11 | 23 - 84/10/ 2 |
| 7 - 83/11/30 | 24 - 84/10/31 |
| 8 - 83/12/29 | 25 - 84/11/22 |
| 9 - 84/ 2/20 | 26 - 84/12/15 |
| 10 - 84/ 3/ 1 | 27 - 85/ 1/31 |
| 11 - 84/ 3/16 | 28 - 85/ 2/ 7 |
| 12 - 84/ 4/19 | 29 - 85/ 3/ 6 |
| 14 - 84/ 5/29 | 31 - 85/ 5/30 |
| 15 - 84/ 6/20 | 32 - 85/ 7/31 |
| 16 - 84/ 7/ 5 | 33 - 85/12/ 3 |
| 17 - 84/ 7/26 | 34 - 86/ 3/25 |

Barragem do Beliche

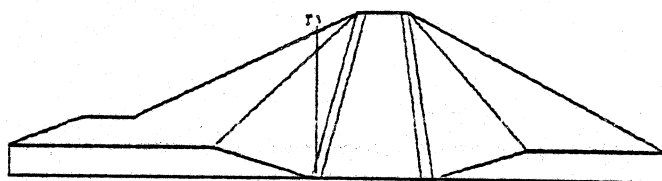
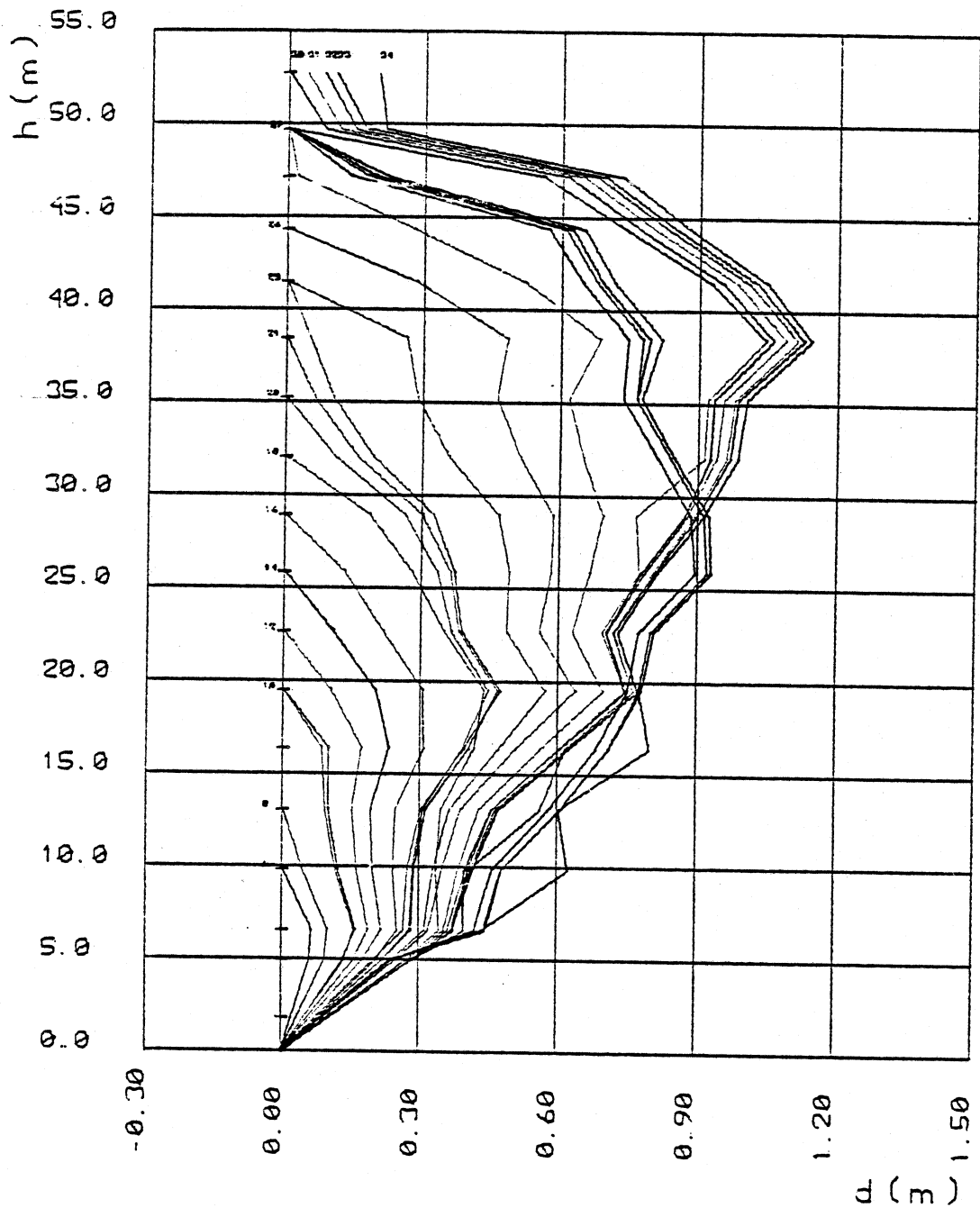


Fig.3 - Assentamentos internos registados na bateria 1 desde o início da fase construtiva



- | | |
|---------------|---------------|
| 1 - 83/ 7/26 | 18 - 84/ 8/ 3 |
| 2 - 83/ 8/ 4 | 19 - 84/ 8/21 |
| 3 - 83/ 8/17 | 20 - 84/ 9/11 |
| 5 - 83/ 9/20 | 22 - 84/ 9/25 |
| 6 - 83/10/11 | 23 - 84/10/ 2 |
| 7 - 83/11/30 | 24 - 84/10/31 |
| 8 - 83/12/29 | 25 - 84/11/22 |
| 9 - 84/ 2/20 | 26 - 84/12/15 |
| 10 - 84/ 3/ 1 | 27 - 85/ 1/31 |
| 11 - 84/ 3/16 | 28 - 85/ 2/ 7 |
| 12 - 84/ 4/19 | 29 - 85/ 3/ 6 |
| 14 - 84/ 5/29 | 31 - 85/ 5/30 |
| 15 - 84/ 6/20 | 32 - 85/ 7/31 |
| 16 - 84/ 7/ 5 | 33 - 85/12/ 3 |
| 17 - 84/ 7/26 | 34 - 86/ 3/25 |

Barragem do Saltoche

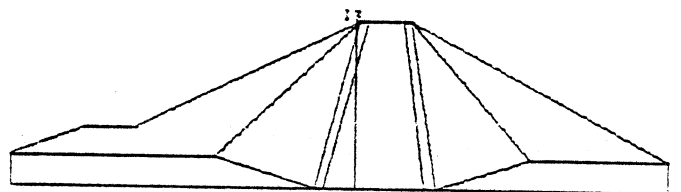
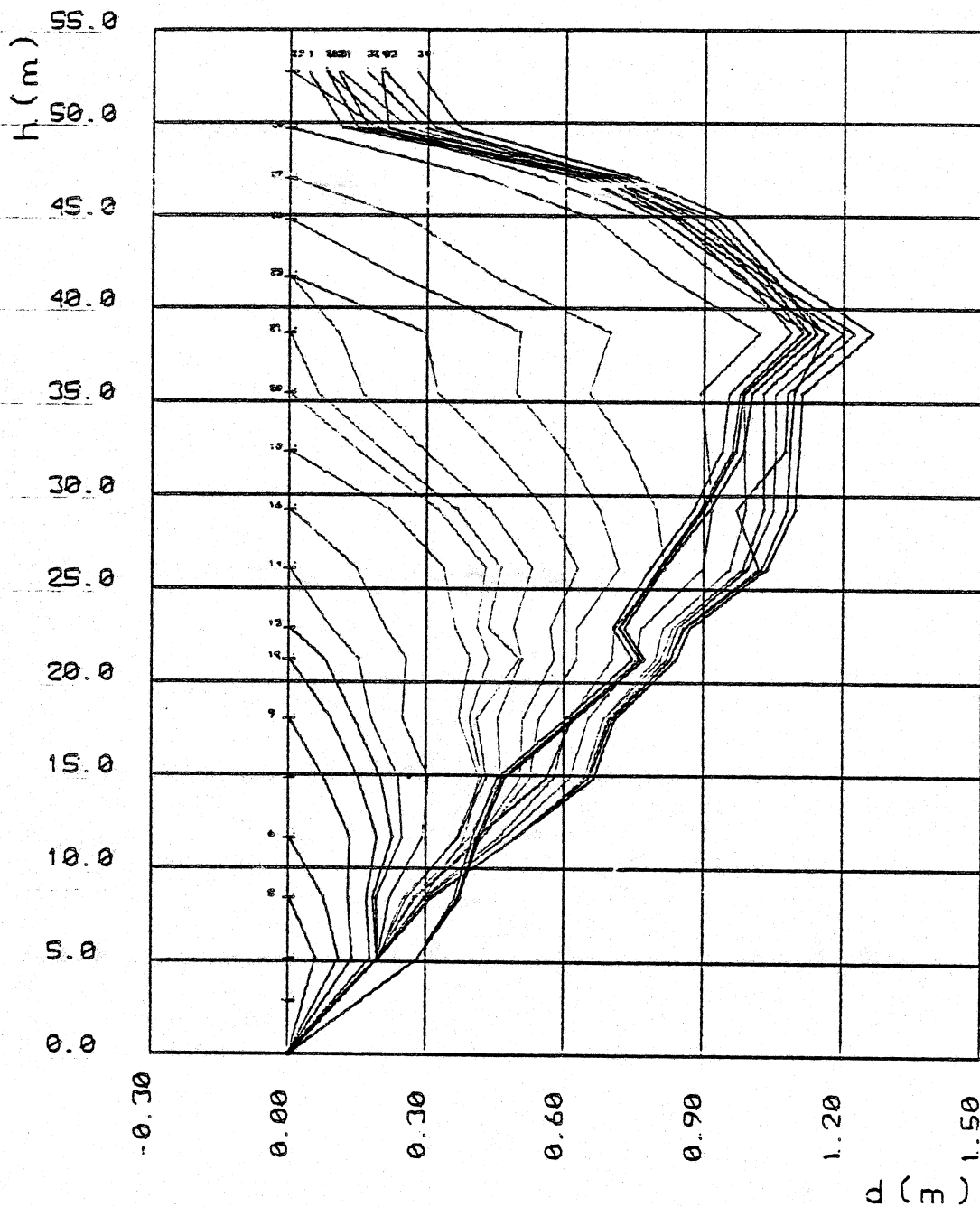


Fig. 4 - Assentamentos internos registados na bateria 2 desde o início da fase construtiva



- | | |
|---------------|---------------|
| 1 - 83/ 7/26 | 18 - 84/ 8/ 3 |
| 2 - 83/ 8/ 6 | 19 - 84/ 8/21 |
| 3 - 83/ 8/17 | 20 - 84/ 9/11 |
| 5 - 83/ 9/20 | 22 - 84/ 9/25 |
| 6 - 83/10/11 | 23 - 84/10/ 2 |
| 7 - 83/11/30 | 24 - 84/10/31 |
| 8 - 83/12/29 | 25 - 84/11/22 |
| 9 - 84/ 2/20 | 26 - 84/12/15 |
| 10 - 84/ 3/ 1 | 27 - 85/ 1/31 |
| 11 - 84/ 3/16 | 28 - 85/ 2/ 7 |
| 12 - 84/ 4/19 | 29 - 85/ 3/ 6 |
| 14 - 84/ 5/29 | 31 - 85/ 5/30 |
| 15 - 84/ 6/20 | 32 - 85/ 7/31 |
| 16 - 84/ 7/ 5 | 33 - 85/12/ 3 |
| 17 - 84/ 7/26 | 34 - 86/ 3/25 |

Barragem do Beliche

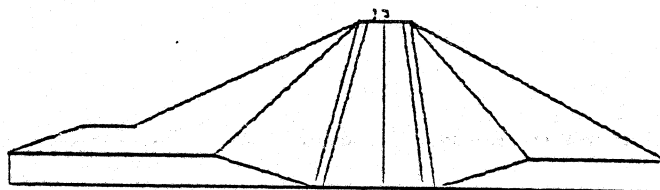


Fig. 5 - Assentamentos internos registados na bateria 3 desde o início da fase construtiva

8254-Baterias de assentamentos

```

*****
*APAR.*COD* DATA *ASSENT (m)*ASS.JNIT %*ASS.MED % *
*****
* 1 1* 1*31* 1*85* 0.184* 6.103* 6.035*
* 1 2* 2*31* 1*85* 0.236* 7.756* 3.860*
* 1 3* 3*31* 1*85* 0.416* 2.957* 4.466*
* 1 4* 4*31* 1*85* 0.450* 4.655* 3.600*
* 1 5* 5*31* 1*85* 0.563* 7.477* 3.576*
* 1 6* 6*31* 1*85* 0.703* 3.913* 3.714*
* 1 7* 7*31* 1*85* 0.709* 4.060* 3.211*
* 1 8* 8*31* 1*85* 0.729* 5.956* 2.883*
* 1 9* 9*31* 1*85* 0.837* 2.491* 2.943*
* 110* 10*31* 1*85* 0.821* 0.305* 2.595*
* 111* 11*31* 1*85* 0.748* 0.879* 2.147*
* 112* 12*31* 1*85* 0.669* 2.120* 1.824*
* 113* 13*31* 1*85* 0.647* 2.008* 1.622*
* 114* 14*31* 1*85* 0.534* 2.320* 1.242*
* 115* 15*31* 1*85* 0.433* -0.032* 0.954*
* 116* 16*31* 1*85* 0.000* 99.999* 0.000*
*****

```

8254-Baterias de assentamentos

```

*****
*APAR.*COD* DATA *ASSENT (m)*ASS.JNIT %*ASS.MED % *
*****
* 1 1* 1* 6* 3*85* 0.184* 6.103* 6.035*
* 1 2* 2* 6* 3*85* 0.236* 8.336* 3.860*
* 1 3* 3* 6* 3*85* 0.433* 3.019* 4.670*
* 1 4* 4* 6* 3*85* 0.471* 2.343* 3.763*
* 1 5* 5* 6* 3*85* 0.509* 8.754* 3.226*
* 1 6* 6* 6* 3*85* 0.690* 5.626* 3.645*
* 1 7* 7* 6* 3*85* 0.754* 4.090* 3.415*
* 1 8* 8* 6* 3*85* 0.775* 6.229* 3.070*
* 1 9* 9* 6* 3*85* 0.892* 2.582* 3.136*
* 110* 10* 6* 3*85* 0.879* 0.244* 2.778*
* 111* 11* 6* 3*85* 0.804* 0.982* 2.303*
* 112* 12* 6* 3*85* 0.727* 2.695* 1.982*
* 113* 13* 6* 3*85* 0.724* 2.190* 1.815*
* 114* 14* 6* 3*85* 0.617* 2.997* 1.435*
* 115* 15* 6* 3*85* 0.542* 0.000* 1.180*
* 116* 16* 6* 3*85* 0.105* 99.999* 0.000*
*****

```

Quadro II - Registo numérico das campanhas de observação de assentamentos no período de 85/01/01 a 85/12/31

8254-Baterias de assentamentos

```

*****
*APAR.*COD* DATA *ASSENT (m)*ASS.UNIT %*ASS.MED % *
*****
* 1 1* 1*11* 4*85* 0.184* 6.108* 6.035*
* 1 2* 2*11* 4*85* 0.236* 8.305* 3.860*
* 1 3* 3*11* 4*85* 0.434* 3.019* 4.659*
* 1 4* 4*11* 4*85* 0.470* 4.898* 3.760*
* 1 5* 5*11* 4*85* 0.591* 6.353* 3.753*
* 1 6* 6*11* 4*85* 0.694* 4.494* 3.666*
* 1 7* 7*11* 4*85* 0.719* 5.342* 3.256*
* 1 8* 8*11* 4*85* 0.781* 6.229* 3.094*
* 1 9* 9*11* 4*85* 0.898* 2.673* 3.157*
* 110* 10*11* 4*85* 0.888* 0.183* 2.807*
* 111* 11*11* 4*85* 0.811* 0.982* 2.328*
* 112* 12*11* 4*85* 0.734* 2.938* 2.001*
* 113* 13*11* 4*85* 0.739* 2.221* 1.853*
* 114* 14*11* 4*85* 0.633* 2.368* 1.472*
* 115* 15*11* 4*85* 0.554* 0.223* 1.206*
* 116* 16*11* 4*85* 0.124* 99.999* 0.000*
*****

```

8254-Baterias de assentamentos

```

*****
*APAR.*COD* DATA *ASSENT (m)*ASS.UNIT %*ASS.MED % *
*****
* 1 1* 1*30* 5*85* 0.184* 6.108* 6.035*
* 1 2* 2*30* 5*85* 0.236* 7.378* 3.860*
* 1 3* 3*30* 5*85* 0.420* 3.081* 4.509*
* 1 4* 4*30* 5*85* 0.458* 4.929* 3.664*
* 1 5* 5*30* 5*85* 0.580* 6.322* 3.683*
* 1 6* 6*30* 5*85* 0.682* 5.339* 3.603*
* 1 7* 7*30* 5*85* 0.751* 4.151* 3.401*
* 1 8* 8*30* 5*85* 0.774* 6.320* 3.066*
* 1 9* 9*30* 5*85* 0.894* 2.673* 3.143*
* 110* 10*30* 5*85* 0.884* 0.274* 2.794*
* 111* 11*30* 5*85* 0.810* 1.034* 2.325*
* 112* 12*30* 5*85* 0.734* 3.150* 2.001*
* 113* 13*30* 5*85* 0.746* 2.343* 1.870*
* 114* 14*30* 5*85* 0.644* 3.094* 1.498*
* 115* 15*30* 5*85* 0.572* 0.064* 1.245*
* 116* 16*30* 5*85* 0.137* 99.999* 0.000*
*****

```

Quadro II - (cont.)

8254-Baterias de assentamentos

```

*****
*APAR.*COD* DATA *ASSENT (m)*ASS.JUNIT %*ASS.MED % *
*****
* 1 1* 1*31* 7*85* 0.194* 6.108* 6.035*
* 1 2* 2*31* 7*85* 0.236* 3.611* 3.360*
* 1 3* 3*31* 7*85* 0.444* 3.019* 4.766*
* 1 4* 4*31* 7*85* 0.480* 5.020* 3.840*
* 1 5* 5*31* 7*85* 0.605* 6.383* 3.842*
* 1 6* 6*31* 7*85* 0.709* 5.778* 3.745*
* 1 7* 7*31* 7*85* 0.776* 4.192* 3.515*
* 1 8* 8*31* 7*85* 0.800* 6.320* 3.169*
* 1 9* 9*31* 7*85* 0.920* 2.673* 3.234*
* 110* 10*31* 7*85* 0.910* 0.305* 2.876*
* 111* 11*31* 7*85* 0.837* 1.189* 2.403*
* 112* 12*31* 7*85* 0.764* 3.240* 2.083*
* 113* 13*31* 7*85* 0.779* 2.343* 1.953*
* 114* 14*31* 7*85* 0.677* 3.190* 1.575*
* 115* 15*31* 7*85* 0.603* 0.096* 1.324*
* 116* 16*31* 7*85* 0.174* 99.999* 0.000*
*****

```

8254-Baterias de assentamentos

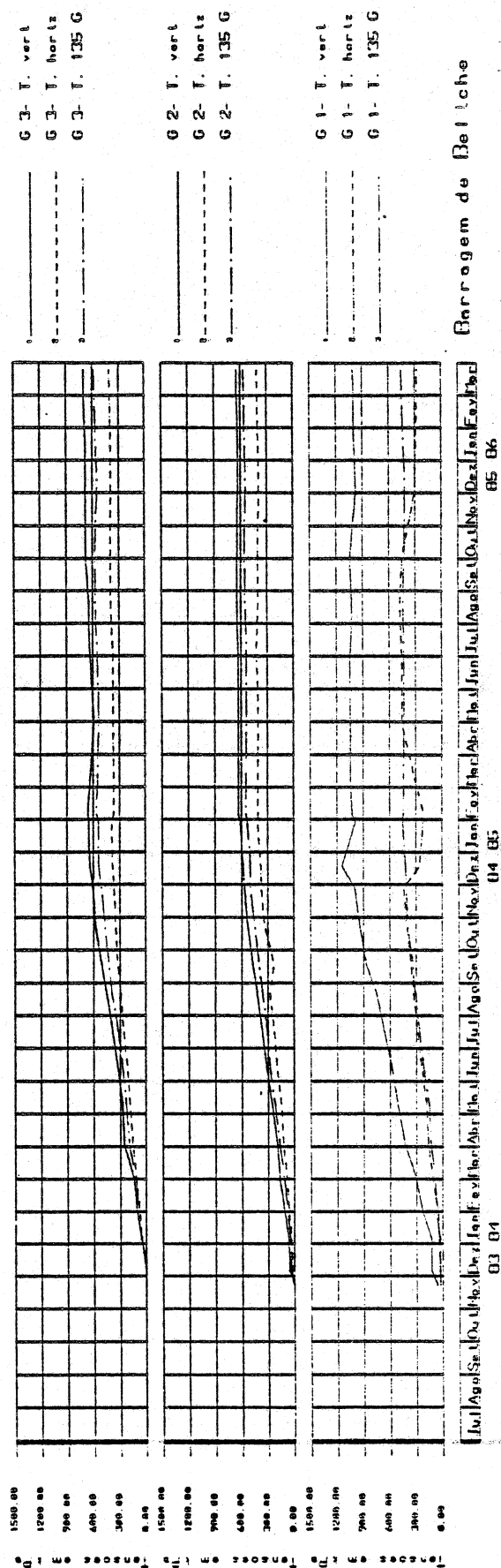
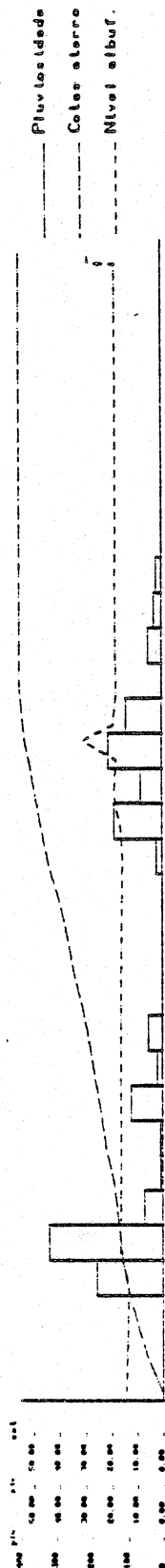
```

*****
*APAR.*COD* DATA *ASSENT (m)*ASS.JUNIT %*ASS.MED % *
*****
* 1 1* 1* 3*12*85* 0.184* 6.108* 6.035*
* 1 2* 2* 3*12*85* 0.236* 8.336* 3.360*
* 1 3* 3* 3*12*85* 0.435* 7.671* 4.670*
* 1 4* 4* 3*12*85* 0.622* 0.548* 4.976*
* 1 5* 5* 3*12*85* 0.600* 9.240* 3.310*
* 1 6* 6* 3*12*85* 0.793* 2.996* 4.216*
* 1 7* 7* 3*12*85* 0.774* 4.212* 3.506*
* 1 8* 8* 3*12*85* 0.799* 6.351* 3.165*
* 1 9* 9* 3*12*85* 0.920* 2.734* 3.234*
* 110* 10* 3*12*85* 0.912* 0.305* 2.883*
* 111* 11* 3*12*85* 0.839* 1.137* 2.403*
* 112* 12* 3*12*85* 0.765* 3.664* 2.086*
* 113* 13* 3*12*85* 0.794* 2.251* 1.991*
* 114* 14* 3*12*85* 0.689* 3.237* 1.603*
* 115* 15* 3*12*85* 0.623* 0.191* 1.357*
* 116* 16* 3*12*85* 0.192* 99.999* 0.000*
*****

```

Quadro II - (cont.)

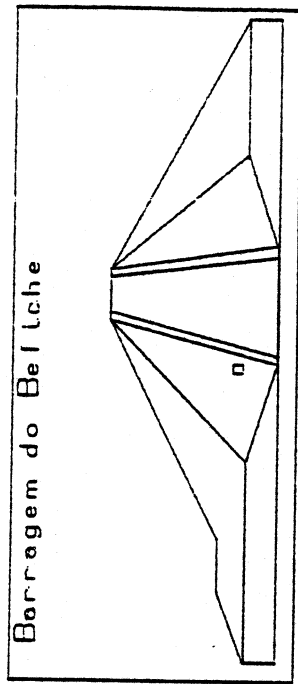
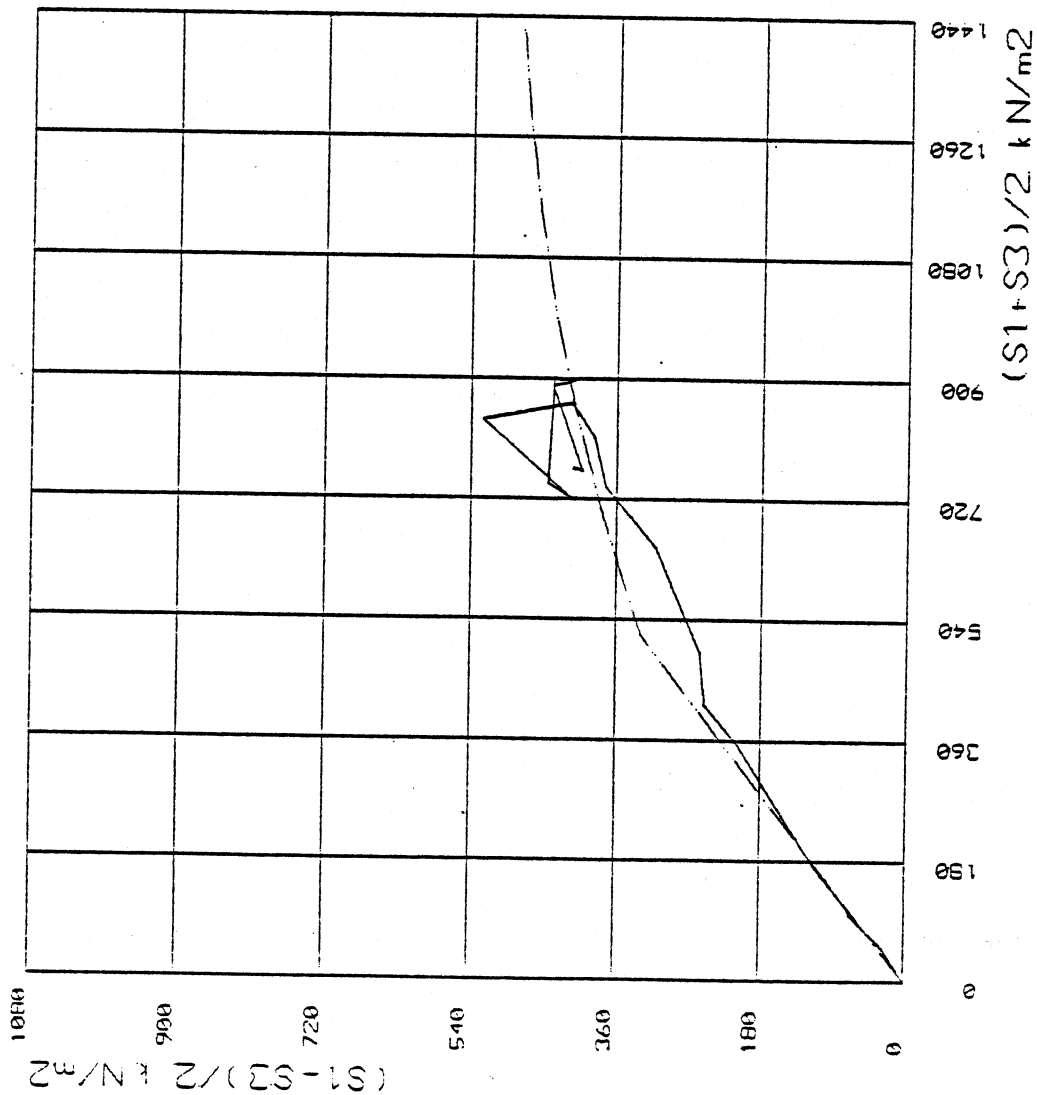
Cel. tensão total G1-G3



Barragem de Beliche

Fig. 6 - Evolução da tensão total no grupo de células 1 a 3 desde o início da construção. Comparação com o crescimento do atorro

Trajectórias de tensão



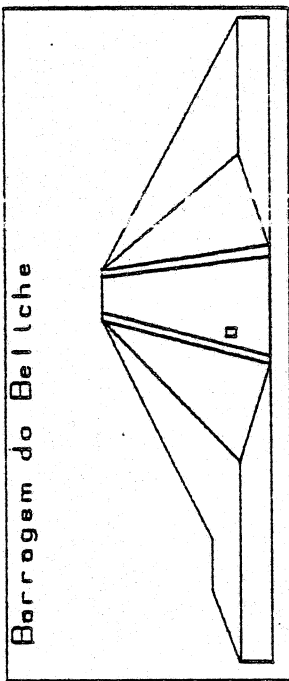
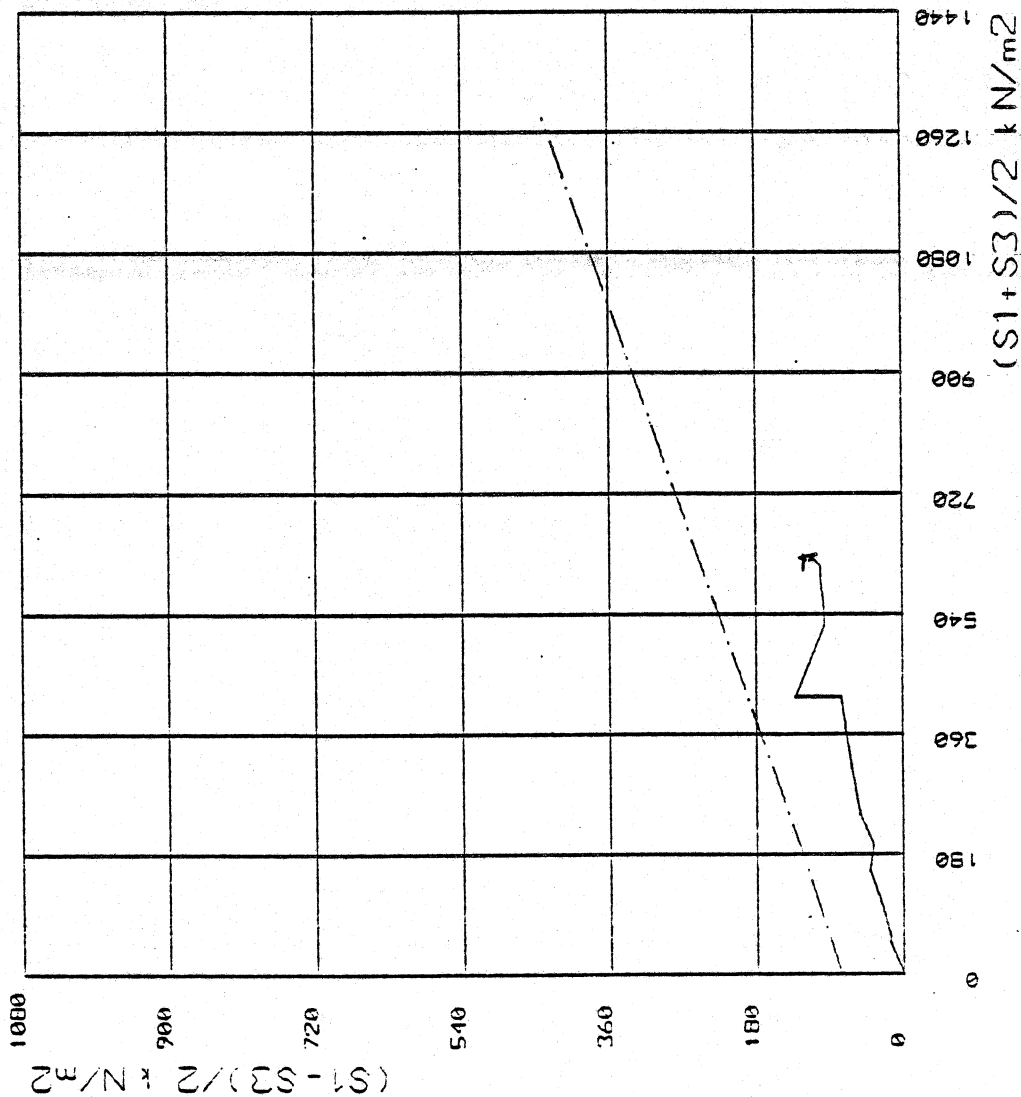
Características do material

C. e. e. P1-09.9. D71-13.4

grupo : 1

Fig. 7 - Trajectória de tensões para o grupo 1 de células de tensão total desde o início da obra

Trajectórias de tensão



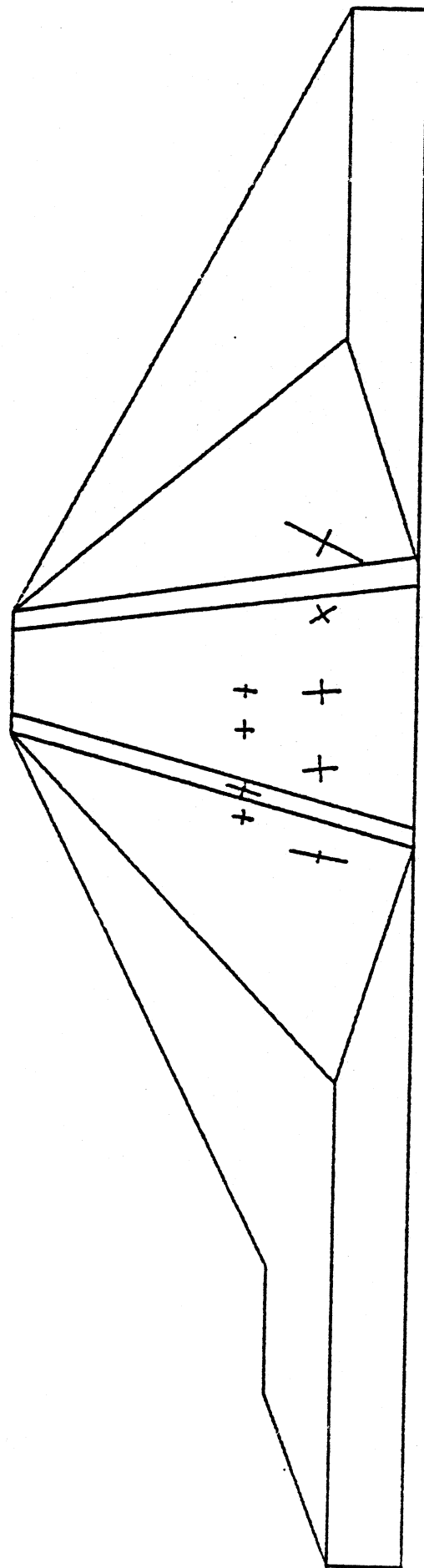
Características de molinete

C-77.8. FI-28.1. DFJ-0.0

grupo : 2

Fig. 8 - Trajectória de tensões para o grupo 2 de células de tensão total desde o início da obra

Barragem do Beliche



Tensões principais em 85/01/29

+ 1.00 MPa

Fig. 9 - Valor e orientação das tensões principais na fase final da construção

celulas de tensao total

processo: 8254

grupo: 1	unidades: tensoes: kPa			angulo: graus							
* data *	* sx *	* sy *	* s45 *	* s1 *	* s3 *	* (s1+s3)/2 *	* (s1-s3)/2 *	* tau *	* alfa *		
23/11/83	22.8	51.1	22.8	63.0	14.9	41.96	27.04	-19.12	-22.50		
* 6/12/83*	35.3	132.4	35.3	152.5	15.2	83.85	68.63	-48.53	-22.50		
* 5/ 1/84*	45.1	132.4	35.3	157.7	19.3	88.75	68.98	-53.43	-25.38		
31/ 1/84	53.0	228.5	72.6	251.9	29.7	140.76	111.09	-68.16	-18.92		
* 1/ 3/84*	114.5	299.3	85.1	360.4	53.9	207.18	153.24	-122.06	-26.40		
* 2/ 4/84*	164.1	427.9	134.7	504.3	87.7	296.00	208.32	-161.27	-25.36		
* 9/ 5/84*	183.1	595.7	152.7	594.1	94.6	344.39	249.74	-190.69	-24.89		
14/ 6/84	238.8	590.9	219.2	666.0	153.7	409.85	256.18	-190.69	-26.05		
25/ 7/84	294.6	685.8	275.0	781.0	199.4	490.22	290.80	-215.20	-23.87		
21/ 8/84	329.4	750.0	309.8	851.3	229.2	539.73	311.57	-229.90	-23.78		
18/ 9/84	360.6	769.4	341.0	989.9	241.1	614.98	373.91	-274.02	-23.56		
25/10/84	407.4	945.5	397.6	1064.1	289.9	676.49	387.58	-278.92	-23.01		
28/11/84	440.3	798.2	410.9	1135.0	303.5	719.24	415.77	-308.33	-23.93		
18/12/84	252.2	1143.4	418.9	1223.5	172.1	697.82	525.68	-278.92	-16.02		
29/ 1/85	213.0	986.5	448.3	1015.1	184.4	599.78	415.37	-151.47	-10.69		
* 6/ 2/85*	213.0	1025.9	428.5	1064.2	174.6	619.39	444.81	-180.88	-12.00		
30/ 4/85	458.1	1045.4	428.7	1188.3	315.2	751.74	436.54	-323.04	-23.87		
* 2/ 7/85*	458.1	1035.6	428.7	1176.5	317.2	746.84	429.62	-318.14	-23.39		
21/ 8/85	473.6	1019.7	429.3	1157.8	335.5	746.67	411.15	-307.37	-24.19		
* 3/10/85*	441.7	1039.3	419.7	1179.0	302.1	740.55	438.44	-320.85	-23.52		
* 3/12/85*	297.1	970.7	414.8	1035.7	232.1	633.93	401.80	-219.14	-16.53		
25/ 3/86	267.7	1009.9	454.0	1053.4	224.3	638.83	414.58	-184.83	-13.24		

celulas de tensao total

processo: 8254

grupo: 2	unidades: tensoes: kPa			angulo: graus							
* data *	* sx *	* sy *	* s45 *	* s1 *	* s3 *	* (s1+s3)/2 *	* (s1-s3)/2 *	* tau *	* alfa *		
23/11/83	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00		
* 6/12/83*	23.3	56.6	34.5	57.5	22.8	40.18	17.36	-5.64	-9.47		
* 5/ 1/84*	32.9	65.3	43.7	66.7	32.0	49.34	17.36	-5.64	-9.47		
31/ 1/84	64.4	116.8	75.6	119.1	62.2	90.62	28.45	-11.03	-11.40		
* 1/ 3/84*	87.7	169.6	118.1	170.9	86.4	128.66	42.27	-10.54	-7.22		
* 2/ 4/84*	124.0	176.1	164.2	196.3	123.8	160.03	36.27	4.17	3.30		
* 9/ 5/84*	149.0	250.5	218.6	253.9	145.6	199.73	54.13	18.87	10.20		
14/ 6/84	196.1	317.2	275.5	320.1	193.2	256.65	63.41	18.87	8.66		
25/ 7/84	236.7	377.4	316.2	378.0	236.2	307.09	70.93	9.07	3.67		
21/ 8/84	271.5	422.0	360.8	423.3	270.3	346.79	76.53	13.97	5.26		
18/ 9/84	223.9	457.5	396.4	477.6	213.7	345.67	131.96	50.74	11.31		
25/10/84	339.7	529.4	448.5	530.4	333.7	434.54	95.98	13.97	4.19		
28/11/84	376.0	565.7	494.6	568.6	373.0	470.81	97.79	23.77	7.04		
18/12/84	380.6	530.1	489.4	580.5	380.2	480.37	100.17	9.07	2.60		
29/ 1/85	410.0	509.5	528.7	611.3	403.3	509.78	101.52	18.87	5.36		
* 6/ 2/85*	410.0	629.1	528.5	630.8	408.4	519.59	111.17	18.87	4.89		
30/ 4/85	400.2	529.1	528.7	630.0	399.4	514.69	115.31	13.97	3.48		
* 2/ 7/85*	419.8	629.1	528.7	629.2	413.7	524.49	104.74	4.17	1.14		
21/ 8/85	394.2	542.7	542.2	645.0	391.9	518.46	126.52	23.77	5.42		
* 3/10/85*	401.6	632.9	547.1	636.7	397.8	517.24	119.49	29.90	7.25		
* 3/12/85*	384.4	623.1	532.4	626.5	331.0	503.76	122.76	29.68	6.75		
25/ 3/86	408.9	642.7	561.8	648.2	403.5	525.82	122.34	36.03	8.56		

Quadro III - Registo numerico das tensões medidas, tensões principais e trajectória de tensões correspondente

Piezômetros hidráulicos

_____ Pluviosidade
 - - - - - Cotas aterra
 - - - - - Nivel albuf.

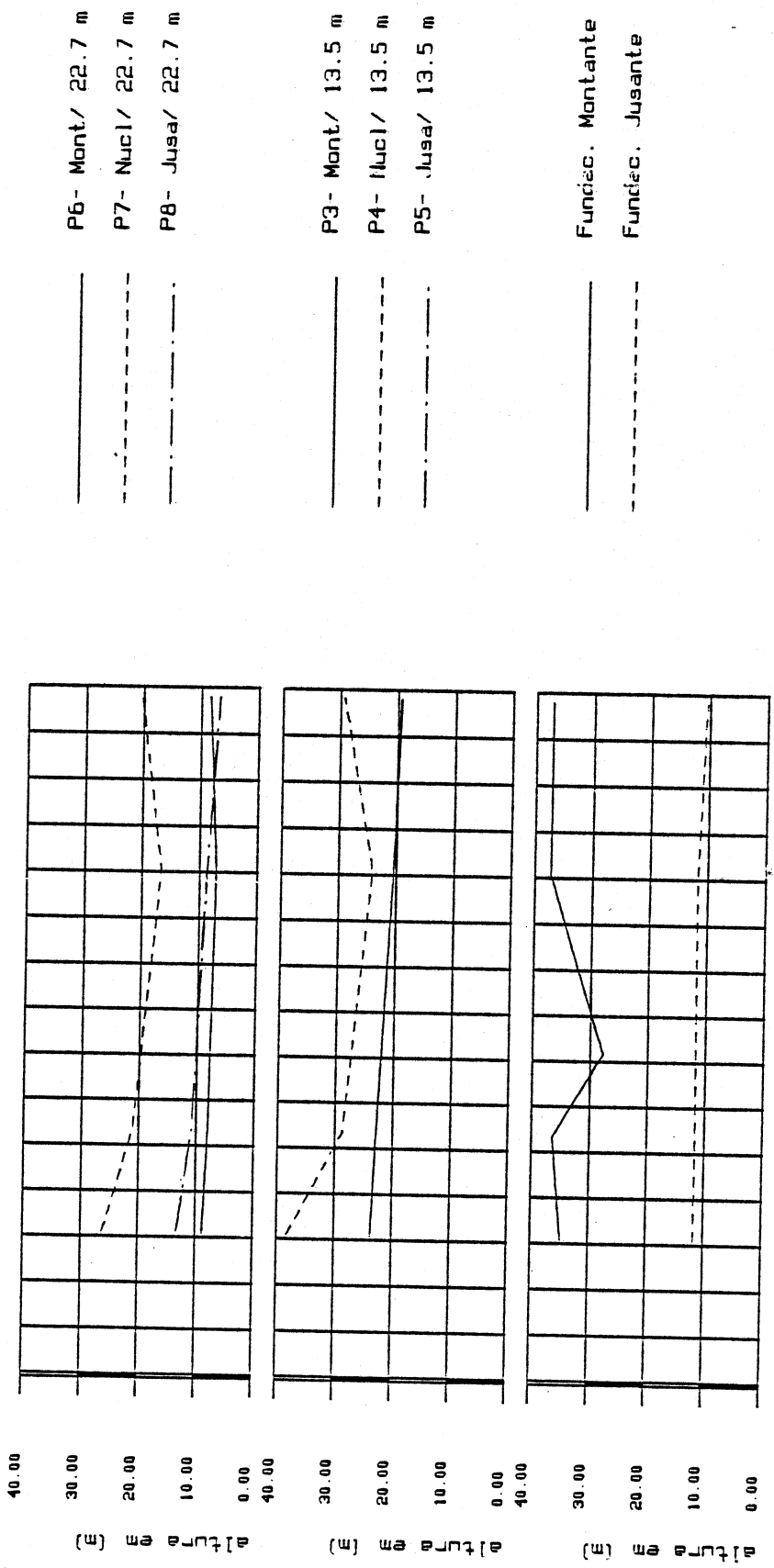
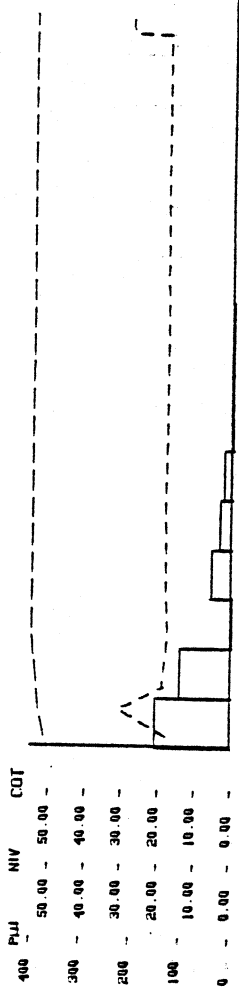
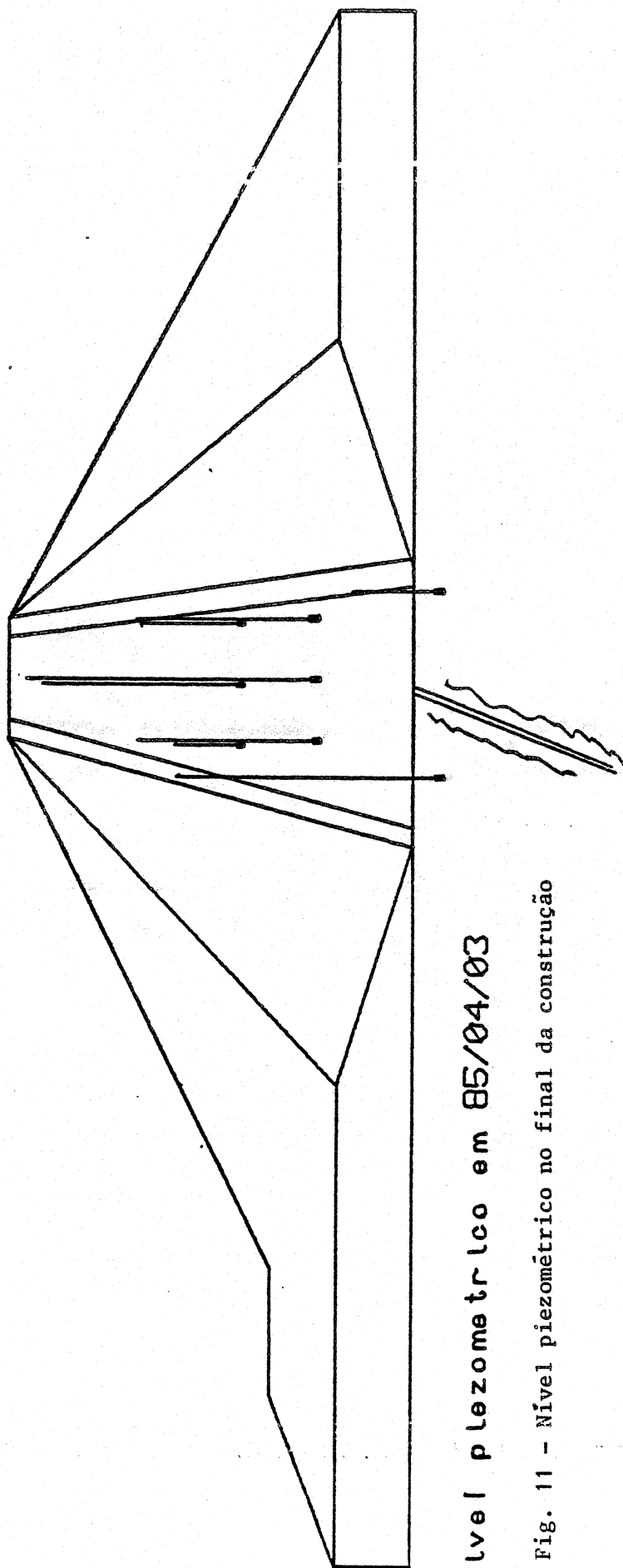


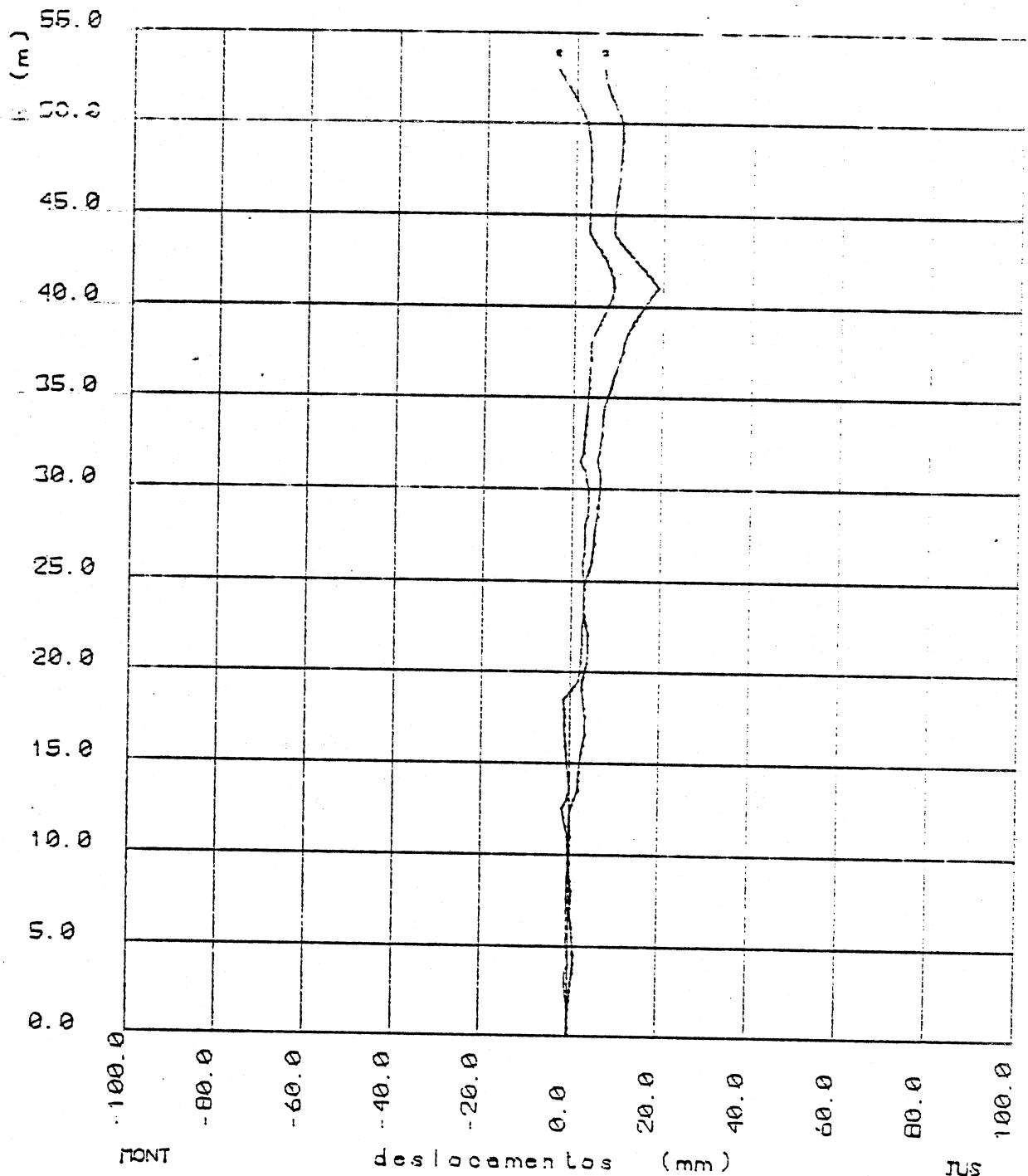
Fig. 10 - Variação do nível piezométrico (piezômetros hidráulicos) após construção

Barragem do Beliche

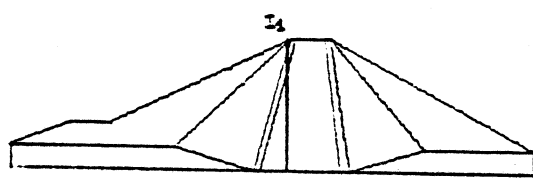


Nível piezométrico em 85/04/03

Fig. 11 - Nível piezométrico no final da construção



Barragem de Balleche



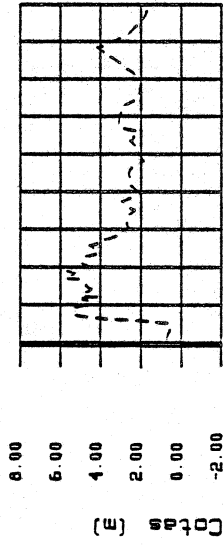
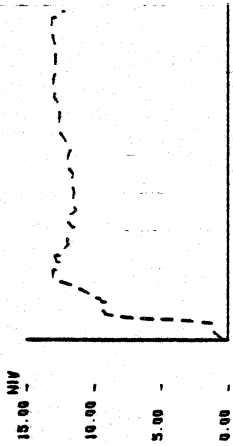
- 1 - 85/ 7/ 2
- 2 - 85/ 9/21
- 3 - 85/12/ 2

Tubo de observacao I'1

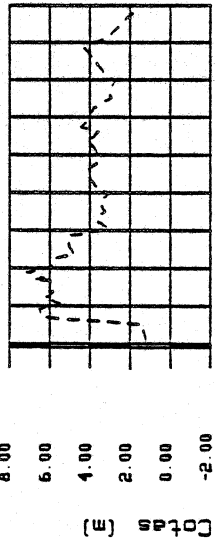
Fig. 12 - Deslocamentos horizontais internos

Piezômetros Bacia 3D/Pilar2D

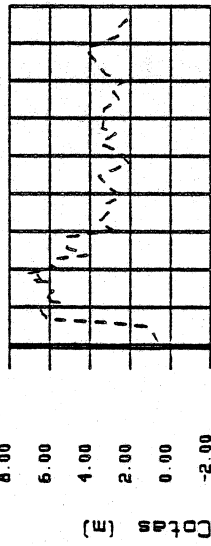
----- Nível albuf.



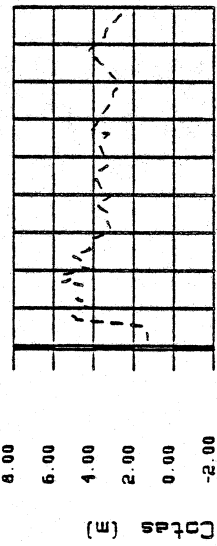
3D-P1



3D-P2



3D-P3



3D-P4

Fig.13 - Barragem de Crestuma. Evolução do nível piezométrico, comparação com a variação do nível da albufeira no mesmo período

Jul|Ago|Set|Out|Nov|Dez|Jan|Fev|Mar

85 86

```

332-Piezometros Hidraulicos
*****
*APAR.*COD* DATA * h (m) *
*****
* 1 1* 1* 3* 7*85* 0.700*
* 1 2* 2* 3* 7*85* 1.200*
* 1 3* 3* 3* 7*85* 0.600*
* 1 4* 4* 3* 7*85* 1.300*
*****

```

```

332-Piezometros Hidraulicos
*****
*APAR.*COD* DATA * h (m) *
*****
* 1 1* 1*20* 7*85* 3.700*
* 1 2* 2*20* 7*85* 4.700*
* 1 3* 3*20* 7*85* 4.400*
* 1 4* 4*20* 7*85* 3.500*
*****

```

```

332-Piezometros Hidraulicos
*****
*APAR.*COD* DATA * h (m) *
*****
* 1 1* 1* 9* 7*85* 0.600*
* 1 2* 2* 9* 7*85* 1.300*
* 1 3* 3* 9* 7*85* 0.800*
* 1 4* 4* 9* 7*85* 1.300*
*****

```

```

332-Piezometros Hidraulicos
*****
*APAR.*COD* DATA * h (m) *
*****
* 1 1* 1*21* 7*85* 4.500*
* 1 2* 2*21* 7*85* 5.700*
* 1 3* 3*21* 7*85* 5.500*
* 1 4* 4*21* 7*85* 4.400*
*****

```

```

332-Piezometros Hidraulicos
*****
*APAR.*COD* DATA * h (m) *
*****
* 1 1* 1*16* 7*85* 0.500*
* 1 2* 2*16* 7*85* 1.400*
* 1 3* 3*16* 7*85* 1.250*
* 1 4* 4*16* 7*85* 1.400*
*****

```

```

332-Piezometros Hidraulicos
*****
*APAR.*COD* DATA * h (m) *
*****
* 1 1* 1*22* 7*85* 4.900*
* 1 2* 2*22* 7*85* 6.200*
* 1 3* 3*22* 7*85* 6.200*
* 1 4* 4*22* 7*85* 4.800*
*****

```

```

332-Piezometros Hidraulicos
*****
*APAR.*COD* DATA * h (m) *
*****
* 1 1* 1*19* 7*85* 2.350*
* 1 2* 2*19* 7*85* 3.350*
* 1 3* 3*19* 7*85* 3.200*
* 1 4* 4*19* 7*85* 2.400*
*****

```

```

332-Piezometros Hidraulicos
*****
*APAR.*COD* DATA * h (m) *
*****
* 1 1* 1*23* 7*85* 5.180*
* 1 2* 2*23* 7*85* 6.410*
* 1 3* 3*23* 7*85* 6.160*
* 1 4* 4*23* 7*85* 4.870*
*****

```

Quadro IV - Registo numérico das cotas piezométricas de 85/08/31

332-Piezometros Hidraulicos

```
*****
#APAR.*COD* DATA * h (m) *
*****
# 1 1* 1*25* 7*85* 5.170*
# 1 2* 2*25* 7*85* 6.460*
# 1 3* 3*25* 7*85* 6.300*
# 1 4* 4*25* 7*85* 5.020*
*****
```

332-Piezometros Hidraulicos

```
*****
#APAR.*COD* DATA * h (m) *
*****
# 1 1* 1*28* 7*85* 5.350*
# 1 2* 2*28* 7*85* 6.500*
# 1 3* 3*28* 7*85* 6.400*
# 1 4* 4*28* 7*85* 5.120*
*****
```

332-Piezometros Hidraulicos

```
*****
#APAR.*COD* DATA * h (m) *
*****
# 1 1* 1*30* 7*85* 5.010*
# 1 2* 2*30* 7*85* 6.290*
# 1 3* 3*30* 7*85* 6.200*
# 1 4* 4*30* 7*85* 4.990*
*****
```

332-Piezometros Hidraulicos

```
*****
#APAR.*COD* DATA * h (m) *
*****
# 1 1* 1* 1* 8*85* 4.600*
# 1 2* 2* 1* 8*85* 5.630*
# 1 3* 3* 1* 8*85* 5.560*
# 1 4* 4* 1* 8*35* 4.540*
*****
```

332-Piezometros Hidraulicos

```
*****
#APAR.*COD* DATA * h (m) *
*****
# 1 1* 1* 3* 8*85* 4.470*
# 1 2* 2* 3* 8*85* 5.570*
# 1 3* 3* 3* 8*85* 5.200*
# 1 4* 4* 3* 8*85* 4.390*
*****
```

332-Piezometros Hidraulicos

```
*****
#APAR.*COD* DATA * h (m) *
*****
# 1 1* 1* 5* 8*85* 4.820*
# 1 2* 2* 5* 8*35* 5.800*
# 1 3* 3* 5* 8*85* 5.760*
# 1 4* 4* 5* 8*35* 4.700*
*****
```

332-Piezometros Hidraulicos

```
*****
#APAR.*COD* DATA * h (m) *
*****
# 1 1* 1* 6* 8*85* 4.870*
# 1 2* 2* 6* 8*85* 6.010*
# 1 3* 3* 6* 8*85* 5.950*
# 1 4* 4* 6* 8*85* 4.770*
*****
```

332-Piezometros Hidraulicos

```
*****
#APAR.*COD* DATA * h (m) *
*****
# 1 1* 1* 7* 8*35* 4.190*
# 1 2* 2* 7* 8*85* 5.830*
# 1 3* 3* 7* 8*35* 5.770*
# 1 4* 4* 7* 8*35* 4.600*
*****
```

Quadro IV - (cont.)

332-Piezometros Hidraulicos

 *APAR.*COD* DATA * h (m) *

 * 1 1* 1* 8* 8*85* 4.910*
 * 1 2* 2* 8* 8*85* 6.100*
 * 1 3* 3* 8* 8*85* 6.130*
 * 1 4* 4* 8* 8*85* 4.820*

332-Piezometros Hidraulicos

 *APAR.*COD* DATA * h (m) *

 * 1 1* 1*22* 8*85* 5.750*
 * 1 2* 2*22* 8*85* 6.790*
 * 1 3* 3*22* 8*85* 6.930*
 * 1 4* 4*22* 8*85* 5.530*

332-Piezometros Hidraulicos

 *APAR.*COD* DATA * h (m) *

 * 1 1* 1*13* 8*85* 4.510*
 * 1 2* 2*13* 8*85* 5.820*
 * 1 3* 3*13* 8*85* 5.890*
 * 1 4* 4*13* 8*85* 4.670*

332-Piezometros Hidraulicos

 *APAR.*COD* DATA * h (m) *

 * 1 1* 1*23* 8*85* 5.500*
 * 1 2* 2*23* 8*85* 6.330*
 * 1 3* 3*23* 8*85* 6.480*
 * 1 4* 4*23* 8*85* 5.300*

332-Piezometros Hidraulicos

 *APAR.*COD* DATA * h (m) *

 * 1 1* 1*19* 8*85* 4.820*
 * 1 2* 2*19* 8*85* 5.910*
 * 1 3* 3*19* 8*85* 5.990*
 * 1 4* 4*19* 8*85* 4.560*

332-Piezometros Hidraulicos

 *APAR.*COD* DATA * h (m) *

 * 1 1* 1*26* 8*85* 5.330*
 * 1 2* 2*26* 8*85* 6.710*
 * 1 3* 3*26* 8*85* 6.600*
 * 1 4* 4*26* 8*85* 5.050*

332-Piezometros Hidraulicos

 *APAR.*COD* DATA * h (m) *

 * 1 1* 1*21* 8*85* 5.140*
 * 1 2* 2*21* 8*35* 6.040*
 * 1 3* 3*21* 8*35* 6.190*
 * 1 4* 4*21* 8*35* 5.010*

332-Piezometros Hidraulicos

 *APAR.*COD* DATA * h (m) *

 * 1 1* 1*28* 8*35* 5.600*
 * 1 2* 2*28* 8*35* 7.100*
 * 1 3* 3*28* 8*85* 7.070*
 * 1 4* 4*28* 8*85* 5.450*

Quadro IV - (cont.)

Marcas. Perfil longitudinal

----- Nível albu.

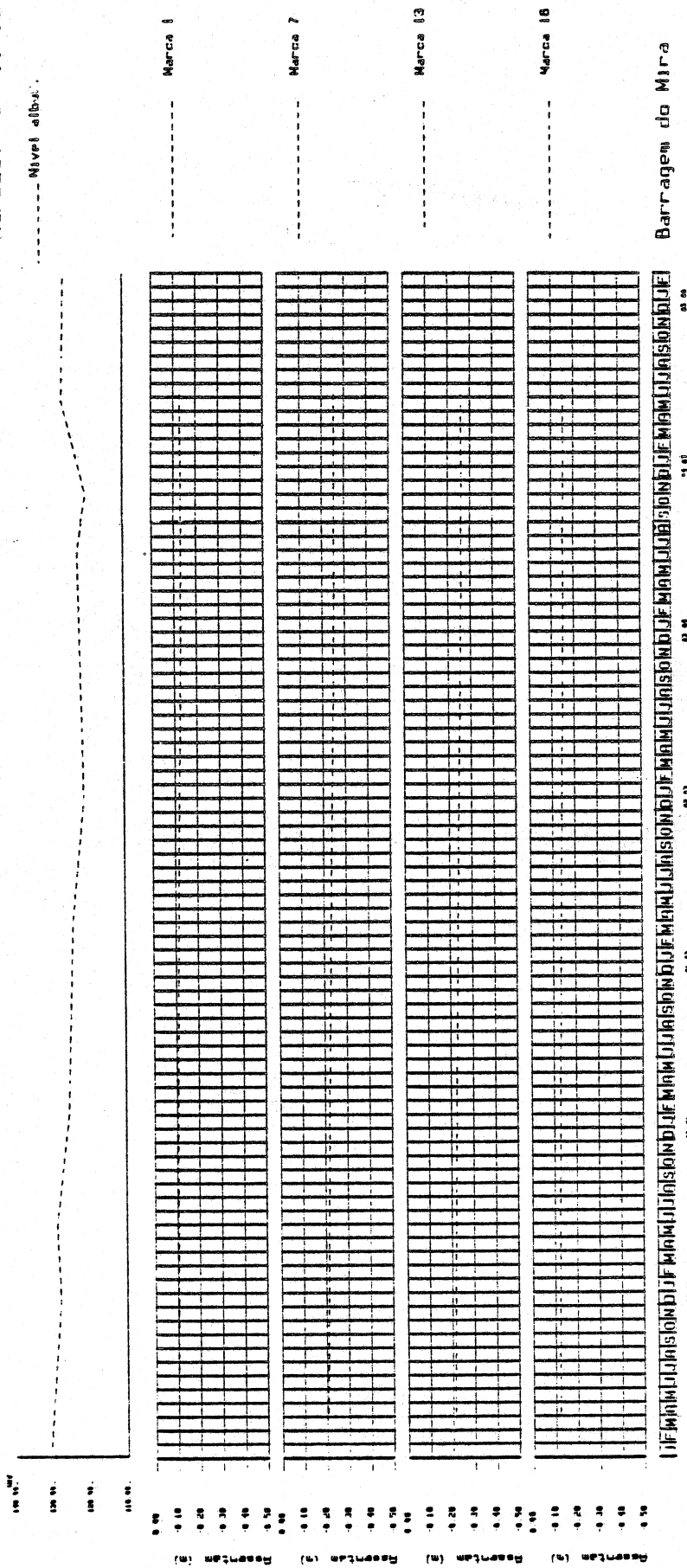


Fig. 14 - Barragem do Mira. Evolução dos assentamentos nas marcas superficiais num período de 7 anos, desde 1979 a 1986

2494-Marcas Superficiais

```

*****
*APAR.*COD* DATA * dh (m) * dh/h (%)*
*****
* 1 1* 1* 5* 4*79* -0.102* 0.122*
* 1 7* 7* 5* 4*79* -0.205* 0.246*
* 113* 13* 5* 4*79* -0.211* 0.253*
* 118* 18* 5* 4*79* -0.120* 0.144*
*****

```

2494-Marcas Superficiais

```

*****
*APAR.*COD* DATA * dh (m) * dh/h (%)*
*****
* 1 1* 1*22* 2*80* -0.105* 0.126*
* 1 7* 7*22* 2*80* -0.213* 0.255*
* 113* 13*22* 2*80* -0.213* 0.262*
* 118* 18*22* 2*80* -0.123* 0.147*
*****

```

2494-Marcas Superficiais

```

*****
*APAR.*COD* DATA * dh (m) * dh/h (%)*
*****
* 1 1* 1*17* 3*81* -0.108* 0.129*
* 1 7* 7*17* 3*81* -0.221* 0.265*
* 113* 13*17* 3*81* -0.227* 0.272*
* 118* 18*17* 3*81* -0.129* 0.155*
*****

```

2494-Marcas Superficiais

```

*****
*APAR.*COD* DATA * dh (m) * dh/h (%)*
*****
* 1 1* 1* 5* 1*83* -0.121* 0.145*
* 1 7* 7* 5* 1*83* -0.240* 0.238*
* 113* 13* 5* 1*83* -0.245* 0.294*
* 118* 18* 5* 1*83* -0.143* 0.171*
*****

```

Quadro V - Registos numéricos correspondentes ao gráfico anterior

2494-Marcas Superficiais

```

*****
*APAR.*COD* DATA * dh (m) * dh/h (%)*
*****
* 1 1* 1*21* 7*83* -0.128* 0.153*
* 1 7* 7*21* 7*83* -0.247* 0.296*
* 113* 13*21* 7*83* -0.252* 0.302*
* 118* 13*21* 7*83* -0.149* 0.179*
*****
    
```

2494-Marcas Superficiais

```

*****
*APAR.*COD* DATA * dh (m) * dh/h (%)*
*****
* 1 1* 1*15* 5*84* -0.133* 0.159*
* 1 7* 7*15* 5*84* -0.254* 0.305*
* 113* 13*15* 5*84* -0.261* 0.313*
* 118* 18*15* 5*84* -0.154* 0.135*
*****
    
```

2494-Marcas Superficiais

```

*****
*APAR.*COD* DATA * dh (m) * dh/h (%)*
*****
* 1 1* 1*27*11*84* -0.135* 0.162*
* 1 7* 7*27*11*84* -0.256* 0.307*
* 113* 13*27*11*84* -0.263* 0.316*
* 118* 18*27*11*84* -0.156* 0.137*
*****
    
```

2494-Marcas Superficiais

```

*****
*APAR.*COD* DATA * dh (m) * dh/h (%)*
*****
* 1 1* 1*11* 6*85* -0.130* 0.156*
* 1 7* 7*11* 6*85* -0.255* 0.306*
* 113* 13*11* 6*85* -0.260* 0.312*
* 118* 18*11* 6*85* -0.154* 0.185*
*****
    
```

2494-Marcas Superficiais

```

*****
*APAR.*COD* DATA * dh (m) * dh/h (%)*
*****
* 1 1* 1* 5* 3*86* -0.133* 0.159*
* 1 7* 7* 5* 3*86* -0.257* 0.308*
* 113* 13* 5* 3*86* -0.262* 0.314*
* 118* 18* 5* 3*86* -0.156* 0.186*
*****
    
```

Quadro V - (cont.)

5 - Considerações finais.

O objectivo essencial do presente relatório consiste na apresentação do conjunto de procedimentos, que permite a qualquer utilizador que não disponha de conhecimentos sobre a organização interna do sistema, usá-lo em termos correntes, o que não dispensará, em determinadas circunstâncias, o recurso a orientações específicas. Para além destes aspectos foram enunciados os conceitos gerais que basearam a formulação do sistema, no sentido de situar o problema.

A descrição pormenorizada do sistema é complementada com a apresentação de exemplos relativos a algumas barragens cuja informação é já processada com o presente sistema de observação.

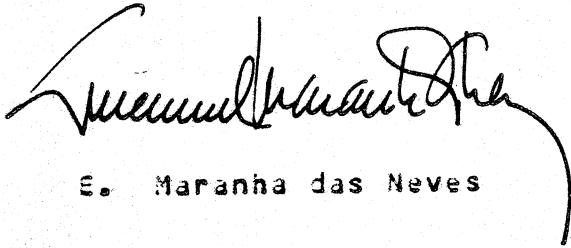
Considerando-se praticamente concluída, a fase relativa ao tratamento automático da informação numérica decorrente da exploração do sistema de observação, irá proceder-se à reformulação do sistema e ao seu desenvolvimento no sentido de incluir também a restante informação, (numérica e não numérica) essencial para a segurança e análise do comportamento estrutural das barragens de aterro, relativa ao projecto construção e exploração.

O passo seguinte, consistirá no refinamento dos modelos de cálculo de barragens de aterro de modo, a ajustar os modelos de comportamento já existentes ou ainda criando novos modelos ainda mais ajustados à realidade.

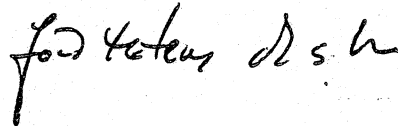
Vistos

Autoria

O Chefe do Núcleo
de Fundações



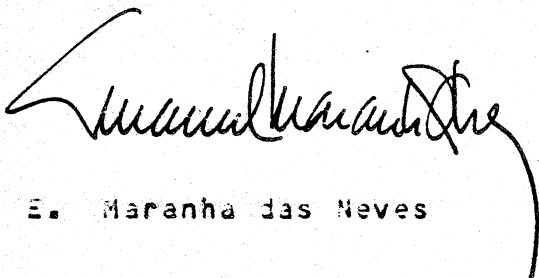
E. Maranhã das Neves



J. Mateus da Silva

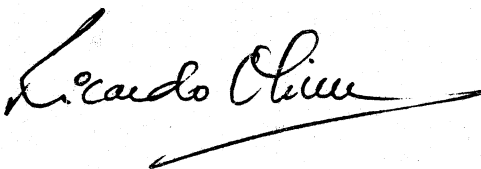
Estagiário de Investigação

O Chefe do Departamento
de Geotecnia



E. Maranhã das Neves

O Sub-Director



Ricardo de Oliveira

Referências

1- LNEC "Validação de dados e resultados da observação de barragens de betão". Proc. 43/11/6157. Relatório interno. Julho 1980

2- Seco e Pinto, P. S. "Observação de barragens de aterro". LNEC. Seminário 231. 1982.

3- Slope indicator, manual de utilização do inclinómetro Digitilt.

4- LNEC. "Controlo da fiabilidade das leituras dos inclinómetros". Proc. 53/13/8481. Relatório interno (no prelo).

5- Veiga Pinto, A. A. "Previsão do comportamento estrutural de barragens de enrocamento". Tese. LNEC Julho 1983.

Apêndice I

Resumo das possibilidades de exploração gráfica

1- Exploração gráfica cronológica.

É possível representar graficamente cada uma das grandezas guardadas para cada tipo de aparelho. Isto é:

Aparelho 29- Medidor de caudais

grandezas 1- Caudal em l/s;

Aparelho 30- Marcas superficiais

grandezas 1- Assentamento em m;

grandezas 2- Assentamento unitário dh/H0

Aparelho 31- Células de tensão total

grandezas 1- Tensão total (em KPa) nas várias direções;

Aparelho 32- Inclínômetros (baterias) medição de assentamentos

grandezas 1- Assentamento em m;

grandezas 2- Extensões entre travessas em %;

grandeza 3- Assentamento médio (dH/h0) em %;

Aparelho 33- Células de tensão intersticial

grandeza 1- Tensão em KPa

Aparelho 34- Piezômetros hidráulicos

grandeza 1- Altura de água em m;

Aparelho 35- Inclínômetros, medição de deslocamentos horizontais

grandeza 1- Deslocamento montante-jusante em mm;

grandeza 2- Deslocamento esquerda-direita em mm.

Exploração específica

Neste tipo de exploração é possível representar os desenhos existentes no 'menu' e que seguidamente se transcreve:

Tracado de diagramas específicos

- 1- Diagramas de trajectórias de tensão;
- 2- Tracado das tensões principais;
- 3- Diagramas de assentamentos;
- 4- Diagramas de extensões entre travessas;
- 5- Diagramas de assentamentos médios;
- 6- Tracado de níveis piezométricos;
- 7- Diagramas de deslocamentos horizontais.

Apêndice II

Impressos de registo de leituras

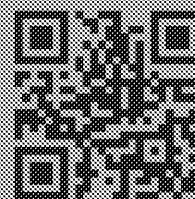
MEDIÇÃO DOS MOVIMENTOS VERTICAIS EM MARCAS SUPERFÍCIAIS

MARCA SUPERFICIAL Nº

DATA DA INSTALAÇÃO DA MARCA / /

DATA DA OBSERVAÇÃO	COTA ACTUAL	ASSENTAMENTOS *	ASSENTAMENTOS ACUMULADOS	NÍVEL DA ÁGUA NA ALBUFEIRA * *	ASSINATURA DO OBSERVADOR

ANOTAR COM O SINAL (+) OS ASSENTAMENTOS COM O SINAL (-) AS ELEVAÇÕES
 * -- POR DIFERENÇA ENTRE A COTA ANTECEDENTE E A ACTUAL
 * * -- POR DIFERENÇA ENTRE A COTA À DATA DA CONSTRUÇÃO E A COTA ACTUAL



www.lnec.pt

AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA • PORTUGAL
tel. (+351) 21 844 30 00
lnec@lnec.pt • www.lnec.pt