

Artigo REF: 49A013

SISTEMA DE OBSERVAÇÃO DA BARRAGEM DOS PEQUENOS LIBOMBOS

João Marcelino Mateus da Silva

Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Departamento de Geotecnia, Lisboa, Portugal

Email: marcelino@lnec.pt

RESUMO

No âmbito de um Protocolo entre os Governos de Portugal e Moçambique intitulado “Segurança de Barragens de Moçambique. Tratado de Roma” e na sequência de um conjunto de acções realizadas foi concebido um sistema informático para apoio às actividades de observação da Barragem dos Pequenos Libombos.

Para permitir o processamento da informação resultante deste sistema de observação foi desenvolvida uma aplicação em ambiente Windows e usando a folha de cálculo Excel. Uma das vantagens desse sistema consiste no facto de se tratar de um ambiente de trabalho de grande divulgação que minimizava o período necessário de adaptação dos técnicos da barragem responsáveis pela sua utilização.

Recentemente decidiu-se adaptar o sistema acima referido para a utilização de software livre contribuindo para a sua divulgação a custos reduzidos e para qualquer plataforma de trabalho, Windows, Linux ou Mac.

A presente comunicação descreve o sistema desenvolvido ilustrada pela aplicação à barragem dos Pequenos Libombos

1- INTRODUÇÃO

O aproveitamento hidráulico dos Pequenos Libombos (Fig 1) fica situado no rio Umbeluzi, no distrito de Boane, cerca de 35 km a SW da cidade de Maputo. A barragem dos Pequenos Libombos, cuja construção decorreu de 1983 a 1986, embora de fins múltiplos, destina-se essencialmente a abastecimento de água à cidade de Maputo. Tem também a função de controlo de cheias e de irrigação de terras de cultivo. Recentemente foi instalada uma central de produção de energia de pequena potência (1,7 MW).

A albufeira tem uma capacidade máxima de armazenamento de 400 hm³ e a área inundada, ao nível do NPA, é de 38 km². A bacia hidrográfica é de 5700 km².

A barragem tem uma altura máxima acima da fundação de cerca de 46 m e um comprimento no coroamento de 1540 m. O coroamento, com 8 m de largura, está à cota 51,00 m. O nível de pleno armazenamento (NPA) e o nível de máxima cheia (NMC) estão às cotas 47,00 e 49,55 m, respectivamente.



Fig 1-Vista de jusante da MD da barragem dos Pequenos Libombos

Trata-se de uma estrutura mista de aterro e betão, constituída por um descarregador de cheias na zona central (em betão) e por duas secções em aterro, localizadas nas zonas laterais, que apresentam um perfil zonado (Fig 2).

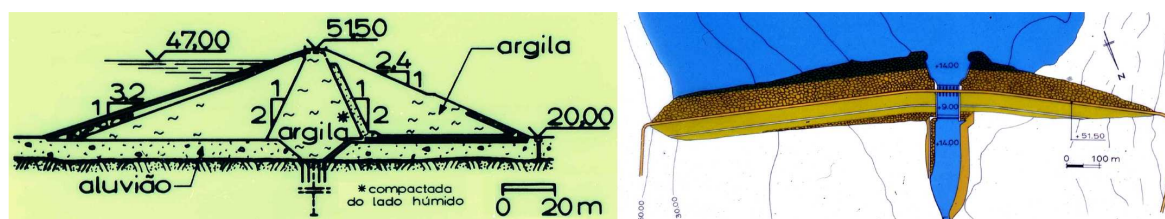


Fig 2: Perfil transversal tipo e planta da barragem dos Pequenos Libombos

O sistema de observação da barragem é composto pelos seguintes equipamentos:

- a) marcas superficiais;
- b) inclinómetros clino-almétricos subverticais;
- c) piezómetros de tubo aberto no aterro e fundação;
- d) células eléctricas de pressão intersticial no aterro;
- e) medidor do caudal drenado infiltrado numa das galerias do descarregador;
- f) drenos e piezómetros na fundação do descarregador com medição de caudais e pressões;
- g) piezómetros sob a bacia de dissipação;
- h) poços de alívio no terreno a jusante;

- i) dispositivos para medição do nível de água na albufeira, da precipitação, da evaporação, da temperatura e da humidade relativa.

A quantidade de equipamentos instalados, a frequência de leituras e a já longa história da barragem fazem com que seja necessário dispensar especial atenção ao arquivo dos dados e processamento dos resultados.

2- SISTEMA DE TRATAMENTO DE DADOS E RESULTADOS

2.1-Introdução

Na concepção de tratamento de dados e resultados que passou a integrar o sistema de observação da barragem dos Pequenos Libombos, procurou-se atender às necessidades específicas das equipas responsáveis pela leitura dos equipamentos e interpretação dos correspondentes resultados.

Assim, o primeiro trabalho consistiu na avaliação do tipo de documentos necessários para o sistema de tratamento dos dados e resultados, tendo-se identificado os seguintes elementos (UGBU, 2005):

- Plantas e cortes – planta com a localização dos perfis instrumentados; planta e perfil com a localização dos poços de alívio; planta com a localização dos piezómetros das galerias; planta com a localização dos drenos das galerias; perfis transversais com a representação dos níveis máximos e mínimos nos piezómetros abertos; perfil transversal com a representação dos valores máximos e mínimos dos níveis de água nos poços de alívio; perfil longitudinal com a representação das sub-pressões medidas nos drenos em ambas as galerias do descarregador; perfil longitudinal com a representação dos caudais drenados em ambas as galerias do descarregador;
- Tabelas – balanço hídrico da albufeira; ficha de inspecção visual de rotina; tensões neutras nos piezómetros eléctricos; cotas piezométricas nos tubos de inclinómetro; cota piezométrica nos piezómetros abertos; caudais drenados; níveis de água nos poços de alívio; caudais nos drenos das galerias; cotas piezométricas dos drenos das galerias; cotas piezométricas nos piezómetros das galerias;
- Gráficos – evolução das cotas piezométricas nos piezómetros eléctricos; deslocamentos horizontais nos inclinómetros; evolução das cotas piezométricas nos piezómetros abertos; valores máximos e mínimos dos níveis de água nos poços de alívio; evolução dos caudais drenados nas galerias.

Outrora, o armazenamento da informação resultante dos equipamentos instalados na barragem era feita de forma casuística, ora recorrendo a programas de computador dispersos ora traçando manualmente ou recorrendo ao computador mas de forma dispersa, os diagramas pretendidos.

Tendo em atenção algumas das deficiências apresentadas no parágrafo anterior, procurou-se criar um sistema de armazenamento da informação que permitisse ultrapassar os problemas apresentados mantendo, todavia, simplicidade na utilização.

O Sistema de Gestão da Observação (SGO) proposto permite gerir, de forma integrada, a informação relativa ao sistema de observação, de uma forma eficaz, eficiente e simples (LNEC, 2005).

A implementação inicial do sistema foi feita recorrendo ao programa Excel, que faz parte do pacote Office da empresa Microsoft. Decidiu-se utilizar esta plataforma tendo em consideração que se trata de um produto de ampla divulgação, e que, em consequência, minimiza as necessidades de formação para a sua utilização.

Por outro lado, usando o Excel ou outra folha de cálculo, pode-se tirar partido do facto de praticamente todos os dados existentes estarem já armazenados neste tipo de programas, embora sem o estarem da forma mais adequada para uma exploração eficaz do sistema de observação.

O sistema proposto (SGO) foi integralmente desenvolvido no decorrer de uma missão efectuada por investigadores do LNEC a Moçambique tendo-se procurado adequá-lo às necessidades específicas da DNA para a barragem dos Pequenos Libombos. Decidiu-se que o sistema deveria ser aberto possibilitando a sua adaptação/melhoramento sempre que necessário. Apesar de ter sido desenvolvido especificamente para esta barragem o SGO é facilmente adaptável a outras obras que tenham dispositivos de observação semelhantes.

Nos parágrafos seguintes, procede-se à descrição pormenorizada dos aspectos mais relevantes do sistema de gestão proposto.

2.2-Funcionamento do sistema

O funcionamento do sistema baseia-se em 3 ficheiros/aplicação do Excel. Esquemáticamente o sistema organiza-se como se apresenta na Fig 3. O módulo principal (“Gestão do sistema de observação.xls”) contém todos os dados da barragem à excepção dos que se referem aos inclinómetros e às baterias de assentamentos. Neste módulo realizam-se, portanto, a maioria das operações de exploração do sistema, nomeadamente a introdução de dados e a produção de diagramas e relatórios da maioria dos aparelhos. A decisão de usar ficheiros distintos para o processamento dos inclinómetros de baterias de assentamento tem a ver com o facto de estes aparelhos necessitarem um processamento bastante distinto dos restantes. Note-se porém, que toda a gestão do sistema é feita através do módulo inicial tal como sugere a leitura da Fig 4. De facto, através do menu de entrada, é possível aceder aos módulos correspondentes aos inclinómetros ou às baterias de assentamentos não havendo necessidade de o utilizador do sistema se preocupar com a organização do sistema.

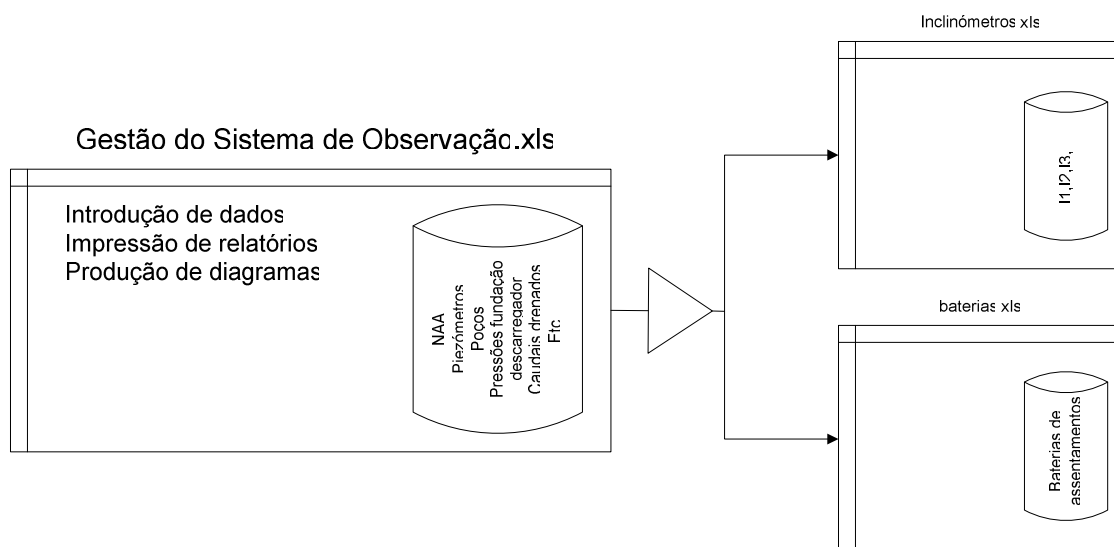


Fig 3- Organização esquemática do SGO



Fig 4-Janela de entrada no sistema de observação

2.3-Organização do sistema

É necessário considerar 3 grandes grupos de aparelhos ou tipos de leitura. Assim, o primeiro grupo é constituído pelos aparelhos (no sentido lato) que, para cada data apenas têm uma leitura. É o caso, por exemplo da cota da albufera. Com efeito, a medição deste nível é única para cada instante de tempo. Outros exemplos (que não se aplicaram na presente barragem) podem ser, por exemplo, a temperatura ou a pluviosidade. Para este tipo de aparelhos o armazenamento dos dados é feito considerando uma folha de cálculo exclusivamente para esse fim.

Um segundo grupo de aparelhos nos quais se podem agrupar:

- Cotas piezométricas no aterro e fundação
- Cotas piezométricas nos poços de alívio
- Pressões na fundação do descarregador
- Caudais drenados na fundação do descarregador
- Cotas piezométricas na bacia de dissipação

são diferentes, uma vez que existem várias unidades de cada aparelho instaladas em diversos pontos da barragem. Os aparelhos de cada tipo ficam organizados numa folha única onde se dispõem por colunas, as diversas unidades instaladas. Na Fig 5 ilustra-se o aspecto da organização adoptada para os dados.

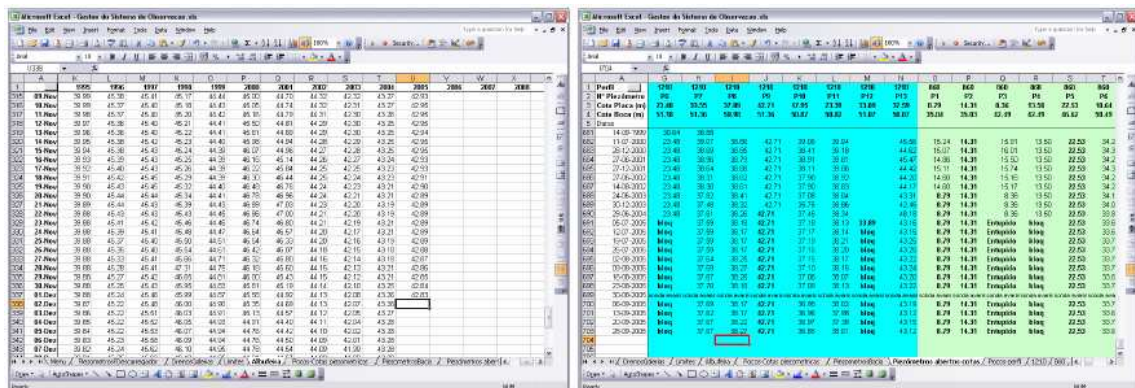


Fig 5-Exemplos da organização dos dados na folha de cálculo (cotas da albufera e piezômetros de tubo aberto)

O último grupo de aparelhos nos quais se enquadram os inclinómetros e as baterias de assentamento, diferem dos restantes pois, cada aparelho têm diversas leituras. No caso do

inclinómetro, este aparelho é um tubo no qual se determinam, a diversas cotas as inclinações segundo duas direcções do plano (Fig 6). O cálculo da grandeza pretendida (o deslocamento) é feito por integração da variação da inclinação ao longo da altura, obtendo-se dois diagramas, correspondentes às duas direcções do movimento (Fig 7).

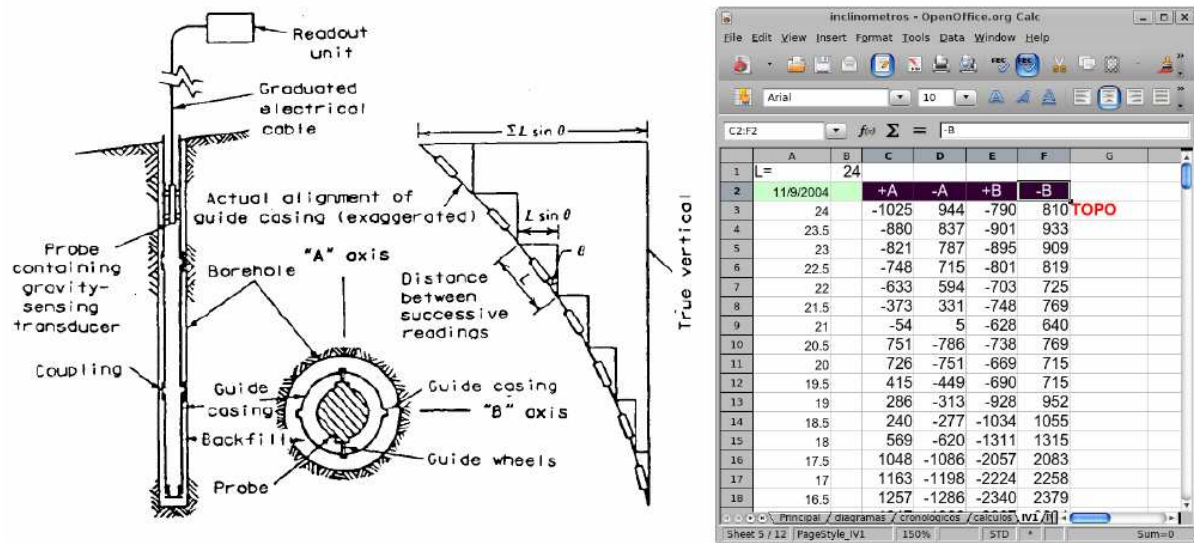


Fig 6-Funcionamento do inclinómetro e exemplo de leituras

[Deslocamentos horizontais internos no inclinómetro IV6 \(PK 569\)](#)

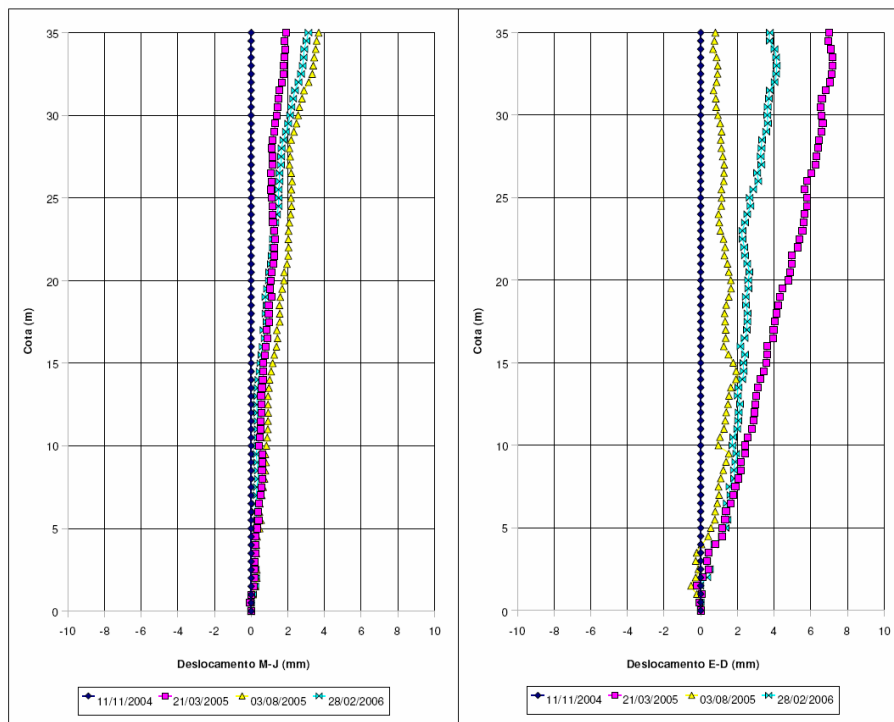


Fig 7-Resultados (deslocamentos) para um inclinómetro

2.4-Outputs

Um dos aspectos fundamentais do sistema de observação é o de permitir produzir relatórios e diagramas que permitam a interpretação do comportamento da obra. O sistema de observação desenvolvido foi preparado para permitir a produção dos diagramas necessários para esse fim de forma simples.

O tipo de diagramas mais comum nas actividades de observação são os diagramas cronológicos. Neste tipo de diagramas representa-se a variação de uma ou mais grandezas ao longo do tempo, normalmente confrontando essa variação com outras, por exemplo do nível da albufeira. Um exemplo deste tipo de diagramas está ilustrado na Fig 8. Tirando partido das capacidades gráficas do programa é possível representar as grandezas em escalas diferentes.

Este tipo de diagramas é o mais comum em qualquer sistema de observação e permite a análise de uma forma rápida das variações das grandezas em função da variação no nível de água na albufeira.

Outro tipo de diagrama que é possível produzir no SGO consiste na representação de forma gráfica dos níveis de água nos piezómetros de uma dada secção da barragem. Para tal foi introduzida no sistema a geometria dos perfis instrumentados e a localização dos aparelhos pretendidos. Este tipo de visualização, menos comum permite traçar, de forma automática um diagrama onde se podem apreciar os níveis piezométricos no corpo da barragem ou na fundação.

Na Fig 9 ilustra-se um exemplo de um desses diagramas. No perfil é possível ver a cota da água na albufeira, o perfil da superfície do terreno e o nível de água nos poços de alívio sendo imediato inferir sobre as condições em que os referidos poços estão a funcionar. De igual forma, na Fig 10, é possível apreciar o andamento das pressões de água no interior do corpo da barragem, através da análise do perfil transversal onde, em cada piezómetro se apresenta o nível de água na data em causa.

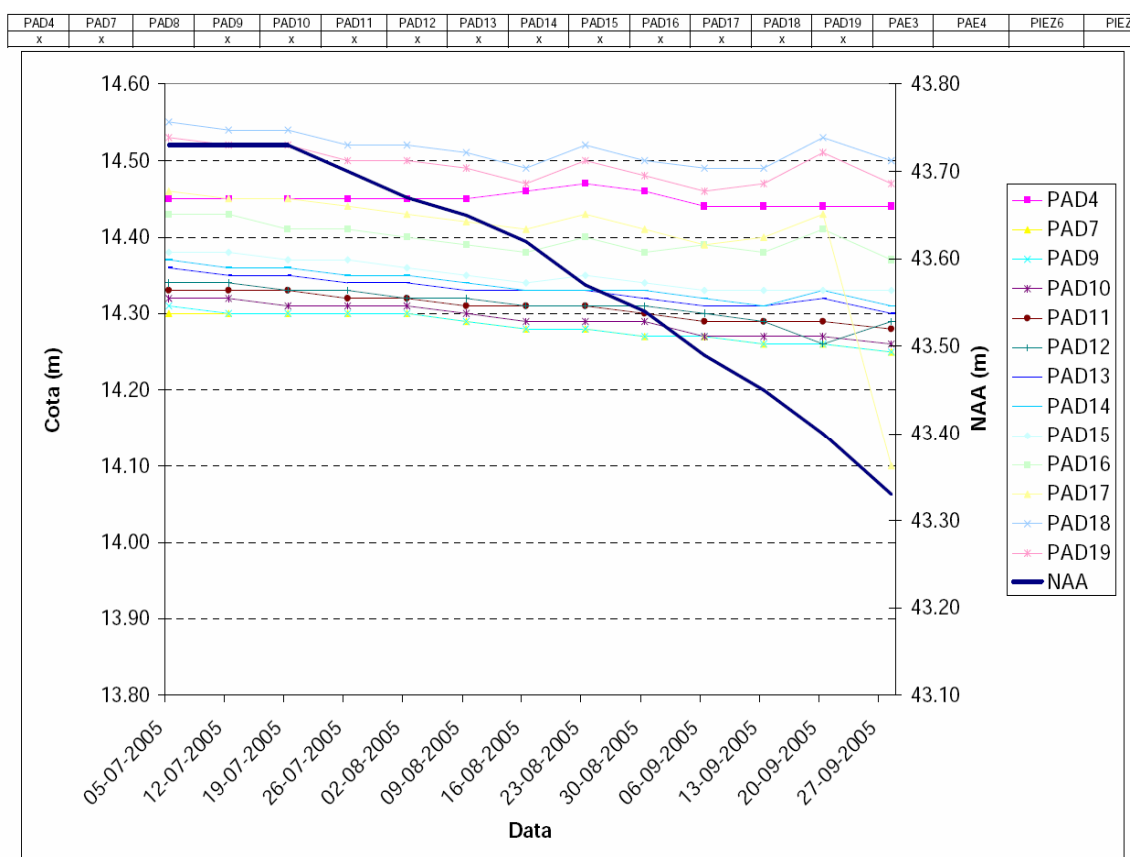
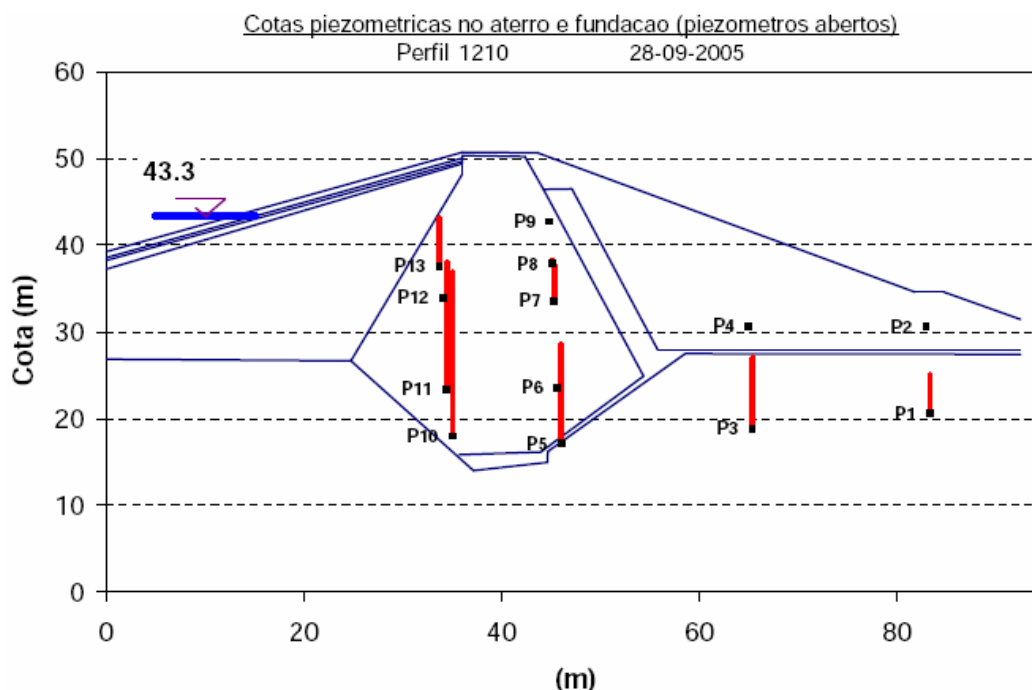
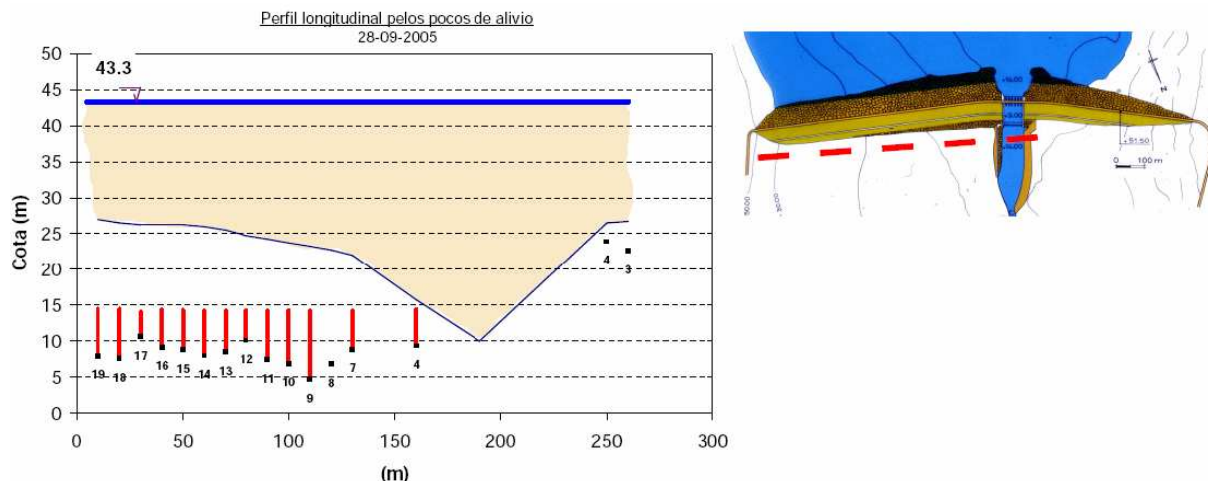


Fig 8-Exemplo de diagrama cronológico com diversos aparelhos e o nível da albufeira



3- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Presentemente está em curso a adaptação do sistema de observação da barragem dos Pequenos Libombos para funcionar em software open-source. Os objectivos dessa mudança prendem-se essencialmente com a necessidade de garantir, para o futuro que a informação agora existente se mantenha disponível e acessível sem depender de um determinado programa ou sistema informático.

A situação actual é inconveniente pois obriga a que as entidades responsáveis pela segurança da barragem tenham, obrigatoriamente, de adquirir as novas versões das plataformas informáticas (sistema operativo e folha de cálculo). Anteriormente estas questões não era tão debatidas por não existirem alternativas adequadas. Ou seja, apesar de já existirem diversas alternativas ao software proprietário, essas alternativas não eram amigáveis para o utilizador.

Actualmente o panorama é diferente e existem plataformas de trabalho alternativas, nomeadamente em computadores Mac ou em Linux

Ao mudar para software livre implantado em diversos ambientes elimina-se a dependência de uma única plataforma e permite-se que, em cada momento, se possa optar pela solução considerada mais conveniente, com custos mínimos de conversão.

REFERENCIAS

LNEC – Barragem dos Pequenos Libombos. Implementação do sistema de gestão da observação da barragem. Relatório da missão de Novembro/Dezembro de 2005 . Relatório 447/05 – NBOA/NO, 2005

UGBU – Unidade de Gestão da Bacia do Umbeluzi. Barragem dos Pequenos Libombos. 87º Relatório de Observação, 2005