

## UHE EUCLIDES DA CUNHA– AUSCULTAÇÃO NA GALERIA DO ‘CUTOFF’

Ruben José Ramos CARDIA  
Engenheiro Civil – RJC Engenharia.

Wagner Pernias LOPES  
Engenheiro Civil – AES TIETÊ S.A.

Paulo Rodrigues de SOUZA  
Operador – AES TIETÊ S.A.

### RESUMO

Comenta-se a existência (incomum no Brasil) de galeria de injeção e drenagem nas fundações da *Barragem de Terra* da UHE Euclides da Cunha. São citados ainda (para amostragem), valores obtidos na *Instrumentação de Auscultação*.

### ABSTRACT

Details about a control gallery built on top of cutoff trench underneath the *Earthen Embankment* for Euclides da Cunha Power Plant have been highlighted. Some samples of readouts from *Monitoring Instruments* have been attached.

## 1. INTRODUÇÃO

Para o XXIV Seminário Nacional de Grandes Barragens (Fortaleza, CE, 04 a 07NOV01) atendendo sugestão da Presidência do CBDB, procurou-se organizar a apresentação de dados informativos sobre a *Instrumentação de Auscultação* existente na galeria de injeção e drenagem, no *Cut-off da Barragem de Terra* da UHE Euclides da Cunha (da AES Tietê S A).

Infelizmente, não houve tempo hábil, desde o contato pessoal até o final do levantamento e assim, a *Comunicação* ou *Nota Técnica* preparada, só pode ser enviada após a data final de recebimento de *Trabalhos*. Conseqüentemente, a Comissão Organizadora julgou por bem, não aproveitá-la.

Então, agora (com participação de novo autor) foram reunidas outras informações e dados atualizados, transformando aquele documento, em um Trabalho, enviado a este XXVII Seminário Nacional de Grandes Barragens (Belém, PA, MAIO07).

C. KUTZNER [2] apresentou uma boa descrição das vantagens e desvantagens do uso de galerias de controle nas fundações de *Barragens de Terra*, salientando que engenheiros europeus estavam mais favoráveis a sua aplicação.

Além de contribuir para facilitar execução de injeções, drenagem e auscultação das fundações, a estrutura pode se tornar elemento auxiliar na fase construtiva, ajudando na redução de tarefas no caminho crítico de seu cronograma. Entretanto, efeitos de sua interação com o aterro devem ser adequadamente acompanhados, conforme citado por TREIBER & BRETH [8].

Normalmente, estruturas enterradas em aterros são usadas para condutos de abastecimento de água ou descarregadores de fundo. Alguns problemas típicos observados na interação dessas estruturas, com as soluções adotadas, foram registrados por OLIVEIRA LEMOS & MACHADO DO VALE [4]. Deve ser salientado que esses tipos de problemas também podem ocorrer com galerias de controle e sua detecção pode ser facilitada, por existir passagem freqüente de pessoas, por ali.

SILVA GOMES [5] também descreveu a importância e as vantagens de se adotar uma galeria de drenagem e injeções, nas fundações de *Barragens de Terra*.

Com este Trabalho, pretende-se divulgar o fato incomum (para a história das *Barragens de Terra*, nacionais), da existência de *Galeria de Drenagem* nas fundações, citando ainda, informações sobre o comportamento da *Instrumentação de Auscultação* existente na Barragem Euclides da Cunha.

## 2. SOBRE A USINA

A operação da Usina Hidrelétrica Euclides da Cunha se iniciou em 1960, com a Cia Hidrelétrica do Rio Pardo – CHERP (a seguir, integrando a Centrais Elétricas de São Paulo, então Companhia Energética de São Paulo – CESP, depois Companhia de Geração de Energia Elétrica Tietê e posteriormente passando para o controle da AES Tietê S A, a partir da Privatização de parte da CESP, em 1999).

Ela se compunha (originalmente) de *Casa de Força* do tipo subterrânea (escavada na ombreira direita) com quatro unidades Francis de 27,2 MW cada, operando “a *Fio-d’água*”. O nível montante máximo normal é 665,00 manm (*metros lineares acima do nível médio do mar*), enquanto que o nível jusante, na saída do *Túnel de Fuga* oscila no entorno de 575,30 manm. O barramento do rio Pardo foi feito com auxílio de *Barragem de Terra* homogênea, de eixo curvo e 312 m (*metros lineares*) de extensão. Enquanto a crista está na cota 671 manm, o pé jusante do aterro está aproximadamente à cota 610 manm. Na ombreira esquerda existe um *Vertedouro de Superfície* dotado de comportas tipo Segmento (e não do tipo *Setor*, como se costuma indicar, de forma errada), para escoamento de excesso d’água do *Reservatório* [3]. Para informações adicionais acessar o ‘site’ [www.aestiete.com.br](http://www.aestiete.com.br) .

### 3. SOBRE A BARRAGEM

Em decorrência de cheia excepcional em 1.977, a *Barragem de Terra* sofreu ruptura por galgamento (*‘overtopping’*), na região de encontro com a ombreira direita [1 e 6]. Em fotos do acidente pode ser notada a estrutura de concreto da *Galeria de Drenagem do Cut-off*, que ficou exposta devido à remoção do material sobrejacente.

Juntamente com a reconstrução do aterro, foi ampliada a capacidade de vertimento, com a instalação de um *Vertedouro Livre* do tipo poço, com *Tulipa*, aproveitando o antigo *Túnel de Desvio*, da construção original. Ver Figuras 1 e 2.

### 4. SOBRE A GALERIA

A *Galeria de Drenagem do Cut-off* foi construída em estrutura de concreto, na forma de ferradura, com 2,20 m de largura por 3,00 m de altura, se estendendo sobre o que foi considerado como *‘Cut-off’*, onde se executou a cortina de injeção nas fundações. Possui eixo linear, partindo de um ponto situado junto ao muro direito do *Vertedouro de Superfície*, seguindo transversalmente ao fluxo do rio, em direção à ombreira direita, com extensão aproximada de 258 m. Dessa forma, o trecho central se localiza a jusante do eixo curvo da barragem, mas o restante (dividido em duas seções) se situa a montante do mesmo.

Para acesso, desde a crista (cota 670,00 manm) até a extremidade esquerda da *Galeria de Drenagem do Cut-off* (piso cota 640 manm) há poço vertical com elevador. Daí, seguindo para a direita, com alguns lances de inclinações diferentes, (em distância de 40 m) atinge-se a parte inferior, com cota aproximada 616 manm. Para a direita, segue-se leve aclive em três lances, alcançando a cota 621 manm (na abscissa de 210 m). A partir desse ponto, inicia-se a subida para a ombreira direita, com três lances em aclive com inclinações diversas, até a cota 630 manm. Tal configuração procurou se acomodar à conformação topográfica do leito rochoso, à época do Projeto e construção original.

Ver figura ilustrativa na Figura 10 ao final.

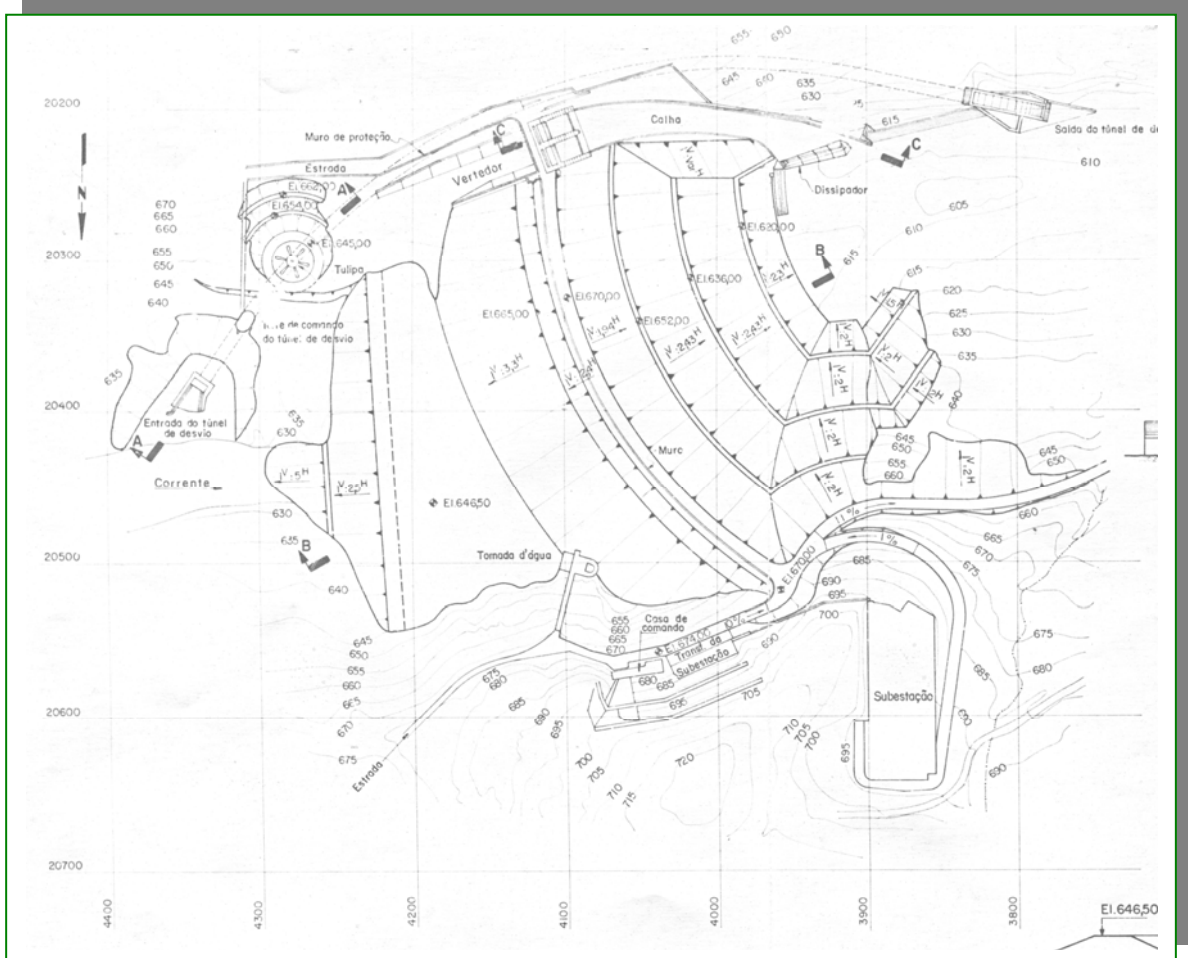


FIGURA 1: UHE Euclides da Cunha – Planta Geral

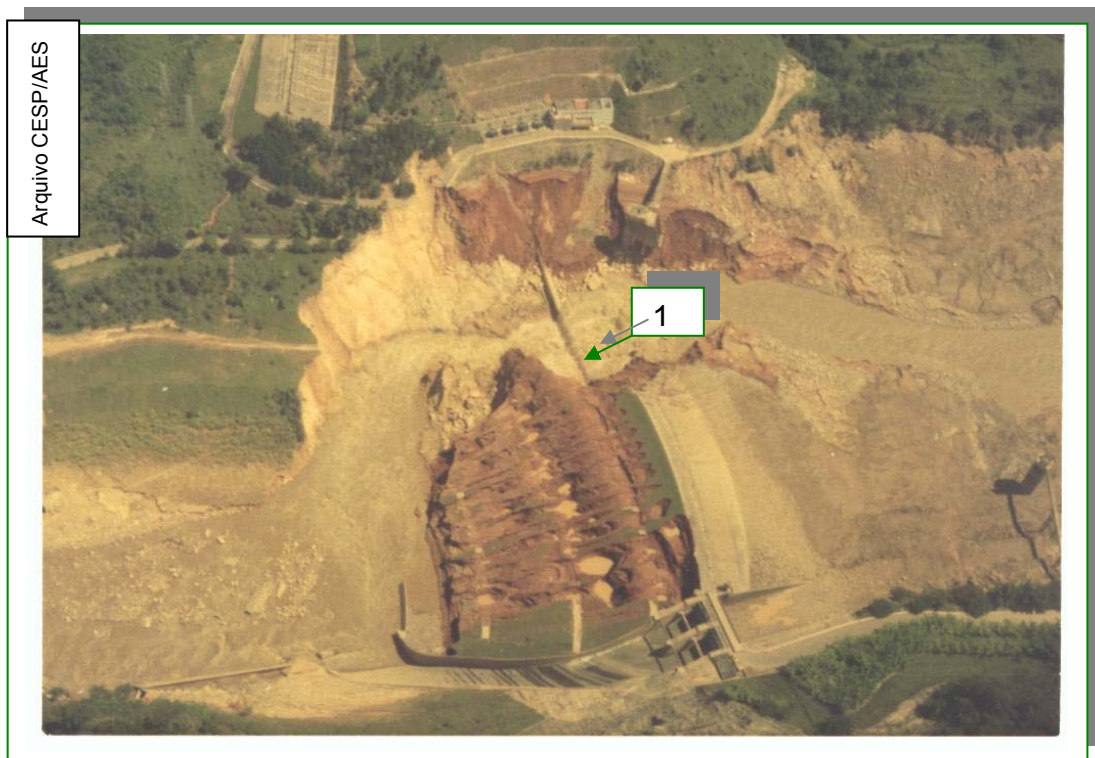


FIGURA 2: Barragem Euclides da Cunha – Situação do Maciço Após Ruptura por Galgamento (1977). (1) = Galeria do Cutoff

## 4.1 INSTRUMENTAÇÃO

Para monitoramento de feições da fundação, foram instalados diversos *Instrumentação de Auscultação* a partir da galeria, bem como outros, atravessando o aterro. Algumas células piezométricas elétricas (de corda vibrante) instaladas no interior do maciço também podem ser consideradas nas tentativas de análises relacionadas com a galeria. Ver Figura 3.

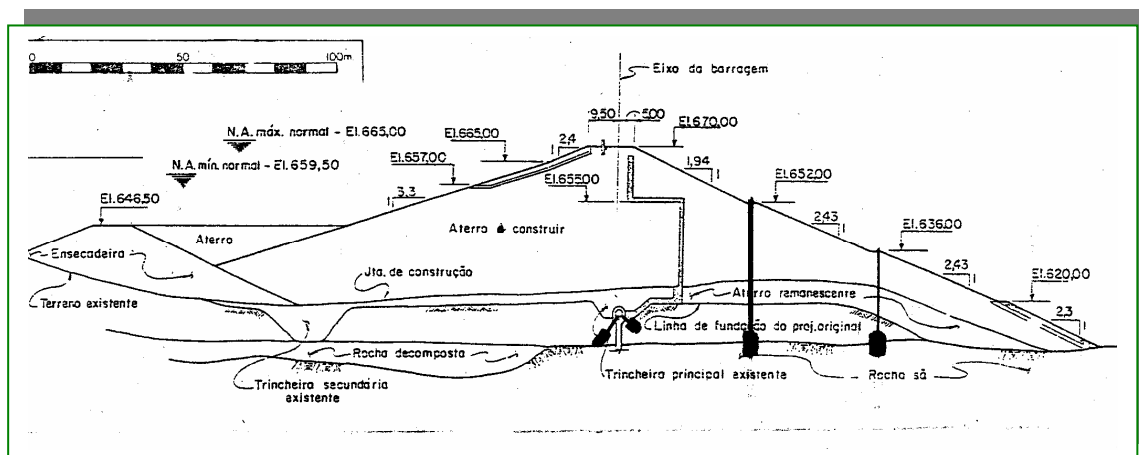


FIGURA 3: Barragem Euclides da Cunha – Seção Transversal

Para processamento e arquivo dos dados de *Auscultação* da Barragem, existe *Sistema Informatizado de Segurança de Barragens - SICESP*, desenvolvido por equipe da CESP e repassado para a AES Tietê S A.

Nota-se entretanto, necessidade de revisar os dados de cadastro, uma vez que para alguns *Instrumentos de Auscultação* é emitido 'Comentário = Nível de Projeto Ultrapassado', mas não há confiança em seu real significado.

Para conhecimento da situação dos diversos *Piezômetros de Tubo – PZ* instalados, há a Tabela 1, na página a seguir.




## 4.2 SITUAÇÃO EM 26JUL01 E 26SET06

Nas tabelas (e gráficos em Anexo) são apresentados exemplos de resultados de medições efetuadas em JUL01 e SET06, para instrumentos considerados envolvidos com a existência da *Galeria de Drenagem do 'Cut-off'*. A variação de datas no mesmo mês indica períodos diferentes para medições em locais diferentes.

### 4.2.1 Dados Hidrometeorológicos

Para subsidiar a análise da influência de esforços externos no comportamento dos *Instrumentos de Auscultação*, são verificados os *Dados Hidrometeorológicos – DH*; conforme apresentados na Tabela 2.

Tendo em vista que fora desativada a *Estação Hidrometeorológica* no canteiro da Planta, os dados de DH disponíveis foram considerados incompletos para subsídio aos estudos de comportamento da *Instrumentação de Auscultação*, não existindo informações referentes a:

-  Temperatura Ambiente (Máxima e Mínima), em '°C' (grau Celsius);
-  Duração de Precipitação Atmosférica, em 'h' (horas:minutos);
-  Umidade Relativa do Ar (Máxima e Mínima), em '%' (porcentagem).

Instrumento No.	Estaca	Afastamento (m)	Cota Instalação (manm)	Cota Topo (manm)	Limite Projeto (manm)	OBS
PZ-25	12+05,64	-05,92	607,55	618,24	643,00	
PZ-26	10+18,83	-04,09	612,43	619,82	643,00	
PZ-27	10+13,19	-04,85	615,41	619,85	633,00	
PZ-28	10+05,92	-02,16	611,14	619,97	643,00	
PZ-29	10+01,38	-02,82	616,89	620,01	633,00	
PZ-30	10+01,12	-01,37	611,79	620,12	643,00	
PZ-31	09+15,89	-00,66	610,13	620,07	643,00	
PZ-32	09+09,45	00,96	610,34	620,14	643,00	
PZ-33	09+09,17	-00,45	610,57	620,10	633,00	
PZ-34	09+03,48	02,35	612,66	620,37	643,00	
PZ-35	08+16,03	03,01	613,27	620,39	633,00	
PZ-36	08+14,16	09,95	612,03	620,32	643,00	
PZ-37	07+19,77	10,31	617,12	620,74	643,00	
PZ-38	07+19,14	08,95	600,70	619,25	633,00	
PZ-39	05+19,76	24,94	606,79	630,00	645,00	
PZ-40	05+13,19	28,52	611,77	633,51	645,00	

Notas:

1. Estaca padrão de 20 m de extensão;
2. Afastamento Positivo para Montante e Negativo para Jusante (padrão SICESP).

TABELA 1: UHE Euclides da Cunha  
Piezômetros de Tubo na Galeria do Cut-Off

Data	No. Instrumento	Nível Montante (manm)	Nível Jusante (manm)	Chuva (mm)	Nota	OBS
26JUL01	DH-1	664,89	575,30	0,0	0	
13SET06	DH-1	664,70	575,40	0,0	0	
26SET06	DH-1	664,80	575,20	0,0	0	

TABELA 2: UHE Euclides da Cunha  
Dados Hidrometeorológicos

Para *Níveis d'Água*, observa-se pequena oscilação no *Reservatório Montante* (a *Fio d'Água*) e alguma variação de *Cotas Jusante* (como resposta do programa de geração hidrelétrica). Veja na Figura 4, o gráfico temporal [7] gerado no SICESP.



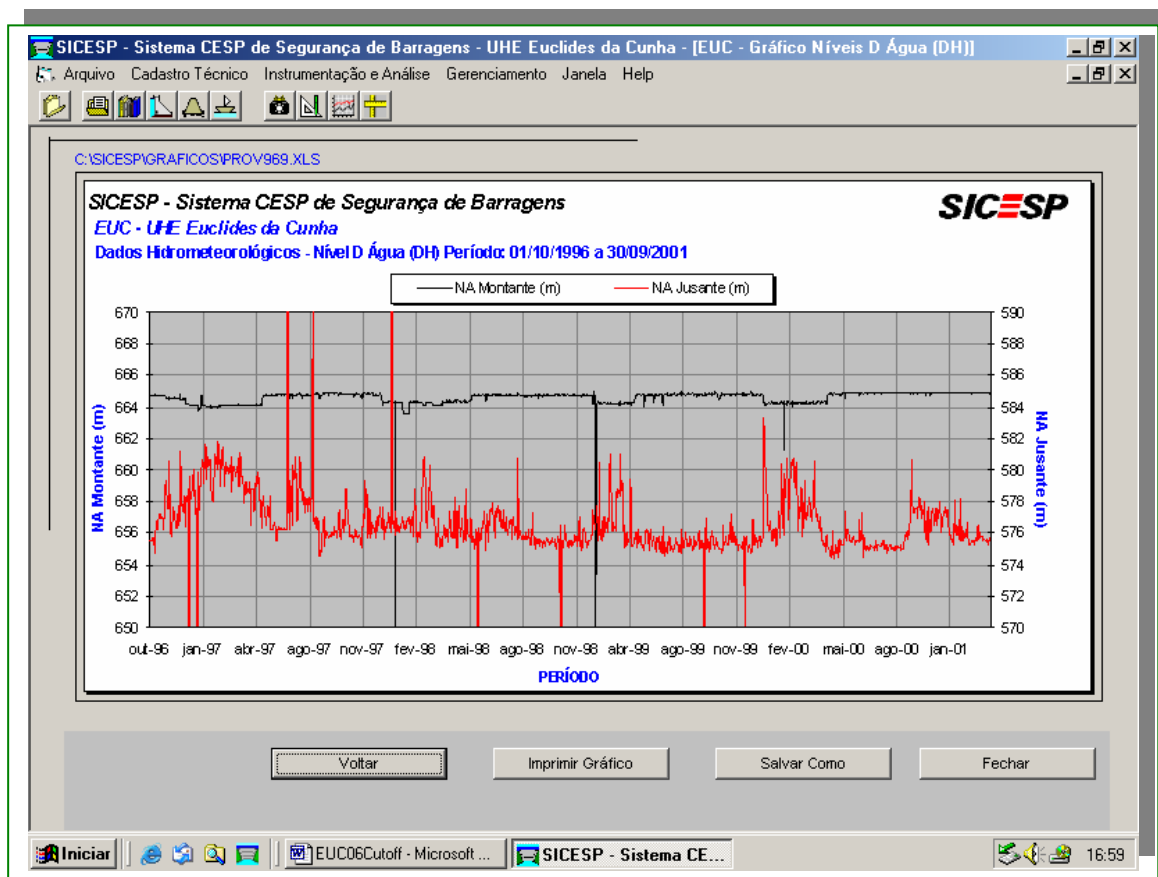


FIGURA 4: UHE Euclides da Cunha – SICESP –Níveis de Água

#### 4.2.2 Drenagem

4.2.2.1. Para alívio de *Pressão de Percolação* nas fundações da *Barragem de Terra*, existem 36 (Trinta e Seis) *Drenos*, instalados a partir do piso, a jusante do eixo da *Galeria do Cut-off*, numerados 'DR-1 a DR-34' e 'DR-239 a DR-240'. De maneira geral, os *Drenos* indicam '*Comentário = Observação = Funcionamento Normal*', com valores compatíveis com influência do *Reservatório*.

Parte deles apresenta vazão e obteve-se, para 23 (Vinte e Três) em 26JUL01 e 21 (Vinte e Um) em 13SET06, respectivamente:

- somatória  $q_{23} = 0,410$  l/s e  $q_{21} = 0,311$  l/s.
- valor médio  $q_{méd} = 0,018$  l/s; e  $q_{méd} = 0,015$  l/s.
- valor individual (máximo) no DR-34  $q_{Máx} = 0,083$  l/s e  $q_{Máx} = 0,067$  l/s.
- valor individual (máximo) no DR-239  $q_{Máx} = 0,050$  l/s e  $q_{Máx} = 0,062$  l/s.
- valor específico (considerando a drenagem distribuída na extensão da galeria e depois também em função da altura do aterro [7])  $q_{esp} = 0,001589$  l/s/m ou  $q_{esp} = 0,000026$  l/s/m/m e  $q_{esp} = 0,001205$  l/s/m ou  $q_{esp} = 0,000020$  l/s/m/m.

Sete dos *Drenos* apresentam vazão inferior a 0,002 l/s (valor adotado como referência de *Vazão Mínima para fins de medição*, em conformidade com o *Sistema Internacional de Unidades – SI*). Para alguns *Drenos*, completando a quota de instrumentos instalados, existe ainda, variação sazonal, com alternância entre '*Situação 2- Não Vertendo*' (com um nível inferior à cota de boca do terminal) e '*Situação 1- Vertendo*' (com vazão inferior àquela mínima citada).

4.2.2.2. Para drenagem da *Ombreira Direita*, existe um leque com 7 (Sete) *Drenos* Sub-Horizontais (e/ou Sub-Verticais), a partir da parede de vedação na extremidade direita da *Galeria do Cut-off* (piso 635 manm), numerados 'DR-35 a DR-41'. Alguns (Três em 26JUL01 e Quatro em 13SET06) estão na '*Situação – 1 = Vertendo*'; os demais apresentam nível d'água quase estável no interior do tubo. As vazões apresentadas demonstram redução significativa, em relação às *medidas* anteriores.

Assim (em 26JUL01 e 13SET06):

- somatória  $q_3 = 0,741$  l/s; e  $q_4 = 0,591$  l/s.
- valor individual máximo (no DR-35)  $q_{Máx} = 0,602$  l/s; e  $q_{Máx} = 0,265$  l/s.

4.2.2.3. Para alívio de Pressões de *Percolação* e *Vazões* coletadas pelo filtro de areia da *Barragem de Terra*, existem 135 (Cento e Trinta e Cinco) *Drenos do Filtro de Areia* com terminais atravessando a parede jusante da *Galeria do Cut-off*, numerados a partir de 'DR-101'. Os *Instrumentos* que estão com vazão (Quatorze em 26JUL01 e Doze em 13SET06), indicam '*Comentário = Observação = Funcionamento Normal*', com valores compatíveis com o padrão histórico. Diversos estão com nível inferior à cota de boca do terminal, enquanto aproximadamente 7 (Sete) outros apresentam vazão inferior a 0,002 l/s.

Assim, respectivamente nas duas datas (26JUL01 e 26SET06):

- somatória  $q_{12} = 0,410$  l/s; e  $q_{14} = 0,375$  l/s.
- valor médio  $q_{méd} = 0,029$  l/s; e  $q_{méd} = 0,031$  l/s.
- valor individual máximo  $q_{Máx} = 0,083$  l/s (nos DR-115 e DR-125); e  $q_{Máx} = 0,089$  l/s (no DR-111).

Nota-se aparente tendência de redução de vazões de percolação pelas fundações, por possível colmatção, em virtude de movimentação de material fino argiloso (e/ou óxido de ferro). Tal comportamento é evidenciado pela mancha colorida existente no fundo da canaleta de drenagem, além de variação de profundidade de diversos *Drenos* (conforme medições executadas por ocasião das lavagens periódicas).

#### 4.2.3 Medidor de Vazão

Para controle de *Vazões de Percolação* drenada e *Infiltrações* por junta/deficiências nas fundações existem ainda, 3 (Três) *Medidores de Vazão* instalados na *Galeria do Cut-off*. 2 (Dois) deles possuem '*Situação de Leitura "1" – Tipo Tubo*', numerados 'MV-6 e MV-7' (indicam o controle de infiltrações localizadas). O outro, numerado 'MV-5', tem '*Situação de Leitura "2" – Tipo Tanque*' (indicando somatória da *drenagem* e das águas infiltradas, conforme recuperação no *Poço do Sistema de Drenagem*, sob a escada). Existem valores absurdos, por erro de digitação.

As *medidas* normalmente registram '*Comentário = Funcionamento Normal*' e '*Observação = Nível de Projeto Ultrapassado*'. Aparentemente não há *Limites* cadastrados para esses *Medidores* e qualquer que seja a vazão medida, será considerada condição inadequada. Entretanto, as *medidas* indicam comportamento *Normal*. Ver Tabela 3 e reprodução do gráfico temporal, gerado no SICESP.

Assim (em 26JUL01 e 26SET06):

- Somatória (conforme MV-5)  $q_{galeria} = 1,733$  l/s; e  $q_{galeria} = 1,867$  l/s.



Medidor No.	Data	Leitura (*)	Tempo (s)	Vazão (ℓ/s)	Nota	OBS
MV-5 Situação 2	26JUL01	0,130	300,0	1,733	0 = Normal	Nível Projeto Ultrapassado
	13SET06	0,120	300,0	1,867	0 = Normal	Nível Projeto Ultrapassado
MV-6 Situação 1	26JUL01	2,000	16,0	0,125	0 = Normal	Nível Projeto Ultrapassado
	13SET06	1,000	10,0	0,100	0 = Normal	Nível Projeto Ultrapassado
MV-7 Situação 1	26JUL01	0,120	17,0	0,007	0 = Normal	Nível Projeto Ultrapassado
	13SET06	0,125	16,3	0,008	0 = Normal	Nível Projeto Ultrapassado

Situação: 1 = Tipo Tubo (\* = ℓ); 2 = Tipo Tanque (\* = m);  
Nota: 0 = Normal; 1 = seco; 15 = Pingando/Sem Vazão/q<0,002 ℓ/s;

TABELA 3: UHE Euclides da Cunha  
Situação em Medidor de Vazão

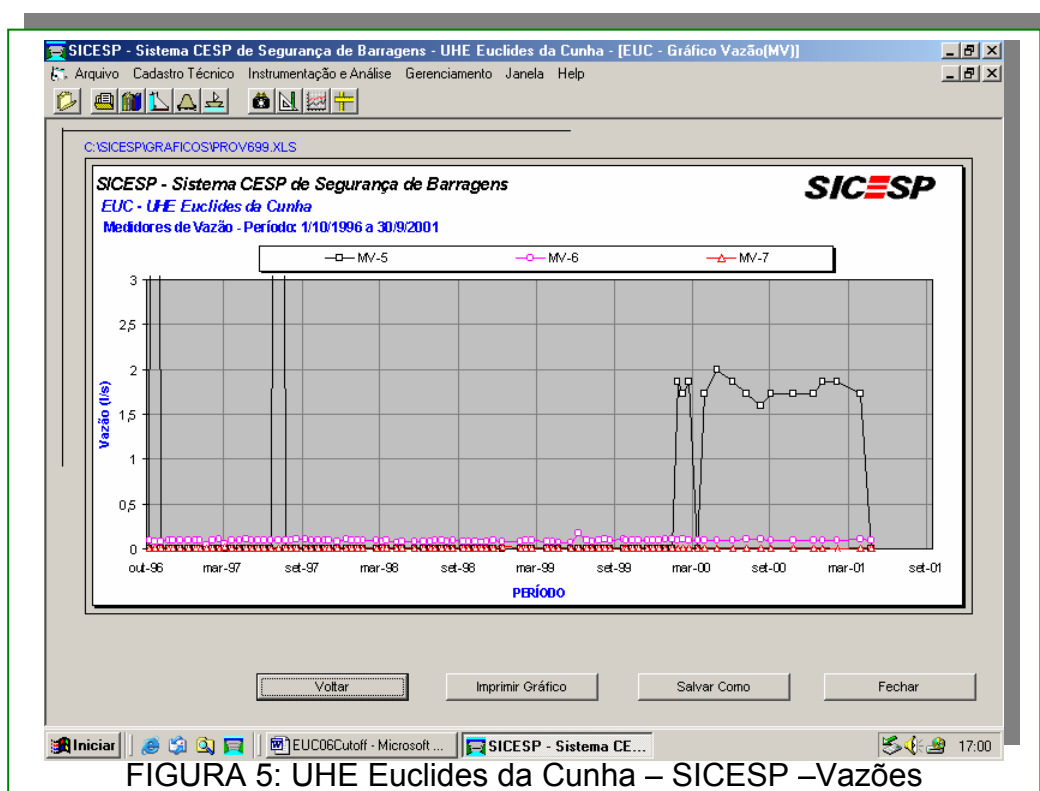


FIGURA 5: UHE Euclides da Cunha – SICESP –Vazões

#### 4.2.4 Piezômetro

Para controle de *subpressão* nas fundações da *Barragem de Terra* existem ainda, 16 (Dezesseis) *Piezômetros de Tubo* - PZ, instalados a partir da *Galeria do Cut-off*. Apenas 2 (Dois) são abertos, com '*Situação de Leitura "1" – Medida com Pio*', numerados 'PZ-27 e PZ-38'. Os outros, são fechados, '*Situação de Leitura "3" – Medida com Manômetro*', numerados 'PZ-25, PZ-26, PZ-28 a PZ-37, PZ-39 e PZ-40' (sendo que os dois últimos foram instalados em furos de *Drenos DR-239 e DR-240*).

Tal distribuição não favorece a análise de influência da galeria, haja vista o espaçamento longitudinal e também a acentuada diferença de cotas de instalação (provavelmente, objetivando monitorar separadamente, feições diferentes).

Os *Piezômetros de Tubo* de números PZ-25, PZ-26, PZ-28, PZ-30 a PZ-32, PZ-34, PZ-36 e PZ-37, são inclinados para montante. E os PZ-27 (na fundação, sob trecho horizontal do filtro no maciço remanescente), PZ-29 (no trecho horizontal do filtro no maciço remanescente), PZ-33 (no trecho horizontal do filtro no novo maciço), PZ-35 (no trecho horizontal do filtro no novo maciço) e PZ-38 (na fundação abaixo do trecho horizontal do filtro no novo maciço), são inclinados para jusante.

Instrumento No.	Estaca	Afastamento (m)	Cota Instalação (manm)	Cota Topo (manm)	Limite Projeto (manm)	OBS
PZ-25	12+05,64	-05,92	607,55	618,24	643,00	l/montante
PZ-26	10+18,83	-04,09	612,43	619,82	643,00	l/montante
PZ-27	10+13,19	-04,85	615,41	619,85	633,00	l/jusante
PZ-28	10+05,92	-02,16	611,14	619,97	643,00	l/montante
PZ-29	10+01,38	-02,82	616,89	620,01	633,00	l/jusante
PZ-30	10+01,12	-01,37	611,79	620,12	643,00	l/montante
PZ-31	09+15,89	-00,66	610,13	620,07	643,00	l/montante
PZ-32	09+09,45	00,96	610,34	620,14	643,00	l/montante
PZ-33	09+09,17	-00,45	610,57	620,10	633,00	l/jusante
PZ-34	09+03,48	02,35	612,66	620,37	643,00	l/montante
PZ-35	08+16,03	03,01	613,27	620,39	633,00	l/jusante
PZ-36	08+14,16	09,95	612,03	620,32	643,00	l/montante
PZ-37	07+19,77	10,31	617,12	620,74	643,00	l/montante
PZ-38	07+19,14	08,95	600,70	619,25	633,00	l/jusante
PZ-39	05+19,76	24,94	606,79	630,00	645,00	Vertical
PZ-40	05+13,19	28,52	611,77	633,51	645,00	Vertical

TABELA 4: UHE Euclides da Cunha  
Piezômetros de Tubo na Galeria do Cutoff

Ao se tentar observar semelhança de comportamento de *Piezômetros de Tubo* instalados por camada de interesse na fundação, pode-se realçar (em 30JUL01 e 13SET06):

- Na região da Cota 600 manm:  
PZ-38 = cota piezométrica 616,05 manm; e 617,05 manm.  
PZ-10 = cota piezométrica 612,86 manm; e 613,09 manm.
- Na região da Cota 610 manm, as cotas piezométricas indicam (Ver Tabela 5):  
PZ-6= 618,55 manm; e 618,05 manm.  
PZ-8, PZ-11 e PZ-17= 613,30; 612,80 e 613,23 manm; 613,48; 612,99 e 612,87 manm.  
PZ-16= 616,17 manm; e 616,25 manm.  
PZ-31 e PZ-32 = 638,67 e 638,66 manm; 638,97 e 639,06 manm.

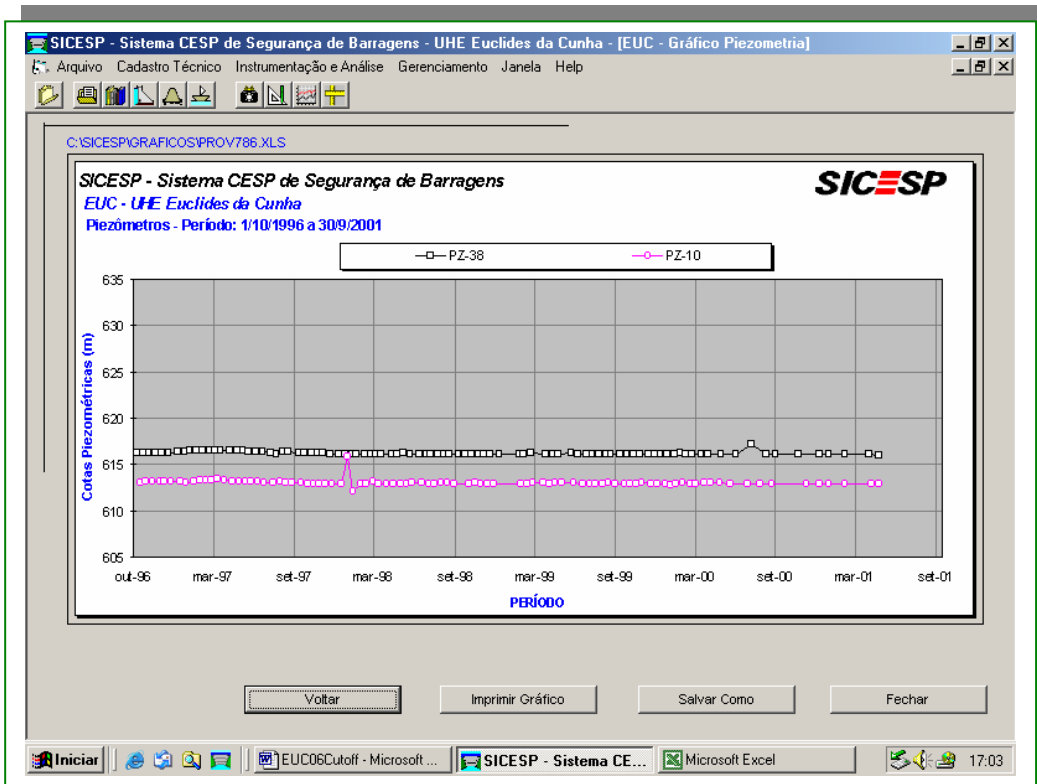


FIGURA 6: UHE Euclides da Cunha – SICESP – Cotas Piezométricas

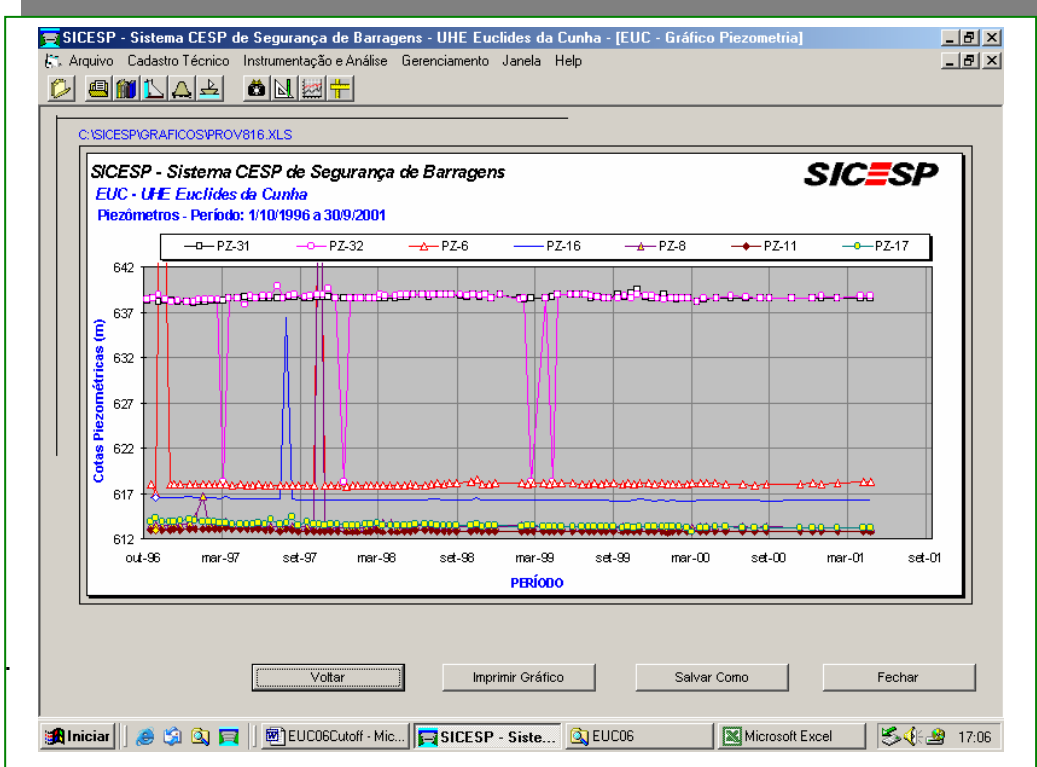


FIGURA 7: UHE Euclides da Cunha – SICESP – Cotas Piezométricas

PZ - No.	Sit.	Cota Instalação (manm)	Leitura (*)		Cota (manm) Piezométrica		Nota	OBS
			30JUL01	13SET06	30JUL01	13SET06		
PZ-6	1	610,10	49,52	50,02	618,55	618,05	0	Normal
PZ-8	1	609,53	39,96	39,78	613,30	613,48	0	Normal
PZ-10	1	601,00	29,22	28,99	612,86	613,09	0	Normal
PZ-16	1	609,17	36,41	36,33	616,17	616,25	0	Normal
PZ-17	1	609,94	23,26	23,62	613,23	612,87	0	Normal
PZ-25	3	607,55	149	152	634,48	634,78	0	Normal
PZ-26	3	612,43	165	167	637,55	637,75	0	Normal
PZ-27	1	615,41	173	148	618,15	618,34	0	Normal
PZ-28	3	611,14	173	1,56	638,48	638,48	0	Normal
PZ-29	3	616,89	152	153	636,43	636,43	0	Nível Projeto Ultrapassado
PZ-30	3	611,79	173	177	638,53	638,93	0	Normal
PZ-31	3	610,13	174	177	638,67	638,97	0	Normal
PZ-32	3	610,34	173	177	638,66	639,06	0	Normal
PZ-33	3	610,57	88	87	630,11	630,01	0	Normal
PZ-34	3	612,66	169	173	638,33	638,76	0	Normal
PZ-35	3	613,27	53	55	626,55	626,76	0	Normal
PZ-36	3	612,03	160	157	637,47	637,67	0	Normal
PZ-37	3	617,12	143	147	636,01	636,41	0	Normal
PZ-38	1	600,70	3,20	216	616,05	617,05	0	Normal
PZ-39	3	606,79	98	82	641,19	639,59	0	Normal
PZ-40	3	611,77	24	25	637,01	637,11	0	Normal

Situação de Medida com:

1 = Pio Elétrico (\* = m); 2 = Mangueira (\* = m); 3 = Manômetro (\* = kPa);

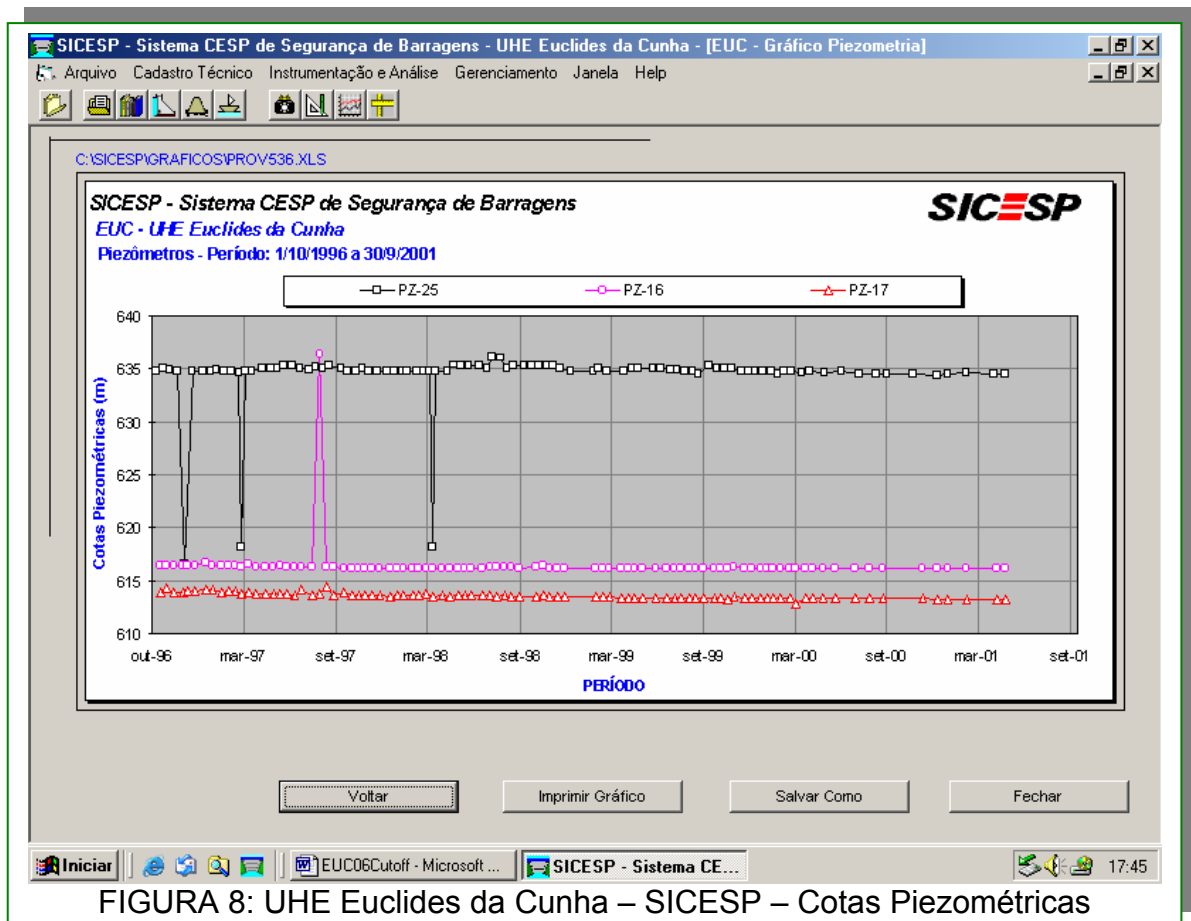
Nota: 0 = Normal; 1 = seco; 15 = Pingando/Sem Vazão/q<0,002 l/s;

TABELA 5: UHE Euclides da Cunha  
Piezômetros de Tubo na Galeria do Cutoff

## 5. COMENTÁRIOS COMPLEMENTARES

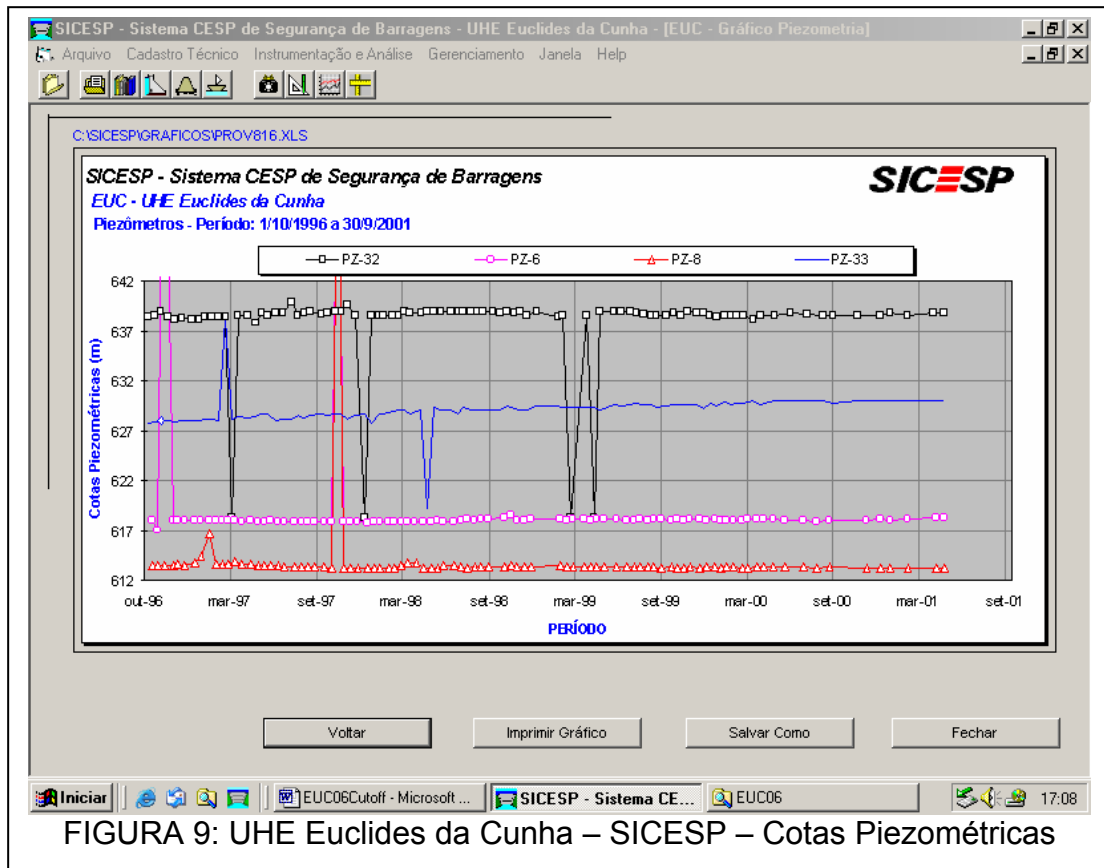
- Deve-se salientar que (provavelmente por se colocar, na fase de Projeto, o foco na preocupação com eventual inundação e eventuais dificuldades com instabilidade na Ombreira Direita), o acesso à *Galeria de Drenagem do Cut-off* está limitado ao poço de elevador, junto ao VS. A extensão em condição íngreme da escada na parte inicial cria dificuldade de remoção, caso a pessoa se acidente ou passe mal no interior da galeria. Foi instalado um sistema de proteção, usando-se cabo trava-queda, para melhoria das condições de movimentação de pessoal.
- Devem-se comentar ainda, os resultados insalubres de possível choque térmico, ao se sair do ambiente quente e abafado da galeria/poço de acesso, para o ambiente externo com temperatura mais baixa (principalmente no inverno).
- Existe dificuldade de se encontrar dados da filosofia de Projeto (original), além de detalhes do real objetivo da *Instrumentação de Auscultação* existente.

- Em alguns locais, pode-se verificar u'a sensível redução nas subpressão das fundações, em função da existência de cortina de injeção e do 'Cut-off', onde se pode incluir a própria posição da Galeria. É o caso da seção central, onde podem ser comparados (26JUL01 e 13SET06):
  - PZ-25 (galeria, inclinado para montante) = cota piezométrica 634,48 manm; e 634,78 manm.
  - PZ-16 (vertical, desde primeira berma) = cota piezométrica 616,17 manm; e 616,25 manm.
  - PZ-17 (vertical, desde segunda berma) = cota piezométrica 613,23 manm; e 612,87 manm.



Entretanto, a melhor condição de comparação ocorre com (26JUL01 e 13SET06):

- PZ-32 (galeria, inclinado para montante) = cota piezométrica 638,66 manm; e 639,06 manm.
- PZ-33 (galeria, inclinado para jusante) = cota piezométrica 630,11 manm; e 630,01 manm.
- PZ-6 (vertical, desde lance superior talude jusante) = cota piezométrica 618,55 manm; e 618,05 manm.
- PZ-8 (vertical, desde primeira berma) = cota piezométrica 613,30 manm; e 613,48 manm.





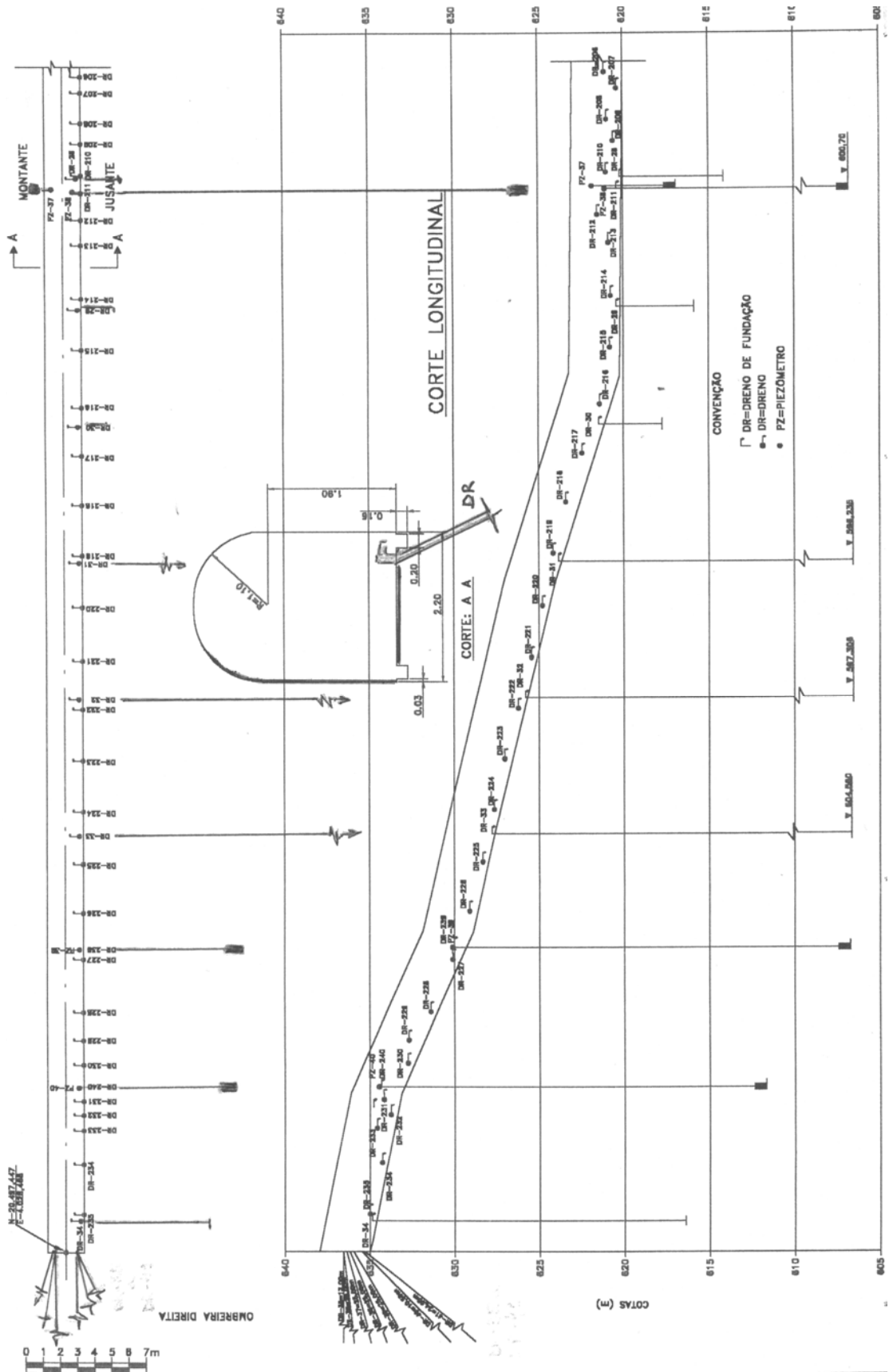


FIGURA 10: UHE Euclides da Cunha – Galeria do Cutoff – Locação de Instrumentos

## 6. CONCLUSÕES

- Note-se o grande valor de estrutura de concreto armado, para abrigar galeria de controle, garantindo a proximidade com as fundações e controle da *Auscultação em Barragens de Terra* (deixando-se de lado eventual aspecto negativo para a segurança de pessoal, devido à falta de antevisão na fase de Projeto).
- Uma vez que não devia ter originalmente essa finalidade, considera-se que a *Instrumentação de Auscultação* (do modo como foi projetada e instalada), não é a mais adequada para se visualizar a interferência da *Galeria de Drenagem do 'Cut-off'* no comportamento da percolação pelas fundações e conseqüentemente, da eficiência na redução da subpressão atuante. Mas, se podem inferir informações importantes para a *Segurança da Barragem de Terra Euclides da Cunha* e especular sobre aquela interferência.
- A *Réguia Limnimétrica* instalada a jusante do aterro, para permitir o controle de *Nível d'Água Jusante*, nos estudos de comportamento, está cadastrada como *Medidor de Nível d'Água - NA*, com medição efetuada nas mesmas datas de *Leitura* dos instrumentos do aterro. Isso é necessário, pois os valores oficiais de *Nível d'Água Jusante*, são obtidos na saída das máquinas (na *Câmara de 'Stoplogs'*) e não refletem o *Nível d'Água* existente ao pé do talude jusante da *Barragem de Terra* (afastada para a esquerda e em cota superior).

## 7. AGRADECIMENTOS

Os autores externam seus agradecimentos à AES Tietê S A, nas pessoas do Eng. José Olegário de Noronha Motta e do Eng. Roberto Sattamini, pela oportunidade de preparar este Trabalho, bem como divulgar os dados aqui incluídos.

O apoio dos Sr. Celso Barbosa Nascimento, Valter Victor de Souza, Rafael de Campos Andrade no desenvolvimento das atividades de campo é aqui reconhecido.

E também são documentados os agradecimentos ao estagiário Fernando K. Juliano, que contribuiu na preparação de tabelamento de dados da *Instrumentação de Auscultação* existente.

## 8. PALAVRAS-CHAVE

Barragem – Euclides Da Cunha – Cut-Off – Galeria - Instrumentação.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] "Brazilian dam failures: a preliminary report" (1977) – *Water Power and Dam Construction*, pages 51-53, London, UK.
- [2] KUTZNER, C. (1982) – "The Value of Inspection Galleries", *Water Power & Dam Construction*, pages 78-84, London, UK.

- [3] MORAIS LEME, C. R. & SORREGOTTI, C. (1983) – “Euclides da Cunha”, Simpósio Sobre a Geotecnia da Bacia do Alto Paraná, Anais, Cadastro Geotécnico das Barragens da Bacia do Alto Paraná pág.203-220, ABMS, ABGE, CBMR, SP.
- [4] OLIVEIRA LEMOS, F. & MACHADO DO VALE, J. (1997) – “Culverts Buried in Earthfill Dams. Some Cases and Problems”, Congresso de Grandes Barragens, 19, Q.73 R.28, ICOLD, Florença, IT.
- [5] SILVA GOMES, A. (1991) - "O Papel das Galerias no Tratamento e na Observação das Fundações das Barragens de Aterro". Congresso Nacional de Geotecnia, 4o., Lisboa, LNEC, vol 2, p. 113-125.
- [6] SIQUEIRA, G.Q. (1978) – “As Lições do Pardo”, Seminário Nacional de Grandes Barragens, XII, pág. 137-170, São Paulo, SP.
- [7] SILVEIRA, J. F. A. (2006) – “Instrumentação e Segurança de Barragens de Terra e Enrocamento”, Oficina de Textos, São Paulo, SP.
- [8] TREIBER, F & BRETH, H. (1953) – "The Result of Earth Pressure Measurements Taken so far at the Concrete Apron of the Earth Dam at Rossaupten (up to September 1953)", (tradução para Inglês) in Die Bautechnik, vol.30, p.304-306, Fol.12 Dec 1953.