

## 5 Descrição das seções instrumentadas

Duas seções do muro de solo reforçado foram instrumentadas para avaliação de deformações e recalques durante e após a construção. As seções referidas são a E20+15 e a E33+12. A Figura 92 representa a parte do dique nas proximidades das seções instrumentadas.

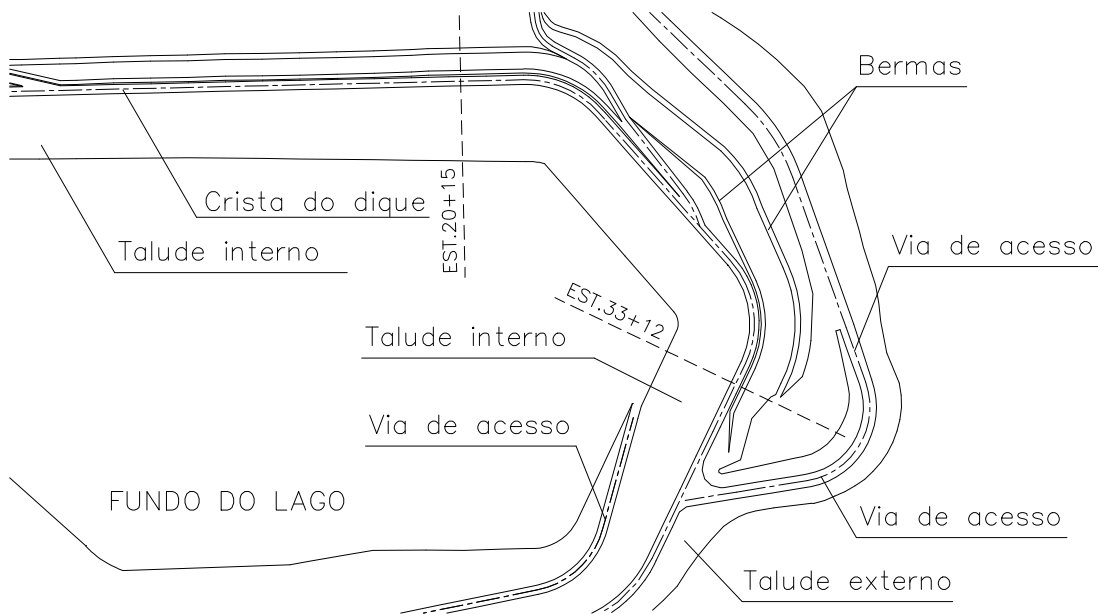


Figura 92 - Planta parcial do depósito de resíduos de bauxita DRB#7.

A instrumentação foi projetada para acompanhar os deslocamentos verticais e horizontais do muro e dos reforços, provocando a menor interferência possível na construção do muro.

Em cada seção instrumentada foram monitorados os deslocamentos horizontais de três camadas de geogrelha por meio de *tell-tales*.

Foram instrumentadas as camadas de geogrelha localizadas a 40, 190 e 370cm de altura em cada seção. Nas duas camadas inferiores foram empregados seis *tell-tales* em cada geogrelha e na camada superior foram empregados oito. O *tell-tale* consiste de um fio de aço ligado à geogrelha por uma presilha. O fio é

levado para fora do muro através de um tubo de PVC com diâmetro de 12mm, evitando o atrito com o solo.

Os deslocamentos deste fio, fora da estrutura, correspondem aos movimentos do ponto de fixação. Os tubos de PVC dos *tell-tales* passam por baixo da sacaria e da geogrelha, levando o fio até próximo do ponto de fixação na grelha. Há um trecho de fio livre entre o ponto de fixação e o tubo de, aproximadamente, 10cm. A Figura 93 apresenta o conjunto de *tell-tales* recém instalados de uma geogrelha do muro.

A extremidade externa do tubo situa-se na face do muro e o fio prossegue horizontalmente até uma roldana. As roldanas correspondentes aos vários fios de uma camada de geogrelha são fixadas por um eixo preso na estrutura de suporte do equipamento de leitura.

Esta estrutura eleva-se em frente ao muro de solo reforçado e foi chumbada em uma canaleta de drenagem em concreto armado, rígida, longa e pesada, moldada in loco. A Figura 94 apresenta o aspecto da concretagem e a Figura 95 apresenta o detalhe da fixação da base da estrutura.

Para reduzir os custos e satisfazer os requisitos de segurança da obra, a estrutura foi construída com painéis metálicos de andaime encaixados, ao invés de perfis soldados, e vedada com placas de madeira compensada.

Após a roldana, há um comprimento vertical de fio de aproximadamente 0,5m tensionado por um peso de 6N preso na extremidade. O movimento do *tell-tale* é medido acompanhando-se o deslocamento de um marcador preso a este trecho vertical, sobre uma régua graduada em milímetros. A Figura 96 apresenta a estrutura após a conclusão do muro, durante um teste de sobrecarga realizado na seção E33+12. O pequeno abrigo em frente à estrutura serve para proteger os tubos plásticos de leitura das “caixas suecas”.



Figura 93 - Disposição dos *tell-tales* na geogrelha e vista da estrutura de suporte do equipamento de leitura na face do muro reforçado.



Figura 94 - Canaleta de drenagem recém concretada com os primeiros painéis de andaime já posicionados.



Figura 95 - Detalhe da fixação da base da estrutura na canaleta a ser concretada.



Figura 96 - Teste de sobrecarga realizado na seção E33+12, no muro já concluído.

Os deslocamentos verticais e horizontais da face do muro e de sua crista foram monitorados por topografia, mediante a instalação de marcos superficiais. O marco superficial consiste de um tubo de PVC de 50mm de diâmetro e 30cm de



comprimento preenchido com argamassa. Na extremidade deste tubo encontra-se um prego galvanizado, firmemente preso pela argamassa. A ponta do prego é a referência para a mira do aparelho de topografia. Foram instalados cinco marcos em cada seção, sendo três na altura dos *tell-tales* e dois intermediários. A Figura 97 apresenta o marco topográfico já instalado na face do muro.



Figura 97 - Marco topográfico instalado na face do muro, entre duas camadas de sacaria.

Os levantamentos topográficos dos marcos foram realizados periodicamente durante a construção do muro pela equipe de topografia da Fiscalização da obra. O processo de medição é esquematizado na Figura 98. Com a estação no ponto fixo A (PA) faz-se uma visada em direção ao ponto fixo B (PB) e depois mede-se o ângulo “ $\alpha$ ” entre os segmentos de reta PAPB e PAMi, sendo Mi o marco topográfico i. O deslocamento horizontal perpendicular à face, desde a primeira medição é:

$$u_i = PAM_i \cdot \text{sen } \alpha_t - PAM_i \cdot \text{sen } \alpha_o \quad (5.1)$$

Onde:

- $u_i$ : deslocamento da face na altura do marco i, no instante t;
- PAMi: distância horizontal entre o ponto fixo A e o marco topográfico i;
- $\alpha_t, \alpha_o$ : ângulos atual e inicial entre os segmentos de reta PAPB e PAMi.

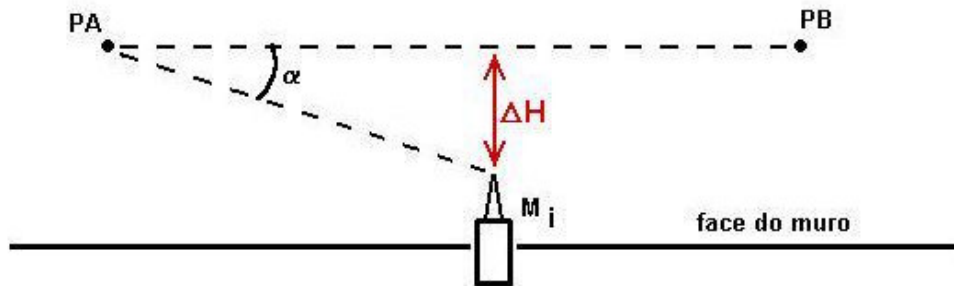


Figura 98 - Procedimento de medição dos deslocamentos da face por topografia.

Os deslocamentos verticais da base do muro foram monitorados por meio de caixas suecas.

Este tipo de instrumento, apresentado na Figura 99, consiste de uma caixa metálica hermética enterrada em um ponto de interesse da massa de solo.

Existem três tubos dentro da caixa: um dreno, um tubo de medida e um suspiro. Os tubos são ligados por mangueiras flexíveis ao exterior da massa de solo.

Para efetuar a medição, completa-se cuidadosamente o nível d'água do tubo medida e observa-se a cota em que ocorre a estabilização, considerada igual à cota de extravasamento da ponta aberta dentro da caixa. A pressão interna da caixa é mantida igual à atmosférica pelo suspiro e o dreno impede que a caixa fique cheia de água.

Desta forma, se ocorrer algum recalque na caixa, a cota de estabilização do nível do tubo de medida, fora da massa de solo, também descera, indicando o valor do recalque ocorrido.

A Figura 100 apresenta os esquemas de fixação dos *tell-tales* às geogrelhas, com as distâncias referenciadas à face do muro. Na Figura 101 é apresentada esquematicamente a distribuição dos instrumentos nas seções estudadas.



Figura 99 – Detalhes da caixa sueca: a) vista dos três tubos no interior da caixa e b) vista da tampa metálica e parafusos.

A Tabela 11 apresenta os instrumentos de cada seção e o quantitativo total para as duas seções estudadas.

Tabela 11 - Instrumentos empregados no monitoramento do muro de solo reforçado.

<b>Instrumento</b>	<b>Localização</b>	<b>Quant. por seção</b>	<b>Quant. total</b>
<i>Tell-tale</i>	Geogrelha de h = 40cm	6	40
	Geogrelha de h = 190cm	6	
	Geogrelha de h = 370cm	8	
Marcos Topográficos	Face do muro, em 5 alturas diferentes	5	10
Caixa sueca	Abaixo da primeira camada do muro	3	6

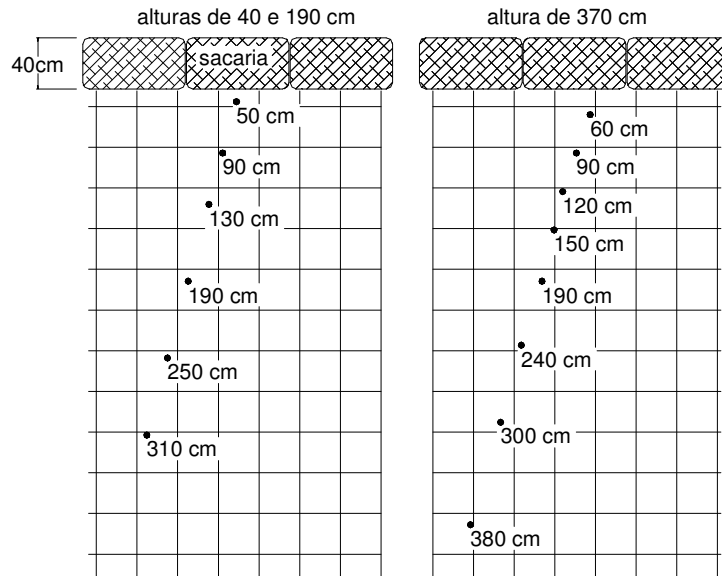


Figura 100 - Posicionamento dos *tell-tales* nas geogrelhas, com distâncias referenciadas à face do muro.

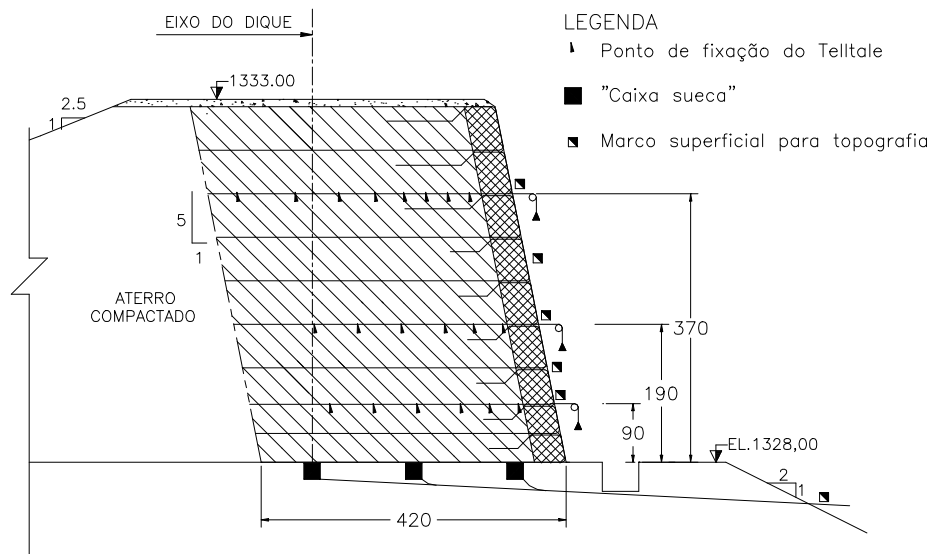


Figura 101 - Seção transversal instrumentada com *tell-tales*, marcos superficiais e caixas suecas.