

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS

PMI- 500 - TRABALHO DE FORMATURA

INSTRUMENTAÇÃO EM BARRAGENS DE REJEITO



Prof. orientador: Lindolfo Soares
Aluno: Ricardo Moreno Rachel

2000

TF-2000

R114i

1420861



BARRAGENS DE RELEIOS
INSTRUMENTAÇÃO EM

M2000B

DEDALUS - Acervo - EPMI



31700005428

Índice

Introdução	2
Barragens de rejeito - definição	4
Métodos construtivos	4
Método de Montante	4
Método de Jusante	5
Método da linha de centro	6
Principais problemas das barragens de rejeito	6
• Método de montante	6
• Método de jusante	6
• Método da linha de centro	6
Comparação entre os volumes usados em alteamentos das barragens de rejeito	7
Principais causas de ruptura do barramento	7
Instrumentação	11
Objetivos da instrumentação	12
Escolha dos instrumentos	12
Custos	13
Instrumentos	14
Piezômetros	14
Inclinômetros	16
Extensômetros	17
Células de pressão total	20
Consolidômetros	21
Coleta de dados	22
Interface de comunicação	23
Interpretação dos dados	24
Conclusão	24
Bibliografia	25

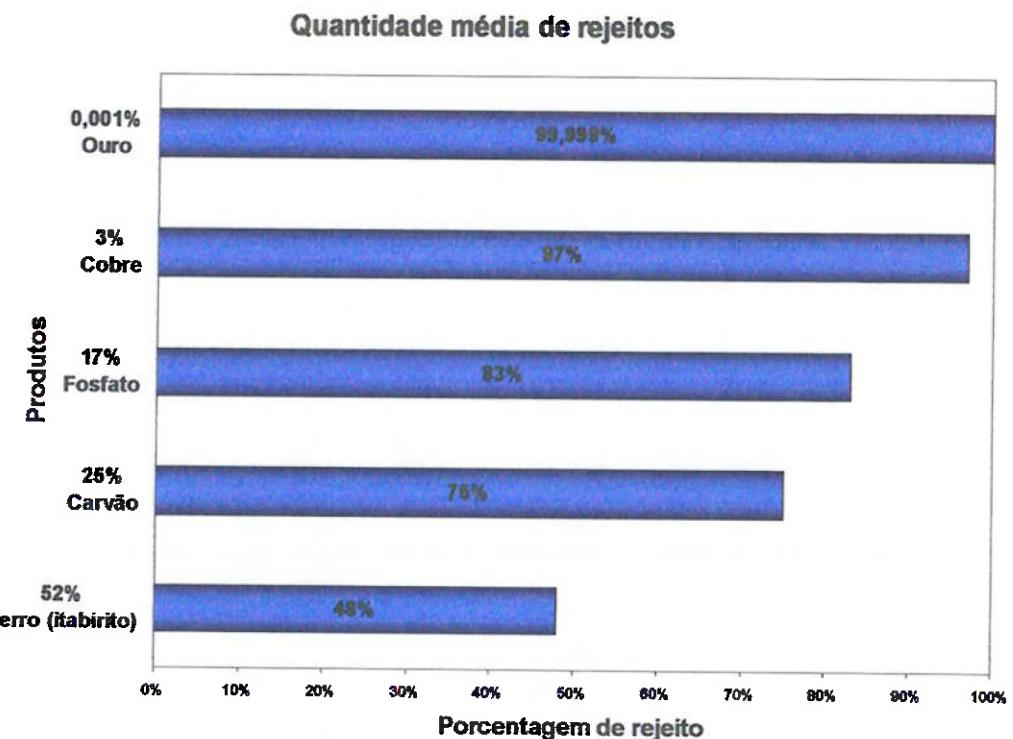
Introdução

Os empreendimentos em mineração são de longa duração: tanto a implantação que pode levar alguns anos para se concretizar, quanto a operação que pode ocorrer por dezenas de anos ou séculos. As minas de ouro lavradas atualmente pela Morro Velho, por exemplo, tem registros de lavra desde o século IIXX. Os depósitos levam milhões de anos para se formar, com isso há um natural esgotamento dos bens minerais de interesse ao desenvolvimento social. A necessidade de determinados minerais induz ao desenvolvimento de processos de extração e beneficiamento que viabilizem tais jazidas. Como é o caso do ouro que vem sendo lavrado a teores de 9 ppm (9 g de ouro para cada tonelada de minério) ou o cobre a 3 % (30 kg para cada tonelada de minério). Para se ter uma idéia melhor da dimensão do volume de rejeito gerado pela mineração, pode-se imaginar uma corrente de ouro que pesa 20 g. Para produzir o metal desta jóia, atualmente, é gerado mais de 2 toneladas de rejeito. A mina Cuiabá da Mineração Morro Velho Ltda. é responsável pela produção de 6,5 t de ouro por ano com teor médio de 8 g/t gerando mais de 800 mil toneladas de rejeito anualmente.



Foto da barragem de rejeito da Morro Velho e a usina de beneficiamento do Queirós

Abaixo estão listados alguns minérios com as respectivas porcentagens médias de rejeito gerado.



Fonte: Abrão (1987) modificado

Como geralmente os minerais estão associados aos estéreis há necessidade da quebra deste vínculo, o que é feito através da quebra do minério em fragmentos até que ocorra a liberação do mineral útil. Isso ocorre em geral em partículas menores do que 10 mesh (2 mm).

Além disso para separar o mineral útil do rejeito, muitas vezes, há a necessidade de se utilizar determinados reagentes para alterar suas características físico-químicas. Por exemplo, na flotação, os reagentes agem mudando características superficiais das partículas, tornando-as hidrofóbicas ou hidrofílicas, podendo assim separar o material útil dos rejeitos.

Com base no que foi colocado acima podemos formar uma imagem dos rejeitos da mineração:

- grandes volumes;
- material finos e angulosos;
- muitas vezes com produtos químicos que podem contaminar meio ambiente;
- material sob a forma de polpa (mistura de partículas e água em diferentes porcentagem de sólidos).

Daí podemos ver que torna-se um grande problema a disposição dos rejeitos de mineração.

Antigamente em muitas minas esses rejeitos eram jogados em uma área próxima a usina sem qualquer cuidado ambiental, gerando assoreamento de córregos e espelhos d'água, contaminação do freático e águas superficiais, além de uma série de outros problemas ambientais. Com a pressão dos órgãos ambientalistas e das leis mais severas, passou-se então a controlar melhor essa disposição. As principais formas de deposição são em pilhas (materiais sólidos) e em reservatórios (polpa) criados pelo próprio processo de exploração, por escavação feitas com esse propósito ou por barragens. Este trabalho limita-se a abordar os principais problemas relacionados a implantação

e abandono de barragens de contenção de rejeitos e a instrumentação pertinente.

Barragens de rejeito - definição

As barragens de rejeito são estruturas lineares construídas em vales de forma a gerar uma bacia onde são dispostos os efluentes da mina. Como citado anteriormente, estes rejeitos são compostos por uma mistura de sólidos e água (polpa), além de poderem conter produtos tóxicos (ácidos, bases, sais, etc.) acrescentados durante o processo de beneficiamento. Os sólidos são formados por partículas em diversos tamanhos.

Buscando a minimização de custos, procura-se sempre que possível construir os barramentos com o material mais grosso que compõe o rejeito. Este material é separado do material fino através da ciclonagem, ou através do simples lançamento, onde ocorre uma separação devida ao processo de segregação e sedimentação.

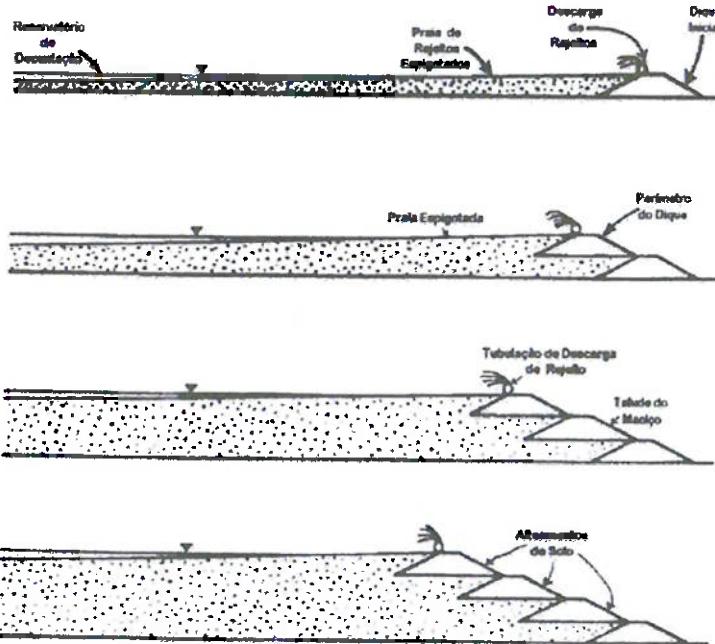
Métodos construtivos

Existem basicamente três formas de alteamento da barragem de rejeito, quanto ao deslocamento de seu eixo: método de montante, método de jusante e método da linha de centro.

Inicialmente constroi-se um dique (dique de partida), geralmente, com estéril e/ou terra compactada, para que com o início do processo o reservatório esteja pronto para receber o rejeito gerado e armazenar água para as operações de beneficiamento. Ao iniciar-se a disposição dos rejeitos no reservatório, inicia-se também o alteamento da barragem, que trata-se de um processo contínuo.

Método de Montante

O eixo da barragem com o decorrer dos alteamentos desloca-se à montante do dique inicial. Ou seja, os alteamentos são construídos sobre o material lançado hidráulicamente e isso torna esse método o menos seguro, porém pelo menor volume de material necessário ao alteamento é o de menor custo e portanto o mais usado. Devido ao crescente número de acidentes ocorridos em barragens construídas usando tal método, este vem perdendo espaço para os outros métodos de alteamento.

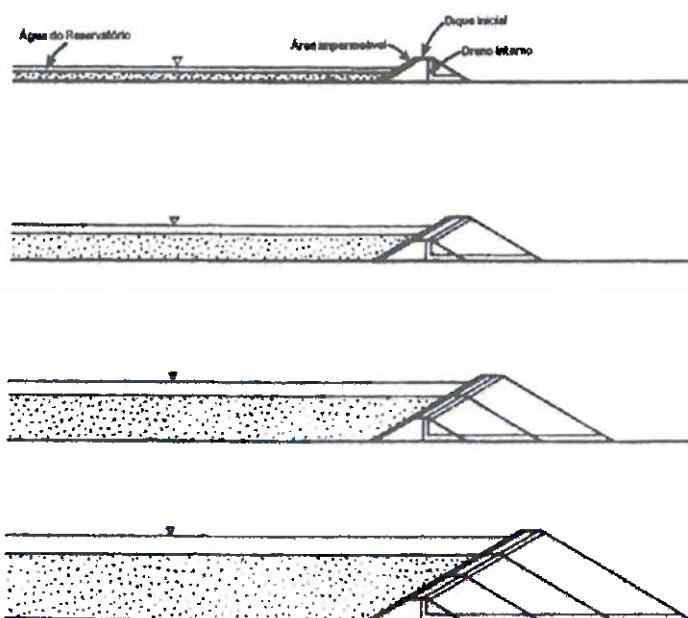


Fonte: Vick (1983) modificado apud VÁSQUEZ ARNEZ

Método de Jusante

Neste método o eixo da barragem desloca-se à jusante. Devido ao fato dos alteamentos serem construídos sobre o material de alteamentos anteriores e sobre o terreno natural, tem-se a possibilidade de compactação do aterro e a consequente obtenção de maior segurança, elevando, porém, o custo.

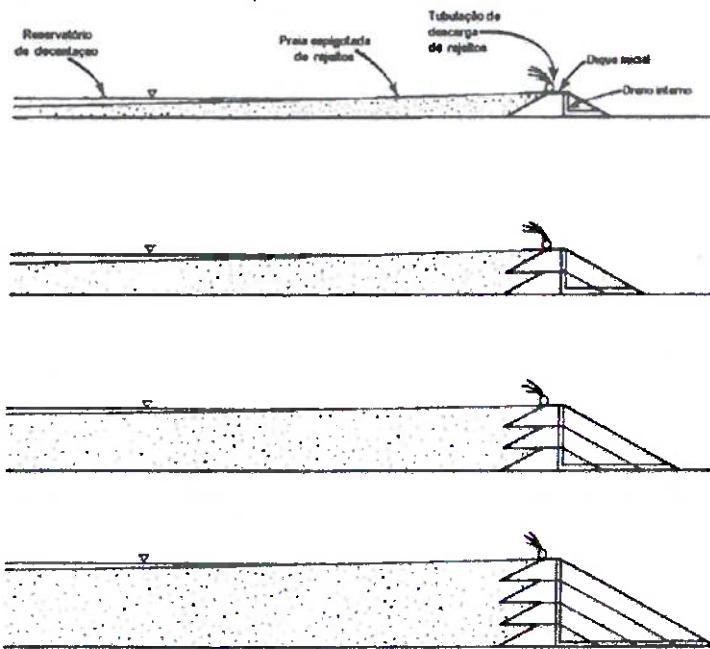
O método de jusante possibilita a impermeabilização do talude de montante e a construção de filtro para captação da água que eventualmente percole para o maciço.



Fonte: Vick (1983) modificado apud VÁSQUEZ ARNEZ

Método da linha de centro

O eixo da barragem não se desloca em relação ao dique de partida. É um método com custo intermediário, assim como todas as outras características.



Fonte: Vick (1983) modificado apud VÁSQUEZ ARNEZ

Principais problemas das barragens de rejeito

- Método de montante

Nas barragens de montante há uma maior probalidade de instabilidade de taludes devido à presença de finos não adensados próximo ao corpo da barragem.

Devido à baixa compacidade do material há maior probalidade de rompimento por liquefação.

- Método de jusante

Não há possibilidade de revegetar os taludes de jusante, o que pode ser feito no método de montante. A vegetação protege os taludes da erosão.

Como o método envolve grandes volumes e a barragem é construída com o material mais grosso, há necessidade de um estudo detalhado para que sempre haja material de alteamento.

- Método da linha de centro

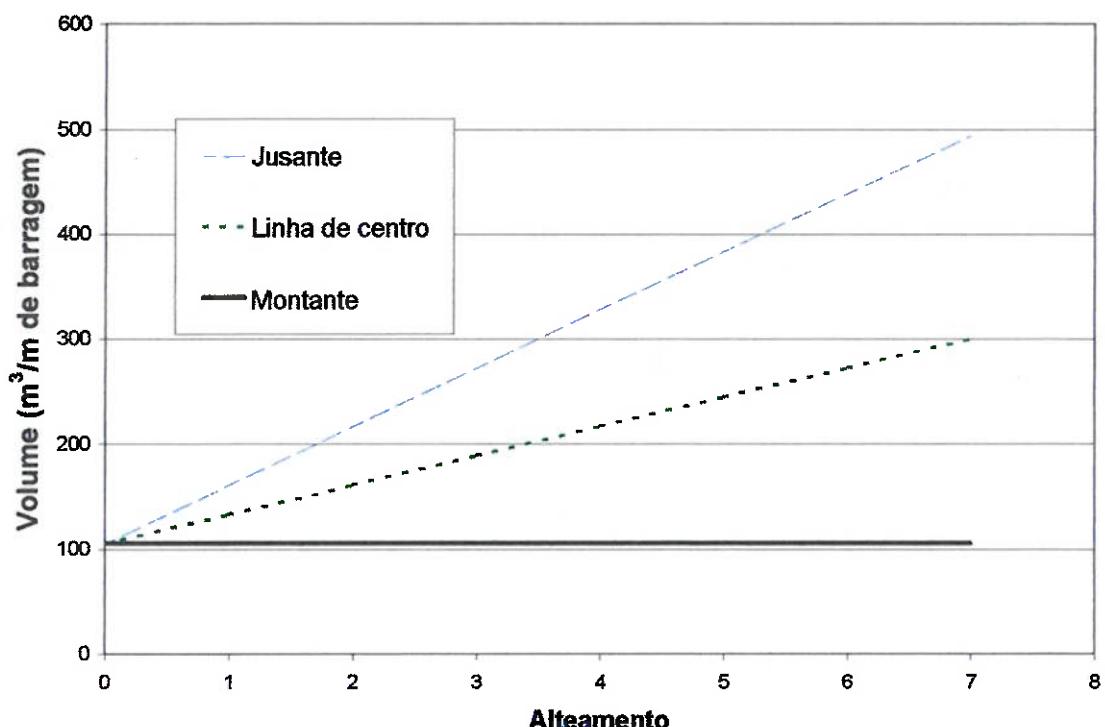
Assim como no método de montante não há possibilidade de compactação do material de alteamento que se encontra sobre o material lançado hidráulicamente, ou seja a região à montante do eixo da barragem. A região a jusante do eixo é compactada.

Não há possibilidade de impermeabilização do talude de montante, porém pode ser construído filtro de drenagem.

Comparação entre os volumes usados em alteamentos das barragens de rejeito

Um dos fatores que tem grande influência no custo de alteamento do barramento é o volume de material utilizado. Abaixo encontramos um gráfico do volume de material necessário ao alteamento em função do número de alteamentos realizados. Os valores utilizados para o cálculo são:

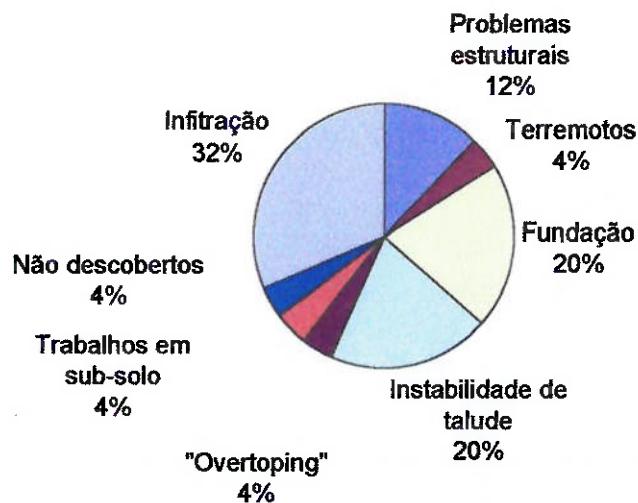
- largura da berma superior = 10 m;
- altura do dique inicial = 5 m;
- angulo do talude = 42º.



Principais causas de ruptura do barramento

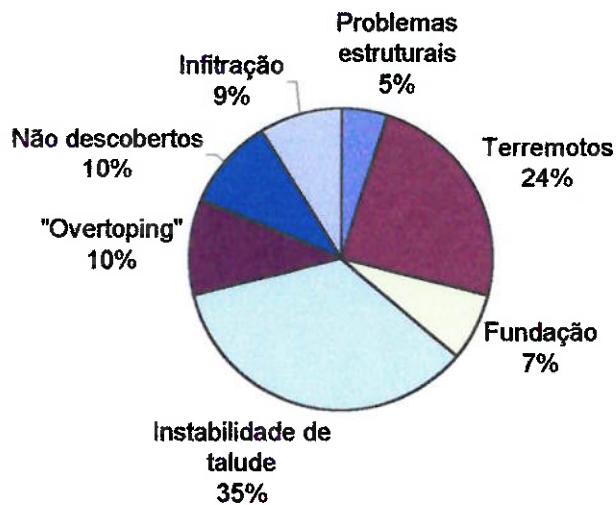
Abaixo estão apresentadas as principais causas de rupturas em barragens de rejeitos de todos os métodos de alteamento com as respectivas distribuições percentuais. Mais abaixo em um segundo gráfico apresentamos as principais causas de ruptura em barragens que foram construídas pelo método de montante:

Causas de ruptura - Todos os métodos contrutivos



Fonte: Martin and Davies (2000) modificado

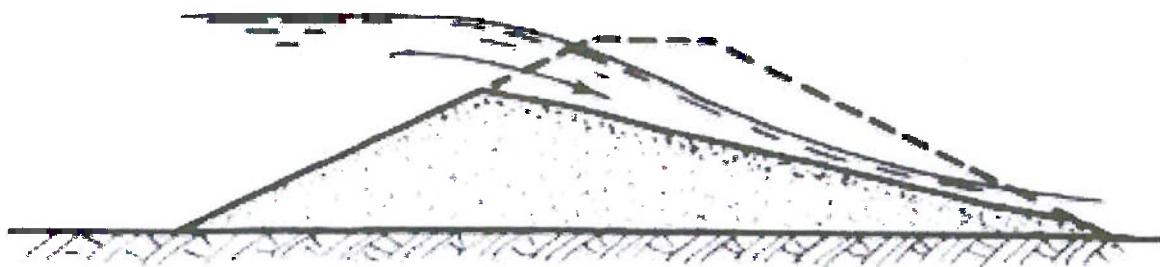
Causas de ruptura - Método de Montante



Fonte: Martin and Davies (2000) modificado

Apresentamos a seguir uma breve descrição dos principais problemas ocorridos em barragens de contenção de rejeito alteadas pelo método de montante.

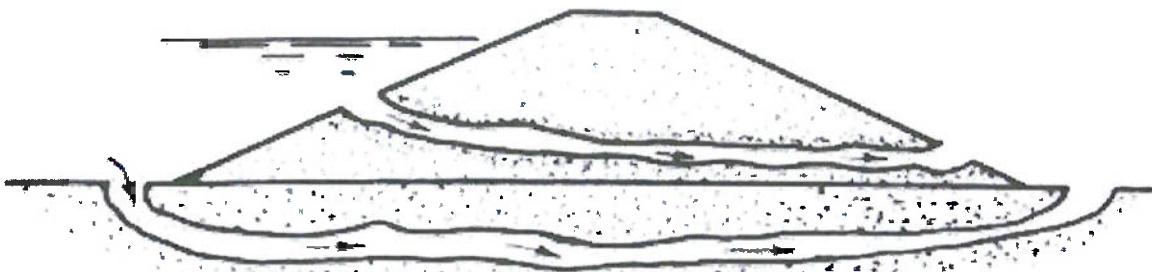
"Overtopping"



Fonte: ENGINEERING FOUNDATION CONFERENCE ON SAFETY OF SMALL DAMS (1974) modificado

A água, devido à pequena inclinação das praias, pode mais facilmente passar por cima do barramento, carreando o seu material de construção. A altura da borda livre deve ser suficiente para que a água proveniente das chuvas que alteiam o nível do reservatório e as ondas que se formam não consigam sobrepor o barramento.

"Piping"



Fonte: ENGINEERING FOUNDATION CONFERENCE ON SAFETY OF SMALL DAMS (1974) modificado

A infiltração por caminhos preferenciais pode causar o que é chamado de "piping", que seria a formação por erosão regressiva de um "tubo" devido ao carreamento de partículas finas pela força de percolação da água.

A altura do nível freático deve ser monitorada e controlada de forma a evitar que a água que chegue ao talude e ao piso de jusante tenha pressão que possa carrear material. Além disso devem ser coletadas amostras da água de percolação no talude de jusante. Essa água deve passar por uma análise de turbidez, para controle de partículas arreadas.

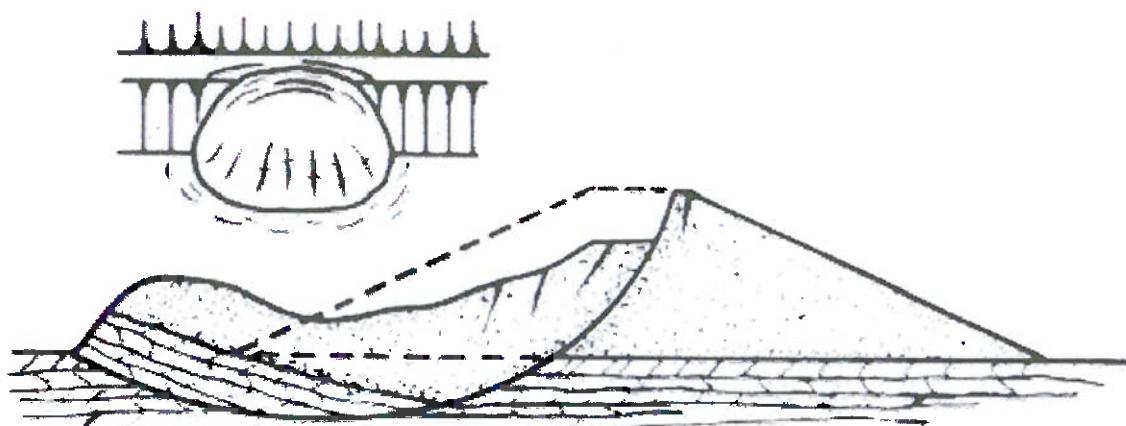
Problemas de fundação



Fonte: ENGINEERING FOUNDATION CONFERENCE ON SAFETY OF SMALL DAMS (1974) modificado

Fundações com diferentes módulos de deformabilidade podem causar deformações heterogêneas. A barragem, assim como qualquer aterro, sofre deformações. O importante é levar em consideração esse fato no projeto e prever soluções para o problema, tentando sempre minimizar os recalques diferenciais. Devido às grandes dimensões da obra e alto custo envolvido nas

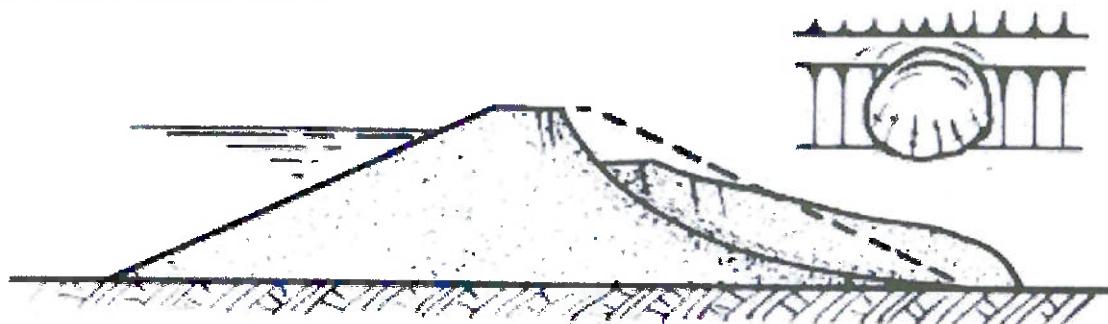
investigações geológicas de sub-superfície, estas acabam sendo insuficientes para o conhecimento mais detalhado das principais ocorrências geológicas e geotécnicas.



Fonte: ENGINEERING FOUNDATION CONFERENCE ON SAFETY OF SMALL DAMS (1974) modificado

Fraturas na fundação da barragem podem possibilitar a ruptura da barragem por “descalçamento” e/ou sua movimentação. Um estudo da direção de fraturas e acamamento deve ser feito, para que por ocasião da elaboração do projeto esse fator seja levado em consideração.

Instabilidade de taludes



Fonte: ENGINEERING FOUNDATION CONFERENCE ON SAFETY OF SMALL DAMS (1974) modificado

Na figura acima temos a ruptura do talude de jusante de uma barragem construída pelo método de jusante.

Devido ao fato dos alteamento ocorrerem pelo simples lançamento do material, e da impossibilidade de compactação, pelo excesso de umidade do material, rupturas dos taludes são muito frequentes.

Terremotos, vibrações causadas por detonações ou pela movimentação de equipamentos próximo ou na barragem e a alta velocidade de alteamento da barragem, causam rearranjo das partículas e consequentemente a expulsão da água contida nos interstícios. A água gera então uma pressão neutra que pode causar um empuxo sobre a partícula maior que seu peso, fazendo assim com que ela “flutue”. Esse efeito reduz muito a coesão do maciço, que pode fluir – isso é chamado de liquefação.

Instrumentação

A instrumentação envolve muitos fatores, desde a escolha dos instrumentos, compra, aferição e preparação, instalação, leitura, cálculos e avaliação dos resultados até a interpretação final dos mesmos.

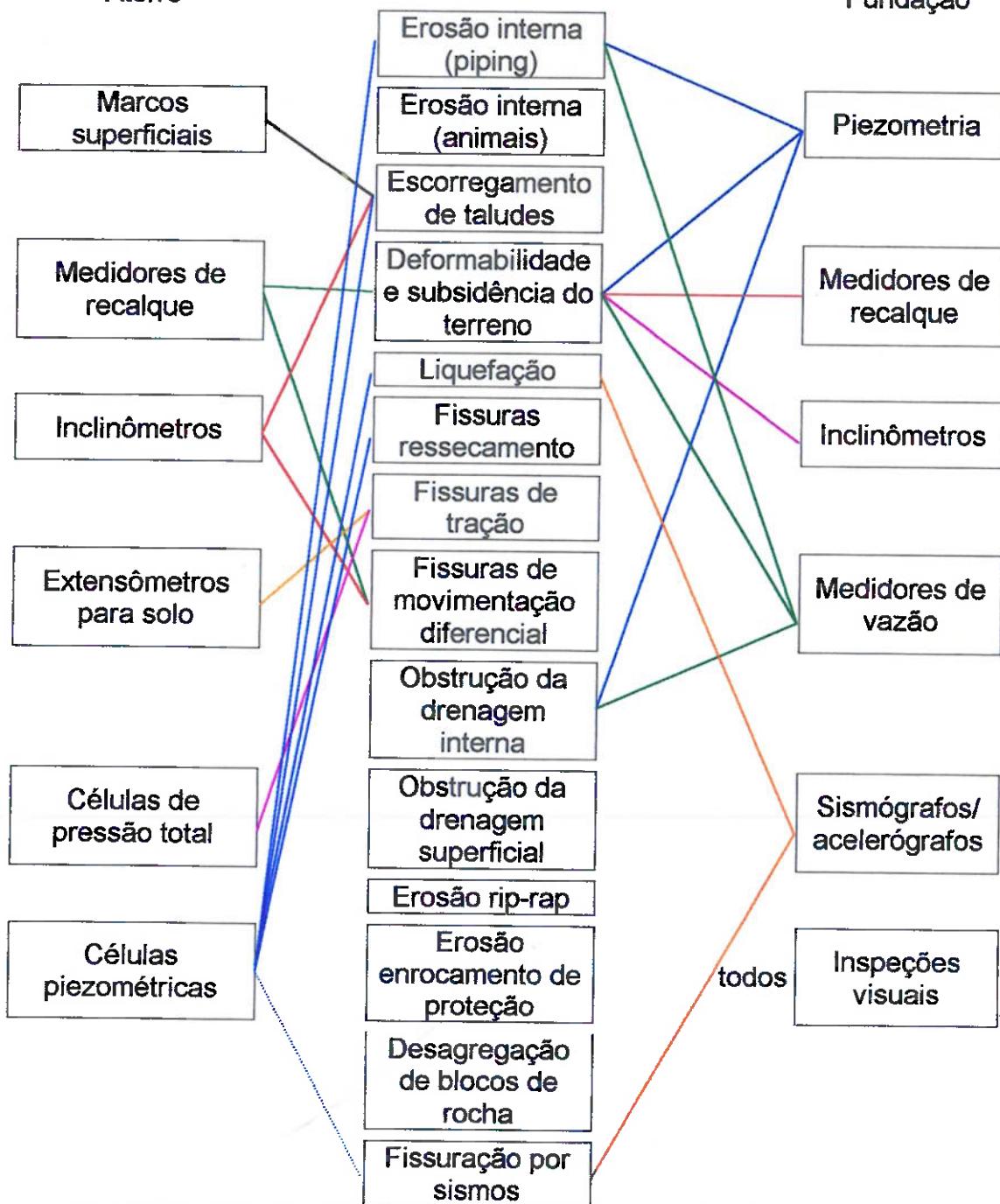
A instrumentação em barragens de terra e enrocamento é mais antiga e por isso conta com mais publicações a respeito do assunto. Apesar das diferenças significantes no método e no material de construção, a instrumentação utilizada é muito semelhante.

Abaixo apresentamos um quadro que correlaciona os principais problemas em barragens de terra e enrocamento, e a instrumentação indicada para detectá-los.

INSTRUMENTAÇÃO DE BARRAGENS DE TERRA - ENROCAMENTO

Aterro

Fundação



Fonte: Comitê Brasileiro de grandes barragens (1996) apud DELLATORRE, M.C.C.; GUILART, M. H. modificado

Objetivos da instrumentação

A instrumentação nas barragens de rejeito visa à segurança estrutural, ou seja, a estabilidade da barragem e a segurança ambiental, que busca evitar a contaminação das águas de superfície e subterrâneas e mudanças excessivas no nível freático regional.

O que devemos saber primeiro é o que medir, qual a instrumentação necessária e locais para sua instalação e como realizar as medições e interpretações.

- Medida de pressões d'água no corpo da barragem e em volta do reservatório de maneira a avaliar as subpressões e pressões neutras e os gradientes hidráulicos que podem se desenvolver durante e após a construção. Para tanto usamos os piezômetros.
- Medidas de adensamento. São usadas células de carga em várias posições e direções dentro do aterro. O objetivo é a partir das mesmas e das pressões neutras calcular as pressões efetivas.
- Medidas da grandeza dos recalques durante e após a construção, tanto na barragem como na fundação. Usando extensômetros e inclinômetros.
- Medidas de movimentos horizontais através de extensômetros e inclinômetros.
- Medidas de movimentos superficiais, não somente na crista, como também nos taludes e nos entornos do reservatório, usando marcos superficiais.
- Registros sísmicos na barragem e no reservatório. São usados registradores contínuos e interligados.

Escolha dos instrumentos

Devemos definir o que será medido: feito isso a escolha dos instrumentos será feita a partir da sua faixa de trabalho, da resolução, da precisão das medidas além é claro da análise de custos.

Devemos levar em conta os seguintes itens:

Confiabilidade - é o fator mais importante. Quando se tem um conjunto de dados é necessário que se tenha certeza de que os mesmos estejam certos.

Sensibilidade - pequenos movimentos, pequenas pressões devem ser medidas. No entanto, o fator mais importante é realmente a confiabilidade pois na maior parte dos casos, o que mais interessa são os valores relativos entre medidas.

Durabilidade - a manutenção dos instrumentos embutidos é praticamente impossível e o interessante é que as leituras se prolonguem por vários anos. Devem-se também analisar as condições a que ficam sujeitos os cabos dos instrumentos, atravessando materiais diferentes, materiais corrosivos, sujeitos a movimentos diferenciais, etc.

Facilidade e rapidez na leitura - a situação ideal seria aquela na qual houvesse um terminal central de leituras para todos instrumentos. A tendência é colocar todos os instrumentos on-line usando redes remotas.

Objetividade - os instrumentos devem ser dirigidos para o que se deseja medir, ou seja, não devem estar sujeitos a efeitos secundários que dificultem a interpretação das leituras.

Custos

Há três fatores que influenciam no custo total da instrumentação:

Custo dos aparelhos (~20% do custo das instrumentações)

Custo das instalações (~30%)

Custo do acompanhamento e da interpretação (~50%)

Em relação ao custo da barragem o custo da instrumentação é de cerca de 0,2 a 0,5%, tendo em grandes barragens um limite máximo de 1%.

A diferença de custo entre um instrumento de alta qualidade e um de baixa é geralmente insignificante, quando comparado com custos totais de implantação e monitoramento. Por exemplo o custo de um piezômetro é 10 a 20 vezes menor que os custos de escavação e preparação do furo para instala-lo.

Instrumentos

Piezômetros

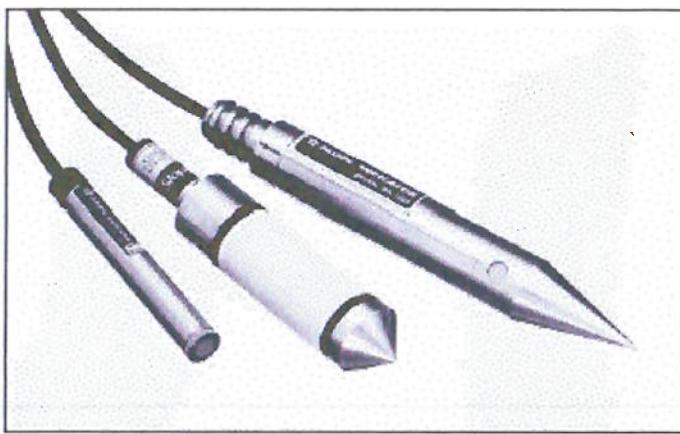


Fonte: SLOPE INDICATOR (2000)

São usados para medir a pressão d'água e para indicar o nível d'água.

Tipos de piezômetros

Piezômetro elétrico



Fonte: SLOPE INDICATOR (2000)

Converte a pressão d'água em uma frequência de sinal através de um diafragma, um fio de metal e uma bobina eletromagnética.

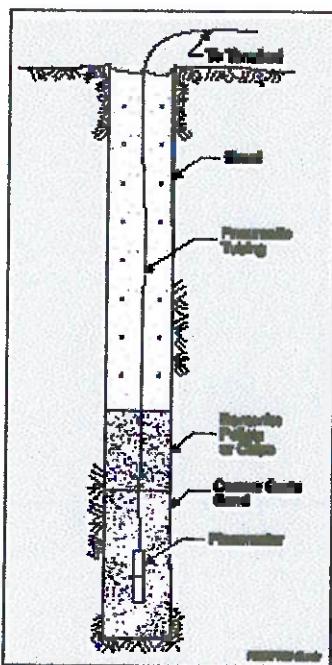
Uma mudança de pressão no diafragma causa mudança na tensão do fio, que vibra e induz um campo eletromagnético gerando assim um sinal através do fio. Por meio de um transdutor esse sinal é quantificado.

Vantagens:

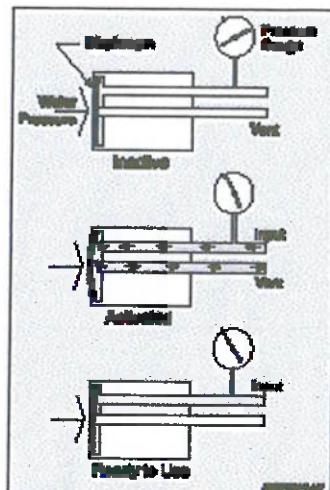
- Alta resolução;
- Alta precisão;
- Respostas rápidas;

- Transmissão do sinal a longas distâncias.

Piezômetro Pneumático



Fonte: SLOPE INDICATOR (2000)

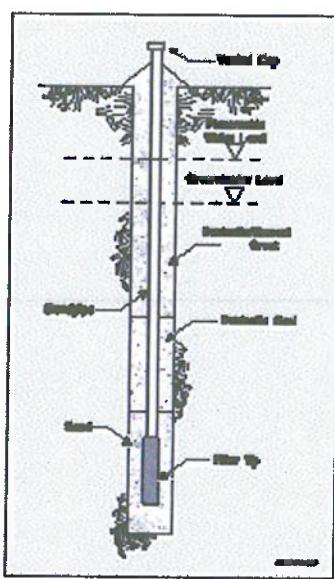


Fonte: SLOPE INDICATOR (2000)

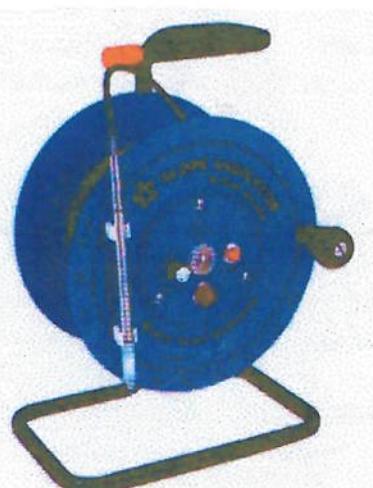
Os piezômetros pneumáticos são usados para medir a pressão d'água em solos saturados.

Nos momentos de leitura um coletor de dados é conectado à tubulação. Injeta-se nitrogênio até igualar-se a pressão, sabendo-se a pressão aplicada pelo instrumento de coleta de dados, sabemos a pressão d'água no solo.

Piezômetros de tubo aberto (Casagrande)



Fonte: SLOPE INDICATOR (2000)



Fonte: SLOPE INDICATOR (2000)

Usado para monitorar o nível d'água.

Consiste em um tubo que é instalado dentro de um furo de sondagem, que tem sua extremidade coberta por um filtro, de tal forma que o material

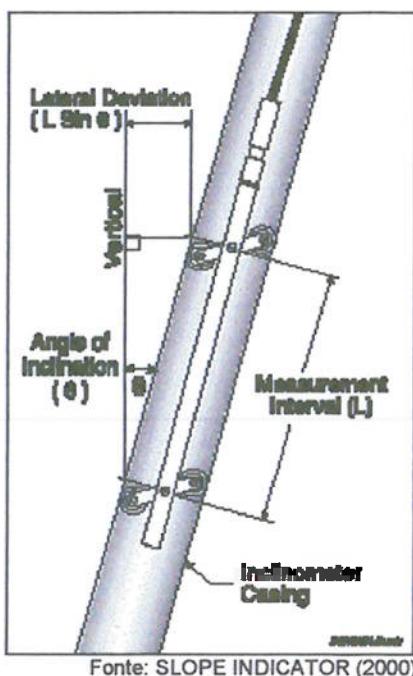
particulado não adentre o tubo. O furo de sondagem é revestido por areia de forma a permitir o fluxo da água, e sua estabilização em determinado nível. O nível d'água é obtido através da introdução de um simples cordão graduado ou de um aparelho, como o indicado na figura acima, que medem a distância entre a boca do furo e o nível da água.

Inclinômetros



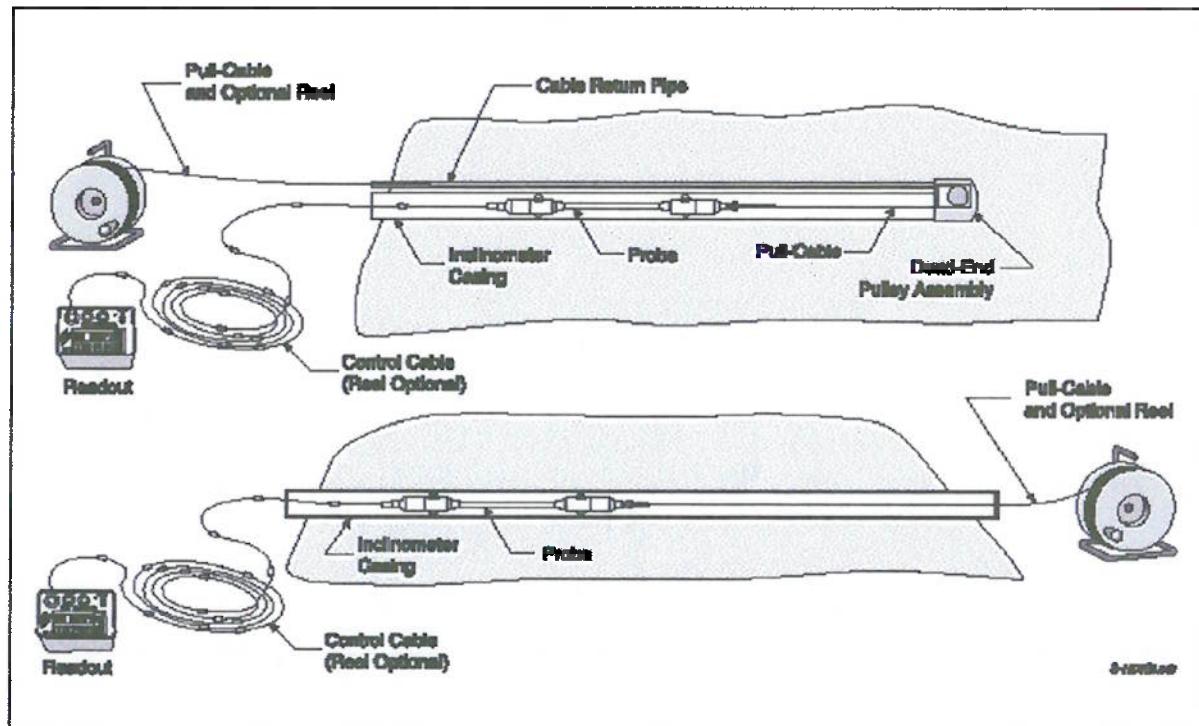
Fonte: SLOPE INDICATOR (2000)

São usados para monitorar as movimentações a que está sujeito o maciço. Inclinômetros em furos verticais são usados para monitorar deslocamentos laterais e



Fonte: SLOPE INDICATOR (2000)

inclinômetros horizontais são usados para monitorar movimentações nas fundações das barragens.



Fonte: SLOPE INDICATOR (2000)

O inclinômetro é inserido no tubo-guia e, no caso do inclinômetro vertical, é puxado para cima e em intervalos de comprimento são medidas as inclinações do tubo com a vertical. O tubo-guia possui ranhuras na direção do eixo da barragem e perpendicular à ela, podendo assim realizar a composição dos movimentos determinando a direção real do deslocamento.

Extensômetros



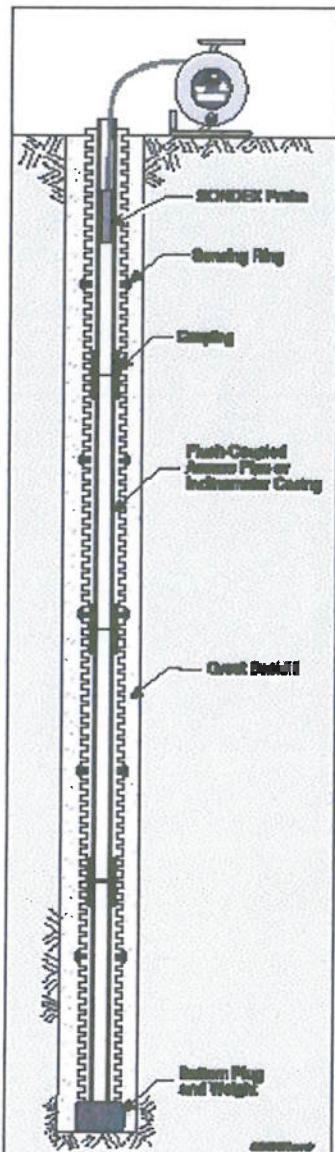
Fonte: SLOPE INDICATOR (2000)

São usados para medir movimentos do terreno ao longo do eixo do furo de instalação.

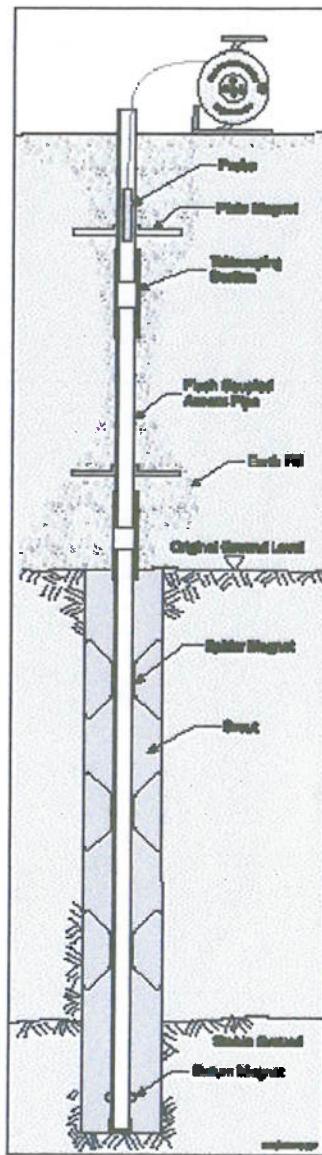
Extensômetro eletromagnético

Ao redor de um tubo-guia são introduzidas placas magnéticas que permanecem solidárias ao terreno e movimentam-se livremente dentro do tubo.

Estas placas são colocadas no terreno espaçadas de distâncias predeterminadas. Através da introdução de um sensor eletromagnético, que ao passar pelas placas emite um sinal, e através de uma fita graduada presa ao sensor, tem-se a medida da distância das placas à boca do furo. Conhecendo-se a distância no momento da instalação do equipamento pode-se saber o deslocamento ocorrido.

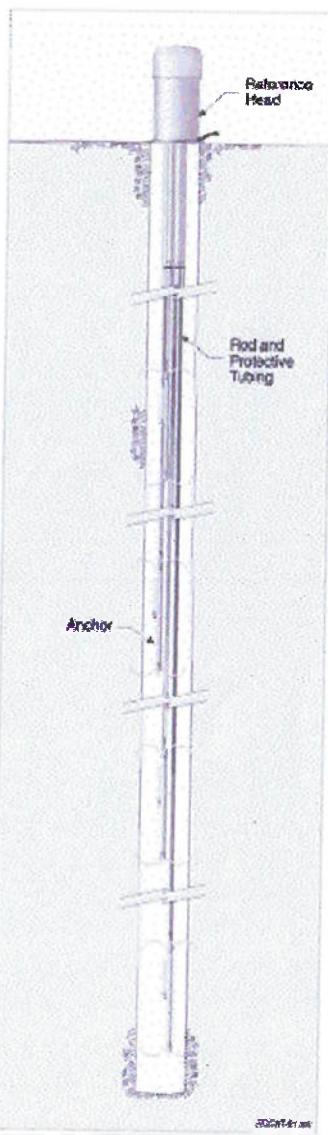


Fonte: SLOPE INDICATOR (2000)



Fonte: SLOPE INDICATOR (2000)

Extensômetro de aste



Fonte: SLOPE INDICATOR (2000)

É formado por dispositivos ancorados ao terreno que possuem astes rígidas que sobem até a boca do furo. Quando ocorrem movimentos no terreno as ancoras e suas astes movimentam-se juntas, através de marcos de referência, na boca do furo, pode-se ter a medida dos deslocamentos sofridos.

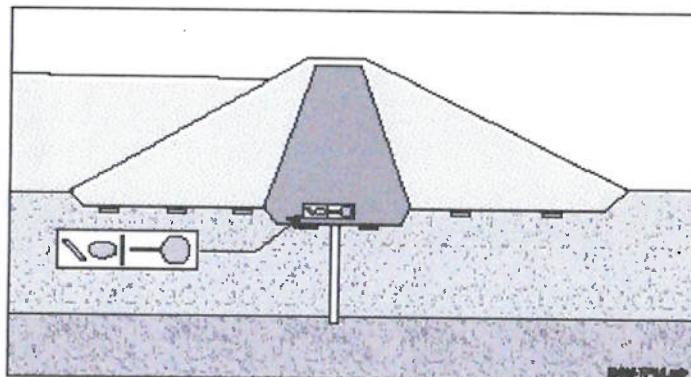
Células de pressão total



Fonte: SLOPE INDICATOR (2000)

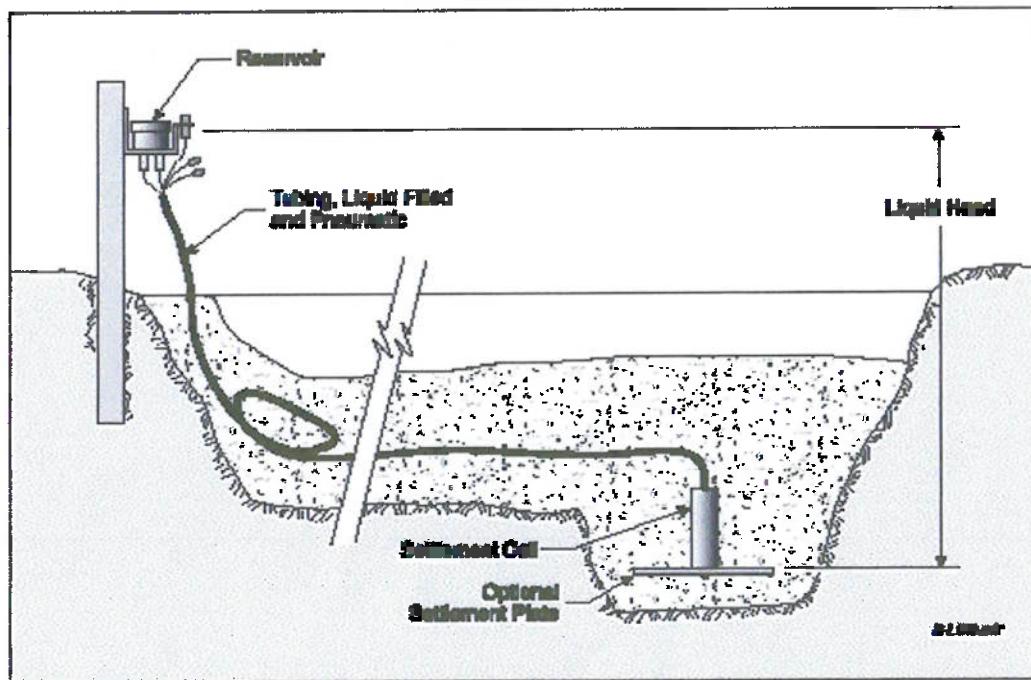
São usadas para medir pressão total a que está submetido determinada porção do terreno.

A célula consiste de um corpo rígido e de uma membrana sobre o mesmo, de maneira que a pressão do terreno atue sobre a membrana. Um fluido, que preenche o espaço entre a membrana e o corpo rígido, recebe a pressão da membrana e através de um transdutor, elétrico ou pneumático, coleta-se a pressão à qual está submetido o terreno.



Fonte: SLOPE INDICATOR (2000)

Consolidômetros



Fonte: SLOPE INDICATOR (2000)

Os consolidômetros são usados para monitorar a consolidação do terreno, no caso de barragens de rejeito esse monitoramento é realizado tanto na barragem quanto no reservatório.

O consolidômetro é formado por um reservatório de líquido, situado em local que não sofra movimentação, uma célula que é colocada no ponto de medida e um tubo que conecta o reservatório à célula. A célula contém um transdutor, elétrico ou pneumático, sensível a pequenas variações de pressão. Pequenos deslocamentos verticais sofridos pela célula, provam alterações nas pressões que são correlacionadas com o estado de consolidação do terreno.

Consolidômetro elétrico



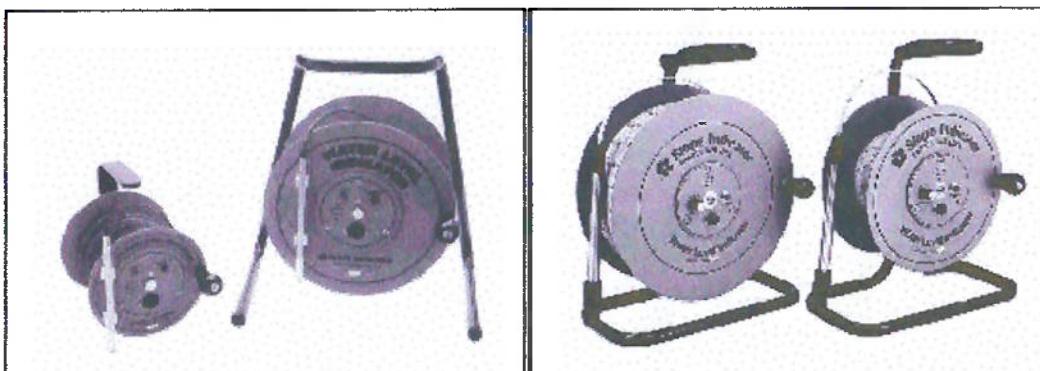
Fonte: SLOPE INDICATOR (2000)

Consolidômetro pneumático



Fonte: SLOPE INDICATOR (2000)

Coleta de dados

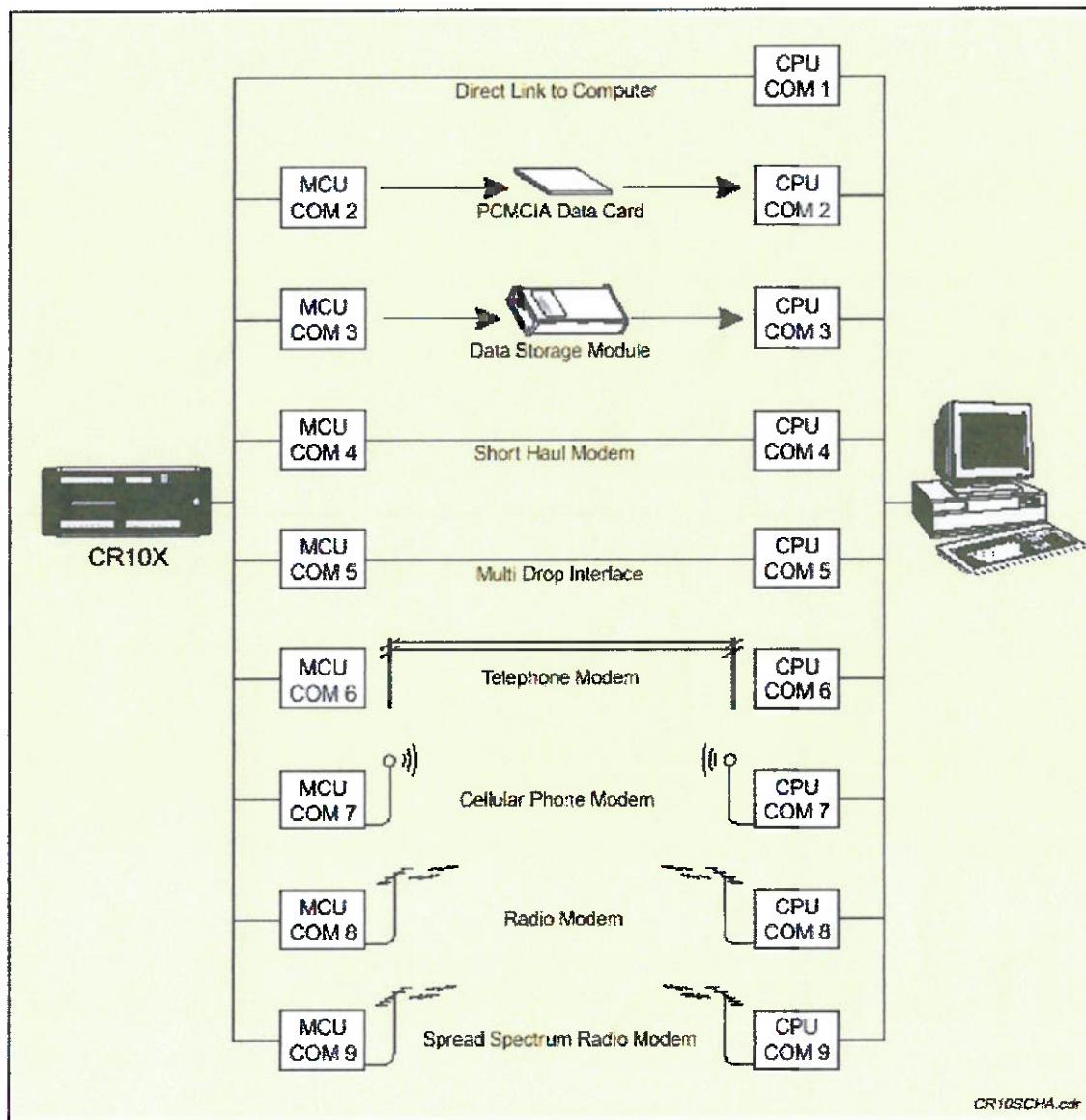


Fonte: SLOPE INDICATOR (2000)

Além da instrumentação propriamente dita é muito importante realizar a coleta de dados de forma precisa. A coleta manual de dados induz muitos erros de leitura e na própria interpretação dos valores anotados, com a criação de equipamentos que possibilitam a mecanização da coleta dos dados, há uma natural minimização destes erros.

No caso de coletas manuais, é necessário o treinamento da equipe, para que os valores coletados sofram uma pré análise e eventuais problemas possam ser rapidamente detectados e comunicados à equipe de interpretação, que na maioria das vezes não acompanha o andamento do processo no dia a dia.

Interface de comunicação



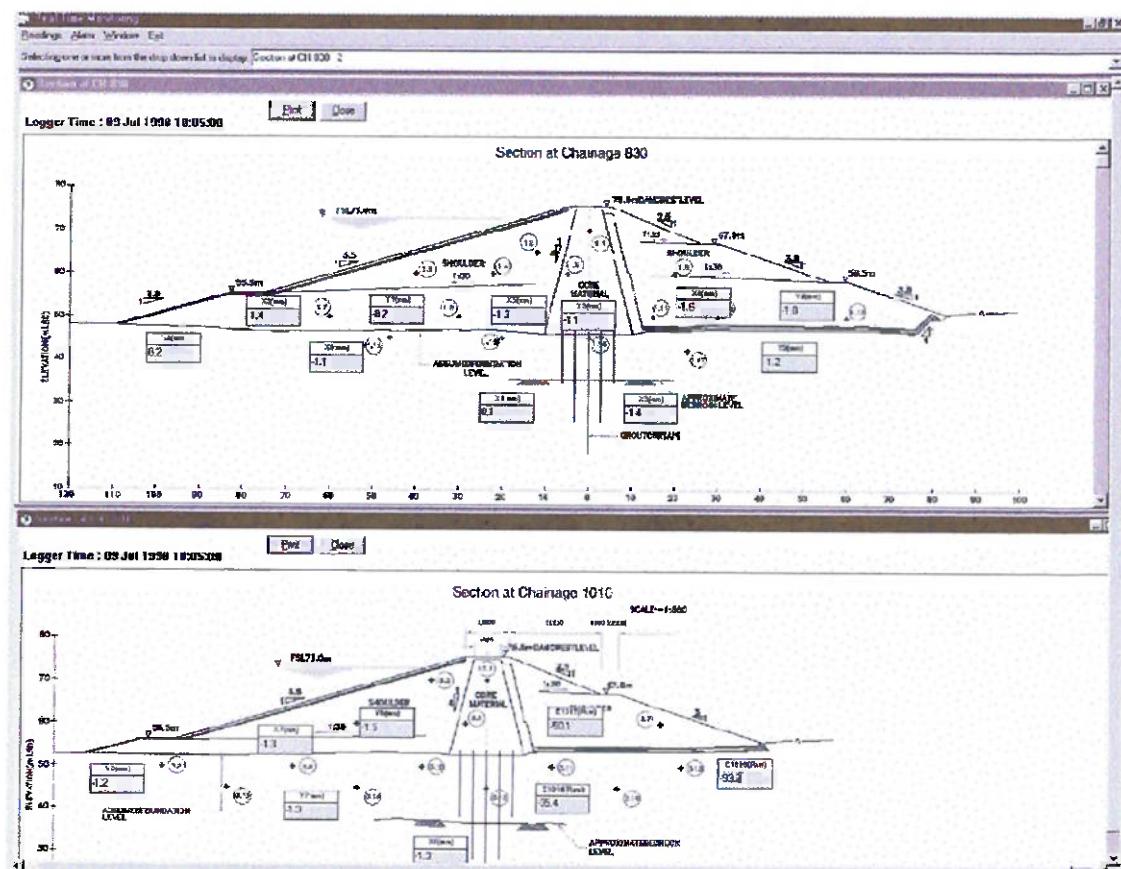
Fonte: SLOPE INDICATOR (2000)

Além da coleta de dados através da conexão de equipamento de instrumento em instrumento, há a possibilidade de utilização de um sistema “on-line” de coleta, dependendo do porte e localização da obra. Os dados são captados a qualquer momento e podem ser transmitidos para uma central de processamento distante da obra, utilizando-se sistemas de rádio, telefonia, entre outros, como indicado na figura acima.

Com a instalação de um sistema de coleta automática de dados, faz-se necessária a realização de coletas manuais periódicas para checagem dos dados.

Interpretação dos dados

O tratamento dos dados pode ser realizado manualmente ou através de softwares, como o apresentado abaixo da SlopeIndicator. É importante que os dados sejam bem apresentados, na forma de gráficos e/ou tabelas para facilitar sua interpretação.



Fonte: SLOPE INDICATOR (2000)

Há registros na literatura de muitas barragens que romperam, apesar de serem instrumentadas e de haver uma coleta sistemática de dados. Tal fato se deve à falta de interpretação dos dados coletados.

Conclusão

Através do que foi apresentado podemos observar a grande importância da instrumentação em barragens de rejeito, dado a dinâmica do processo de alteamento, da heterogeneidade do material formador da barragem e do fato de que muitas vezes não se tem o devido conhecimento das características do rejeito antes do início da lavra.

Bibliografia

CANADA'S NATIONAL WEB SITE. THE GLOBE AND MAIL. Mining's dam problem. Disponível em http://www.bc-mining-house.com/news/gam_tlnq.htm

CENTRAIS ELÉTRICAS DE SÃO PAULO S.A. **Notas do simpósio de instrumentação de barragens de terra e enrocamento.** Ilha Solteira, CESP Departamento de construção II Setor de Laboratórios de Ilha Solteira, 1974 64p.

DELLATORRE, M.C.C.; GUILART, M. H. **Instrumentação de barragens de rejeitos.** São Paulo, EPUSP, 1998. N.p. Seminário apresentado à disciplina PMI-5883 – Barragens de rejeitos: metodologia de implantação, operação e manutenção.

ENGINEERING FOUNDATION CONFERENCE ON SAFATY OF SMALL DAMS. **Safety of small dams.** New Hampshire, American society of civil engineers, 1974. 464p.

KOAST MINE – MIDLAND KOREA. **KOAST MINE.** Disponível através de <http://www.koast.com.au/dprkorea/koastmining.html>.

PERCI, R.D.; MACHADO, W.G.F. **Principais causas geológicas e geotécnicas de acidentes em barragens de contenção de rejeitos.** São Paulo, EPUSP, 2000. 32p. Seminário apresentado à disciplina PMI-5883 – Barragens de rejeitos: metodologia de implantação, operação e manutenção.

PINTO, C.S. **Curso básico de mecânica dos solos.** São Paulo, Oficina de textos, 2000. 247p.

ROBERTSON GEOCONSULTANTS INC. **Tailings Dam Design [on line].** Disponível através de http://www.infomine.com/rgrp/rgc/tail_des.html.

SLOPE INDICATOR . **2000 Catalog.** Bothell, 2000. 15p.

SOARES, L.; Fujimura, F. **Notas de aula.** São Paulo, EPUSP, 2000. Texto utilizado para a disciplina PMI-5883 – Barragens de rejeitos: metodologia de implantação, operação e manutenção.

THE VALUE of good observation. **International water power & dam construction**, v.52, p.15 – 9, May 2000.

VÁSQUEZ ARNEZ, F. I. **Avaliação das principais causas de acidentes em barragens de contenção de rejeitos devido a fatores geológicos e geotécnicos.** São Paulo, 1999. 83p. Dissertação (Mestrado) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

VICK, S.G. **Planning, design and analysis of tailing dams.** New York. John Wiley & Sons, 1983. 369p.

WORLD INFORMATION SERVICE ON ENRGY. **Uranium project [on line].** Disponível através de <http://www.wise.org>.