

ROMPIMENTO DE BARRAGENS DE REJEITOS DA MINERAÇÃO

BARRAGEM DE FUNDÃO - MARIANA-MG



PERITO OTAVIO GOULART GUERRA III

- Engº Geólogo ;
- Pós Graduado em Engenharia de Barragens;
- Pós Graduado em Sedimentologia;
- Pós Graduado em Engenharia Ambiental ;
- Perito Criminal do Estado de Minas Gerais;
- Perito Judicial;
- Bacharel em Direito;
- Sócio da Empresa ESA-Pericias Tecnicas Especializadas

Promoção:



IBAPE NACIONAL
Instituto Brasileiro de Avaliações
e Perícias de Engenharia

Realização:



IBAPE BAHIA
Instituto Brasileiro de
Avaliações e Perícias de
Engenharia da Bahia

PILHA DE ESTERIL
DA VALE

COMPLEXO
SAMARCO

BARRAGEM DE
FUNDÃO

OUT. 2015

BARRAGEM
DE GERMANO

BARRAGEM
DE SANTAREM





GERMANO

FUNDÃO







BENTO RODRIGUES





BENTO RODRIGUES



REJEITOS DE MINERAÇÃO

- CARACTERIZAÇÃO
- GRANULOMETRIA
- DISPOSIÇÃO

ALTEAMENTOS PARA JUSANTE
ALTEAMENTOS PELA LINHA DE CENTRO

- Estruturas seguras de custo elevado;



ALTEAMENTOS PARA MONTANTE



- Estrutura frágil;
- Custo baixo de execução;

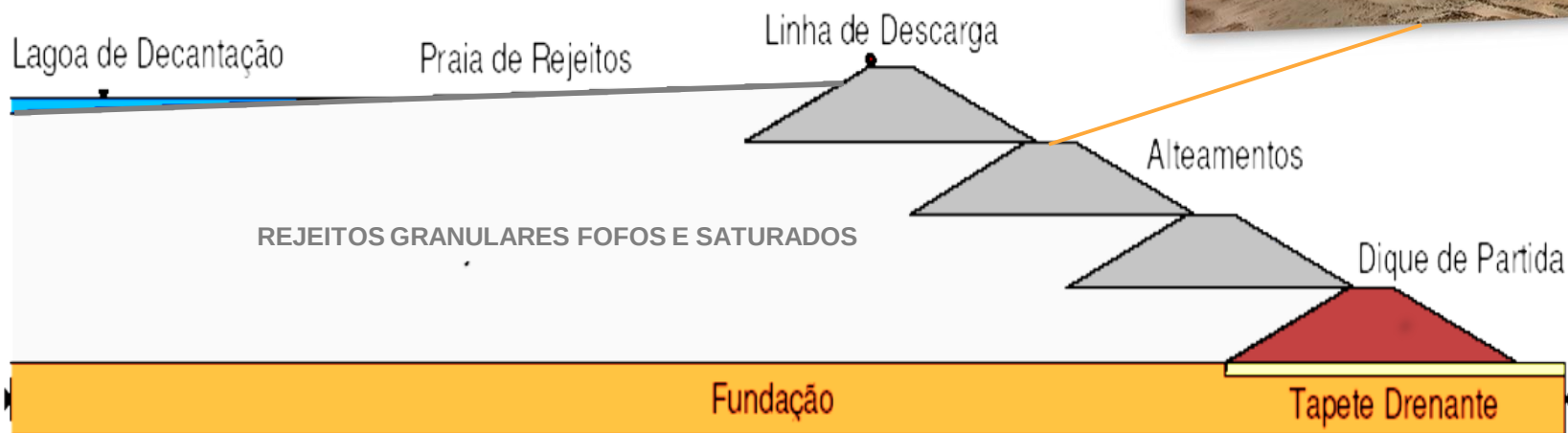


CARACTERÍSTICAS DA BARRAGEM DE FUNDAÇÃO

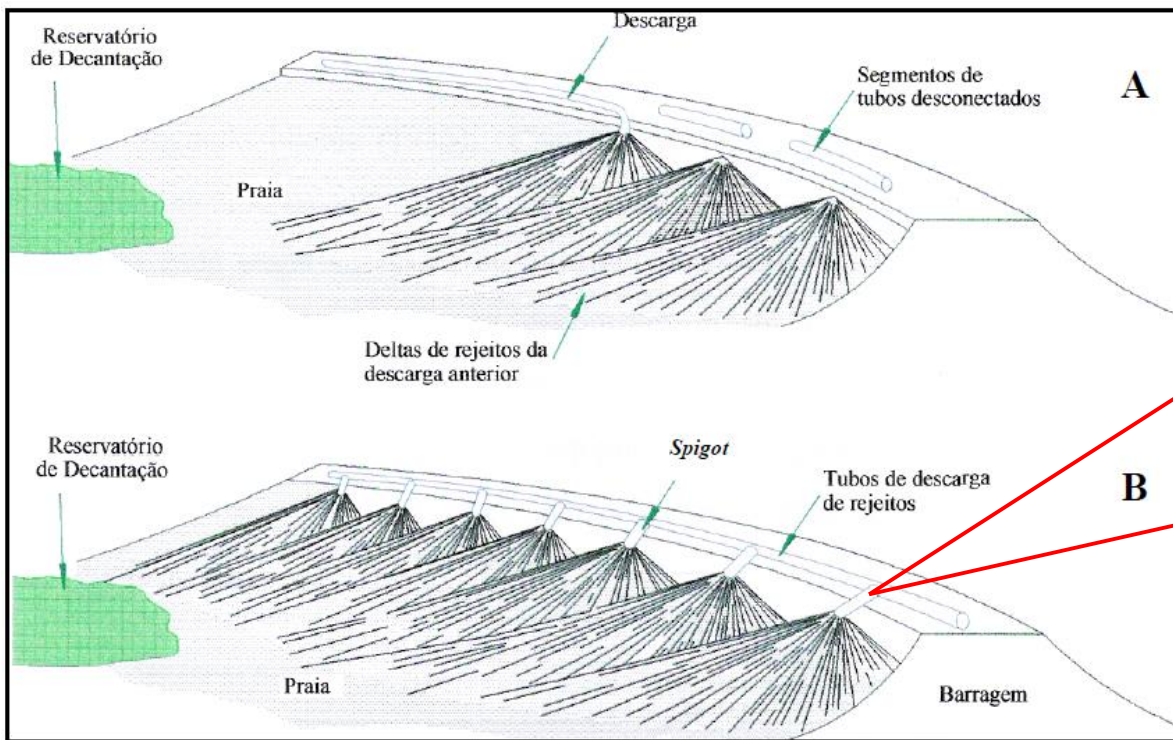
- ▶ BARRAGEM ALTEADA PARA MONTANTE COM O PRÓPRIO REJEITO;
- ▶ DIQUES IMPLANTADOS SOBRE UMA FUNDAÇÃO CONTENDO REJEITOS GRANULARES FOFOS E SATURADOS;
- ▶ DIMENSÕES: 761 m DE COMPRIMENTO; LARGURA DA CRISTA DE 7M; ALTURA DO BARRAMENTO DE 110M
- ▶ ARMAZENAVA 55 MILHÕES DE METROS CÚBICOS DE REJEITOS. 43 MILHÕES DE METROS CÚBICOS EXTRAVASARAM;



ALTEAMENTOS PARA MONTANTE



DESCARGA DE REJEITOS



Carga de fundo e carga suspensa





Image © 2018 CNES / Airbus



SEGURANÇA DA ESTRUTURA

PRAIA DE REJEITOS

LAGOA DE DECANTAÇÃO

DRENO DE FUNDO



SEGURANÇA DA ESTRUTURA

**FORMAÇÃO DA PRAIA DE REJEITOS
E CONTROLE DE SUA EXTENSÃO**

SEDIMENTAÇÃO

SEGREGAÇÃO GRANULOMÉTRICA

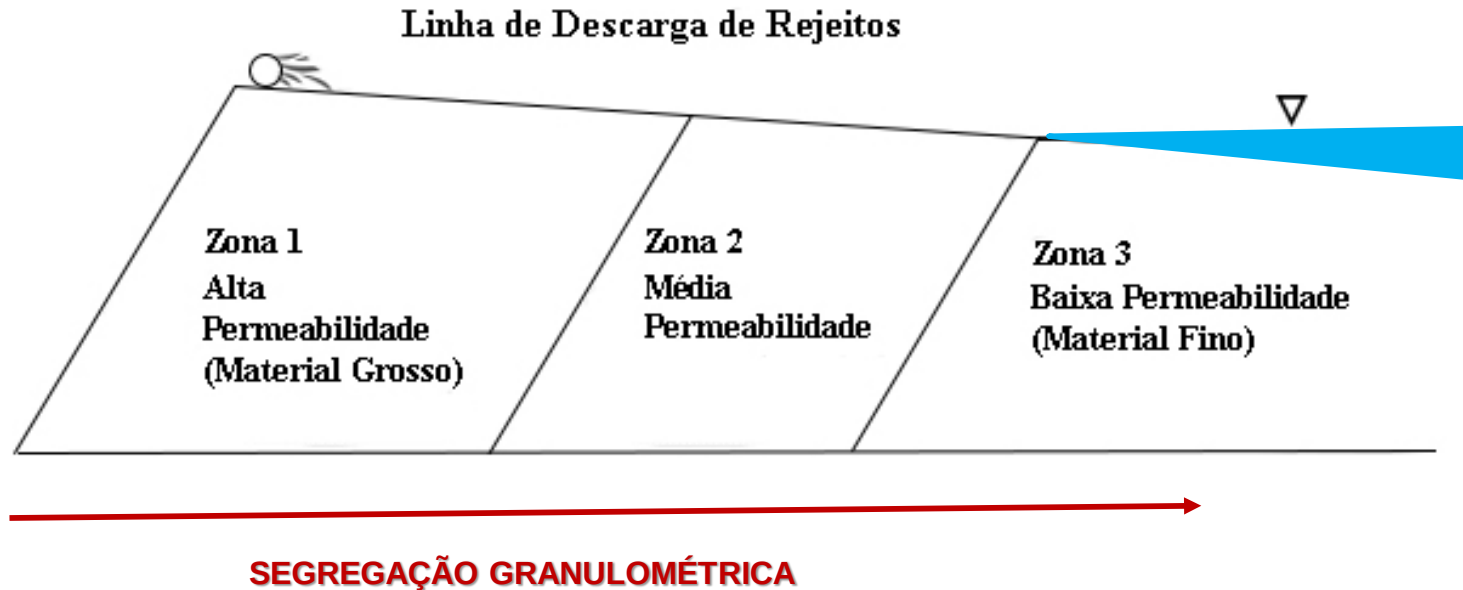
PERMEABILIDADE

EFICIÊNCIA DO DRENO DE FUNDO

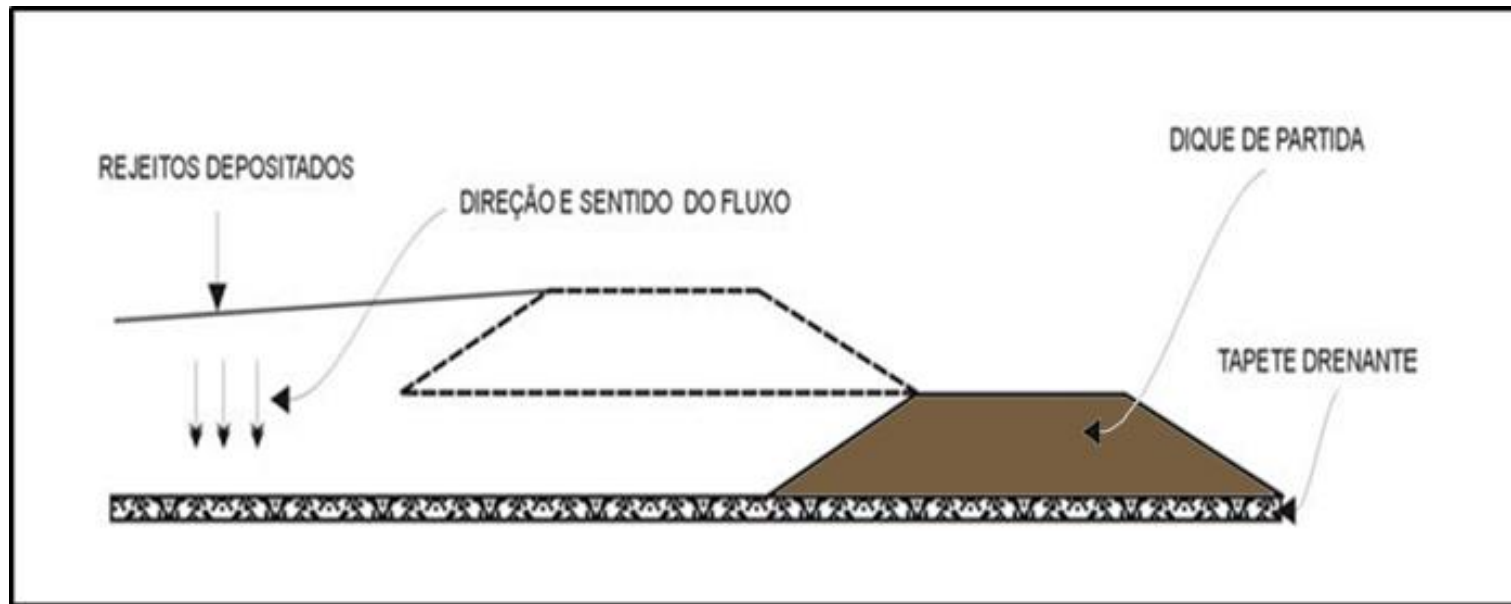
DEPLECIONAMENTO DA LINHA FREÁTICA

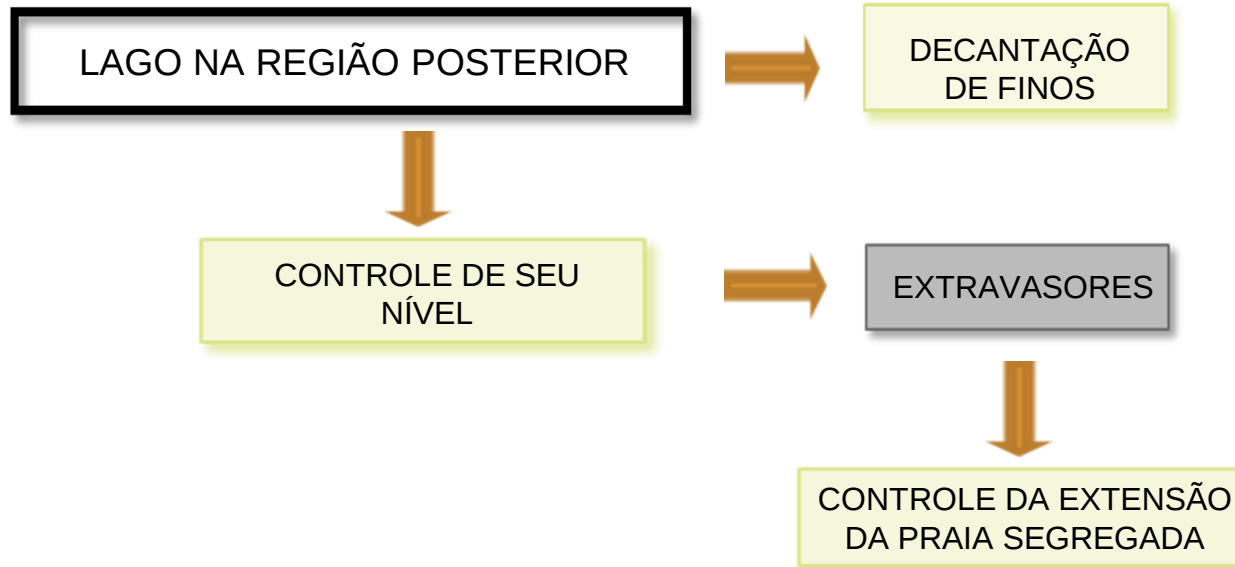


PRAIA DE REJEITOS - SEDIMENTAÇÃO



DEPLECIONAMENTO DO NIVEL FREÁTICO







ROMPIMENTO DE BARRAGENS ALTEADAS PARA MONTANTE

- Erro de projeto;
- Erro operacional;
- Evento natural catastrófico;



BARRAGEM DE FUNDÃO



2011



CAUSA DO ROMPIMENTO:

PROCESSO DE LIQUEFAÇÃO



BRUMADINHO



Image © 2018 CNES / Airbus





LIQUEFAÇÃO

- Acréscimos rápidos de poropressões em materiais granulares e/ou finos, fofos e saturados, não passíveis de dissipação imediata.
- A água intersticial, sem tempo de ser drenada, é confinada sob elevadas pressões, não permitindo, assim, a aproximação das partículas sólidas.
- Repentina redução do atrito entre os grãos e consequentemente na resistência ao cisalhamento, passando o material a se comportar como se líquido fosse.

GATILHOS DA LIQUEFAÇÃO

carregamento estático;
carregamento dinâmico;
carregamento cíclico;



5/25/2011

2011

333m

200m

Image © 2016 DigitalGlobe





2013





2014

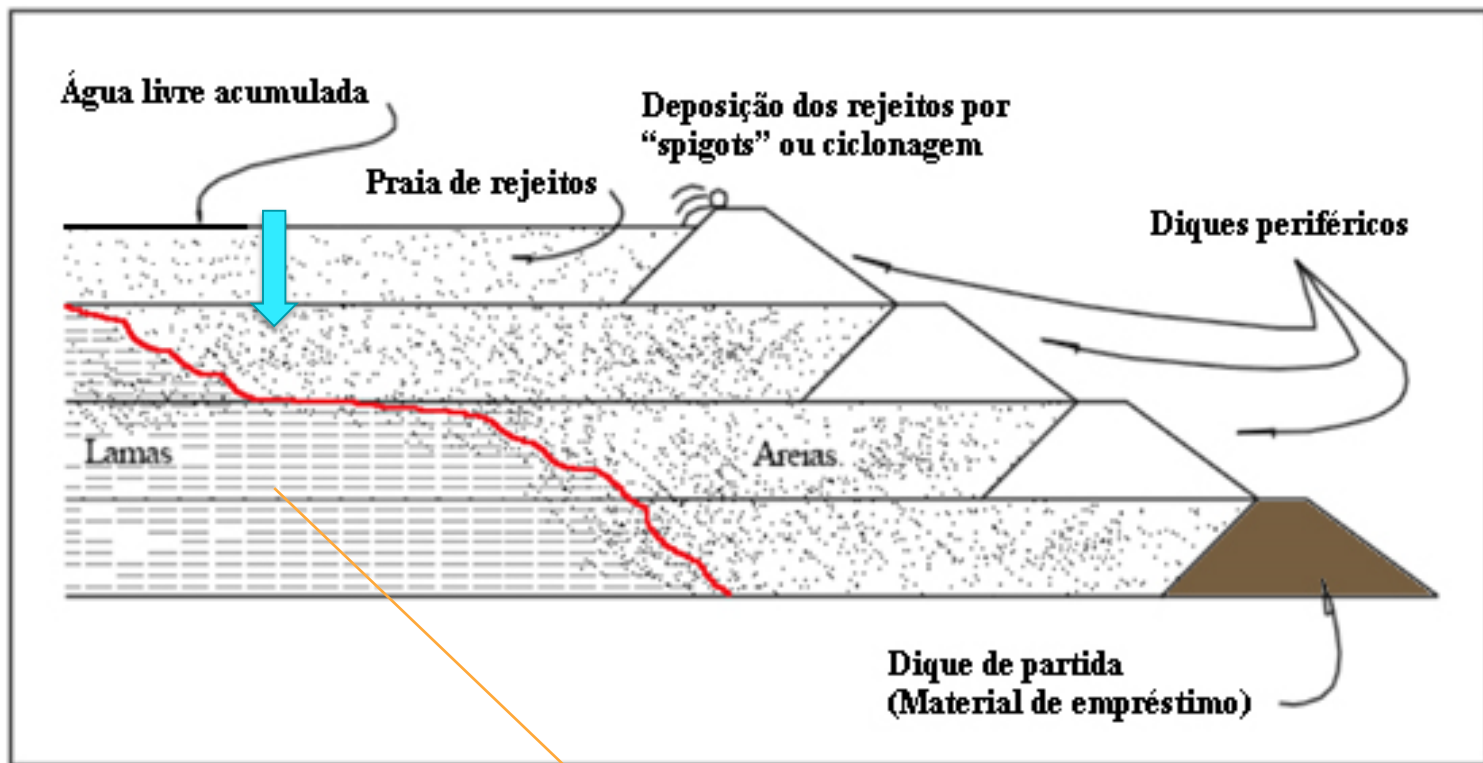




2015

$$333 - 276,3 = 56,7\text{m}$$





ELEVAÇÃO DA
POROPRESSÃO

7/20/2015

Dique02 assoreado

recuo do eixo

Image © 2016 DigitalGlobe

- O Dique 2 foi alteado até a elevação 872m.
- A sua altura deveria acompanhar a altura da barragem principal até a elevação 920m.





01/10/2015



27/10/2015

$$900 - 897,5 = 2,5\text{m}$$



RECUO DO EIXO DA BARRAGEM E ELEVADAS TAXAS DE ALTEAMENTO

Gatilhos para a liquefação estática

Aumento excessivo das poropressões



Redução da resistência ao cisalhamento



SISTEMA DE DRENAGEM INTERNA - cota 826m (dique 01)

Rejeito arenoso
2 m

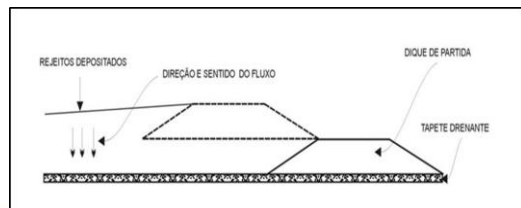
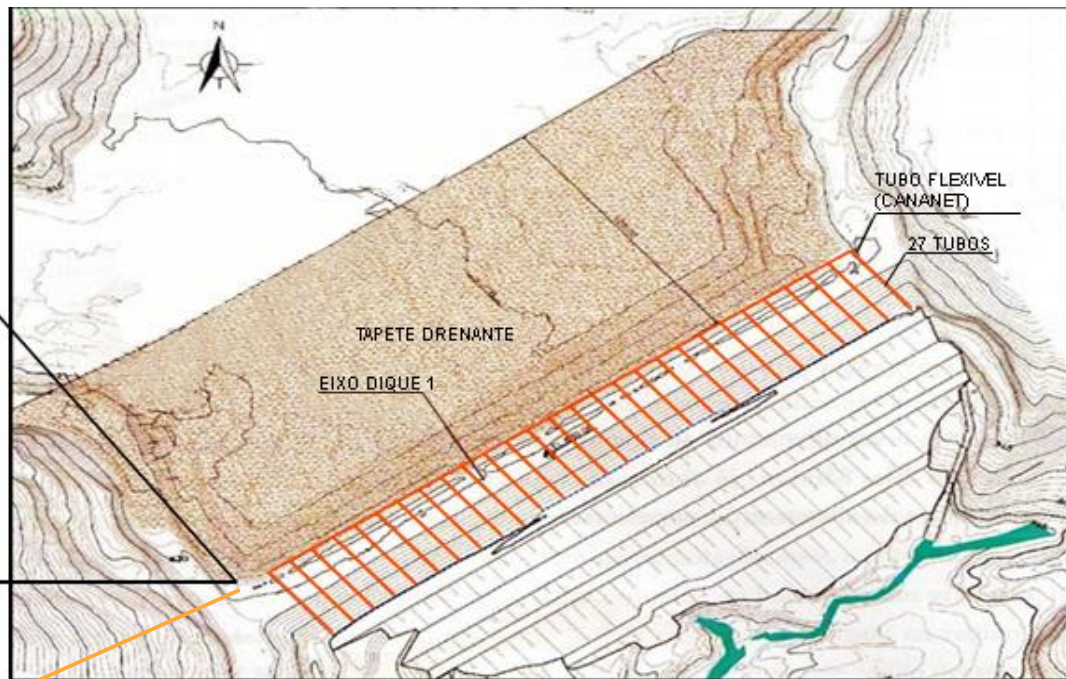
Areia
30 cm

Brita 0
30 cm

Brita 01
50 cm

Brita 0
30 cm

Areia
30 cm



VAZÃO DETECTADA EM 2015

➡ 251,97 metros cúbicos/h.

VAZÃO DETECTADA EM 2014

➡ 293 metros cúbicos/h

Deficiência no sistema de drenagem na barragem do fundão.



CONCLUSÃO TÉCNICA

- ▶ Realização do recuo do eixo, com diques de alteamento depositados sobre material fino, fofo e saturado;
- ▶ Perda do controle de sedimentação na formação da praia de rejeitos;
- ▶ Velocidade da Taxa de alteamento muito alta para este tipo de barragem;
- ▶ Deficiência da vazão junto ao sistema de drenagem interno da barragem (tapete drenante);
- ▶ Assoreamento do dique 02, o que propiciou o avanço do lago sobrenadante sobre a praia de rejeitos arenosos, (subida rápida do NA);

SOMATORIO DE FATORES CARACTERIZADOS COMO ERROS OPERACIONAIS



MUITO OBRIGADO

Contato:

Cel: (31) 99991-6475

Email: oguerra@oi.com.br

