

INSTITUTO DE ENGENHARIA DE SÃO PAULO

ACIDENTES EM BARRAGENS DE REJEITOS NO BRASIL

Por: Joaquim Pimenta de Avila

1 – INTRODUÇÃO

- Acidentes em barragens de rejeitos continuam a ocorrer com frequência de pelo menos 2 acidentes graves, por ano.**
- As causas destes acidentes incluem situações já resolvidas pela tecnologia disponível.**
- Proprietários e operadores tem a responsabilidade de adotar procedimentos de segurança para redução de riscos**

1 – INTRODUÇÃO (cont.)

- **Várias entidades internacionais têm trabalhado para a conscientização dos proprietários e tem produzido contribuições sobre a segurança das barragens de rejeitos:**
- **Banco Mundial, através do IFC, exige para conceder financiamentos, que a segurança de barragens de rejeitos atenda a requisitos mínimos de segurança.**
- **O ICMM com apoio do ICOLD criou site:**
[:www.goodpracticemining.com/tailings](http://www.goodpracticemining.com/tailings)

1 – INTRODUÇÃO (cont.)

A comissão de barragens de rejeitos do ICOLD, tem produzido vários boletins sobre a tecnologia de barragens de rejeitos.

Os dois últimos boletins são dedicados à segurança das barragens de rejeitos:

**2001-Tailings Dams Accidents
Risk of Dangerous Occurences
Lessons Learnt From Practical Experiences;**

2007-Improving Tailings Dams Safety

1 – INTRODUÇÃO (cont.)

- **A ruptura da barragem de Mount Polley(2014) gerou uma série de revisões sobre procedimentos de segurança que passarão a ser exigidos no Canadá.**
- **O ICMM formou comissão que estuda aspectos de “Corporate Governance” a serem aperfeiçoados para a melhoria da segurança de barragens de rejeitos.**
- **A adoção de novas tecnologias de disposição com desaguamento dos rejeitos está sendo enfatizada e deverá ocupar preferência crescente nos novos projetos.**

ACIDENTES COM MORTES

ANO	BARRAGEM/ PAÍS	Nº DE MORTES
1965	El Cobre Dam, Chile	MAIS DE 200
1966	Mir Mine, Bulgária	488
1966	Aberfan, UK	144
1970	Mufulira, Zambia	89
1972	Buffalo Creeck, USA	125
1974	Bafokeng, South Africa	12
1978	Arcturus, Zimbabwe	1
1981	Ages, USA	1
1985	Stava, Italy	269
1986	Huangmeishan, China	19
1986	Fernandinho, Brasil	7

ACIDENTES COM MORTES(cont.)

ANO	BARRAGEM/ PAÍS	Nº DE MORTES
1988	Jinduicheng - China	20
1993	Marsa, Peru	6
1994	Merriespruit, South Africa	17
1995	Placer, Filipinas	12
2000	Guangxi, China	No mín. 15 mortes 100 desaparecidos
2001	Rio Verde, Brasil	5
2006	Shangluo, China	17 desaparecidos
2008	Taoshi, China	254
2010	Kolontár, Hungary	10
2014	Herculano, Brasil	3
2015	Fundão, Brasil	18 a 22

ACIDENTES NO BRASIL

ANO	BARRAGEM - BRASIL	PRINCIPAIS DANOS
1986	Fernandinho, Rio Acima	7 Mortes
2001	Rio Verde, Brasil	5 Mortes
2003	Indústria de Papel, Cataguases	Lixívia negra liberada, interrupção de fornecimento de água
2006	Mineração Rio Pomba, Miraí	Vazamento de rejeitos de bauxita. Interrupção de fornecimento de água
2007	Mineração Rio Pomba, Miraí	Vazamento de rejeitos de bauxita. Interrupção de fornecimento de água
2014	Herculano, Itabirito	3 Mortes
2015	Fundão, Mariana	18 a 22 Mortes

ACIDENTES COM BARRAGENS DE REJEITOS

TENDÊNCIA DE CRESCIMENTO DO RISCO:

- CRESCIMENTO DOS VOLUMES DE REJEITOS PRODUZIDOS;**
- AUMENTO DA ALTURA DAS BARRAGENS;
(MAIOR PROBABILIDADE DE RUPTURA)**
- AUMENTO DO VOLUME DO RESERVATÓRIO
(MAIOR POTENCIAL DE DANO)**

BARRAGENS DE REJEITOS

**Observações de Andrew Robertson (2011), Sobre a
Max. Capacidade Diária de Produção de Rejeitos (Ton.)**

•100 TON/DIA	EM 1900
•1.000 TON/DIA	EM 1930
•10.000TON/DIA	EM 1960
•100.000 TON/DIA	EM 2000

**•ATUAL : 670.000TON/DIA, PREVISÃO:
1,0 MILHÃO DE TON/DIA EM 2030**

**•A QUANTIDADE DE REJEITOS TEM AUMENTADO
DEZ VEZES A CADA 30 ANOS**

BARRAGENS DE REJEITOS

Observações Andrew Robertson (2011) cont.

Max. Altura de Barragem em 1900 ~ 30 m

Max. Altura de Barragem em 1930 ~ 60 m

Max. Altura de Barragem em 1960 ~ 120 m

Max. Altura de Barragem em 2000 ~ 240 m

Altura de 340m está em construção e em projeto há uma barragem com previsão de altura acima de 400 metros.

A ALTURA DOBRA A CADA 30 ANOS

BARRAGENS DE REJEITOS

RISCO = PROB. X CONSEQUÊNCIA

PARA BARRAGENS:

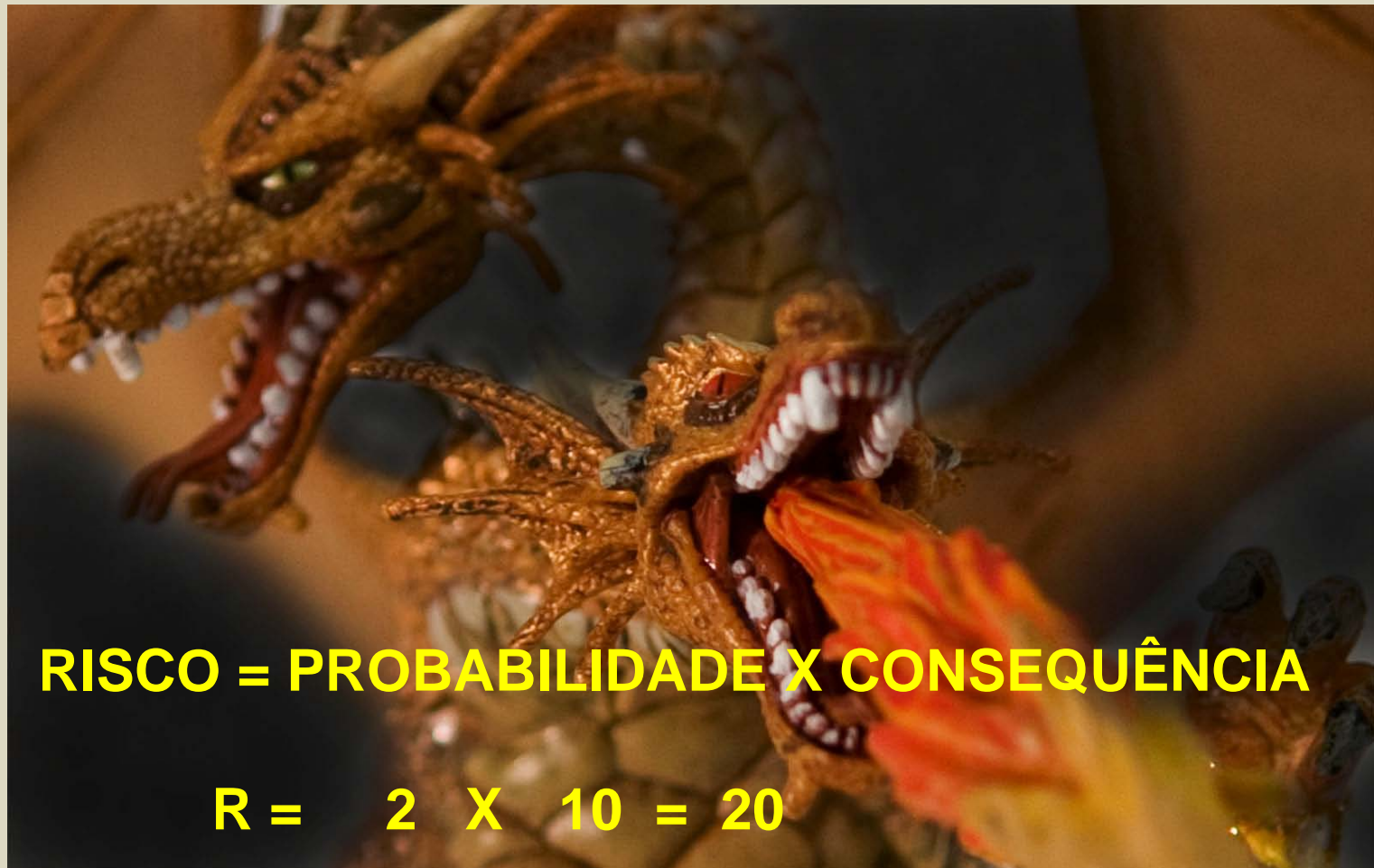
PROBABILIDADE ~ PROPORCIONAL A ALTURA

**CONSEQUÊNCIA ~ PROPORCIONAL AO
VOLUME**

AUMENTO DO RISCO : $2 \times 10 = 20$

**O RISCO TENDE A AUMENTAR 20 VEZES A CADA
30 ANOS**

NÃO PROVOQUEMOS O DRAGÃO



BARRAGENS DE REJEITOS

- **CRESCIMENTO DOS VOLUMES É INEVITÁVEL:**
- **A DEMANDA POR MINERAIS CONTINUARÁ CRESCENTE**
 - **PORTE DAS ESTRUTURAS TENDE A AUMENTAR OS RISCOS**
 - **INDISPENSÁVEL REDUZIR RISCOS E COMPENSAR O CRESCIMENTO**
 - **SOLUÇÃO 1: MELHORAR GESTÃO DE RISCOS**
 - **SOLUÇÃO 2: UTILIZAR TECNOLOGIAS DE MENOR RISCO**

ACIDENTES NO BRASIL

ANO	BARRAGEM - BRASIL	PRINCIPAIS DANOS
1986	Fernandinho, Rio Acima	7 Mortes
2001	Rio Verde, Brasil	5 Mortes
2003	Indústria de Papel, Cataguases	Lixívia negra liberada, interrupção de fornecimento de água
2006	Mineração Rio Pomba, Miraí	Vazamento de rejeitos de bauxita. Interrupção de fornecimento de água
2007	Mineração Rio Pomba, Miraí	Vazamento de rejeitos de bauxita. Interrupção de fornecimento de água
2014	Herculano, Itabirito	3 Mortes
2015	Fundão, Mariana	18 a 22 Mortes

MELHORIA DE GESTÃO DE RISCOS (ICOLD Bulletin: "Improving Tailings Dam Safety")

- **Treinamento De Equipes**
- **Utilização De Planejamento**
- **Melhoria Da Qualidade De Projetos**
- **Melhoria Da Qualidade Da Construção**
- **Melhoria Da Qualidade Da Operação**
- **Aplicação De Técnicas De Gestão De Risco**

SISTEMAS DE GESTÃO DE RISCO

Fiscalização

Auditoria independente

Estrutura Organizacional

USO DE TECNOLOGIAS DE MENOR RISCO

**METODOLOGIA CLÁSSICA E MAIS UTILIZADA:
RETENÇÃO DE REJEITOS EM BARRAGENS.**

- **BOMBEAMENTO DE REJEITOS COM ALTO TEOR DE UMIDADE (100% DE SATURAÇÃO)**
- **CONSTRUÇÃO DE BARRAGEM “IMPERMEÁVEL”**
- **CONTROLE DOS EFEITOS DA ÁGUA**
- **CONTROLE DA EROÇÃO INTERNA (FILTROS E TRANSIÇÕES)**
- **CONTROLE DA ESTABILIDADE**

**A ÁGUA É O PRINCIPAL AGENTE
INSTABILIZADOR**

REDUÇÃO DOS EFEITOS DA ÁGUA:

1 – ELIMINAR BARRAGEM IMPERMEÁVEL (USAR ESTRUTURA PERMEÁVEL: RETER REJEITOS, MAS NÃO A ÁGUA)

2 – RETIRAR A ÁGUA DOS REJEITOS

- ESPESSAMENTO (Espessadores, Adensamento, etc.)**
- ESPESSAMENTO COMBINADO COM EVAPORAÇÃO:
“DRY STACKING”**
- FILTRAGEM: REDUZ GRAU DE SATURAÇÃO**

**MÉTODO A APLICAR DEPENDE DAS CARACTERÍSTICAS
DOS REJEITOS**

CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DOS REJEITOS

DIVISÃO EM DOIS GRUPOS:

- GRANULARES - 0% DE ARGILA + MÁX. 60-80% < #200**
- FINOS - 100% MENORES QUE #200, 80% < #400**

ASPECTOS IMPORTANTES NA DISPOSIÇÃO DE LAMAS

A- DISPOSIÇÃO COM ESPESSAMENTO E SECAGEM

**ESPESSAR ATÉ A MAX. DENSIDADE BOMBEÁVEL
(CENTRÍFUGA OU PD)**

**(MAIOR DECLIVIDADE, MAIOR DRENAGEM, MAIOR
EVAPORAÇÃO)**

DISPOR COM BONS DISPOSITIVOS DE DRENAGEM

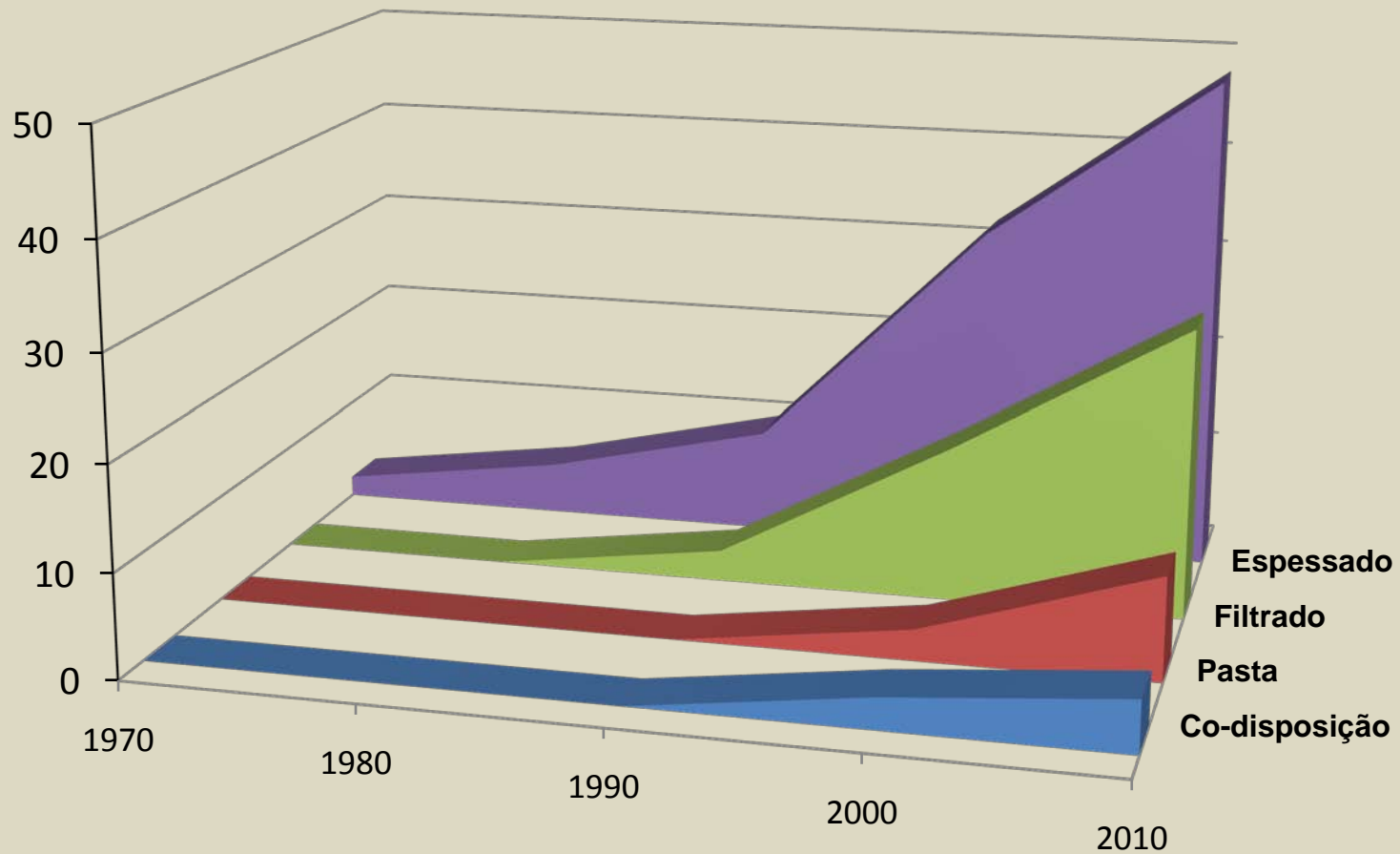
MAXIMIZAR EVAPORAÇÃO

B- DISPOSIÇÃO COM FILTRAGEM:

FILTROS DE TAMBOR: EFICIENTE ATÉ 50-60 % SÓLIDOS

FILTROS PRENSA: EFICIENTES ATÉ 80% DE SÓLIDOS

Número acumulado aproximado de sistemas de disposição de rejeitos



Conforme Davies, 2011

DISPOSIÇÃO COM ADENSAMENTO E SECAGEM

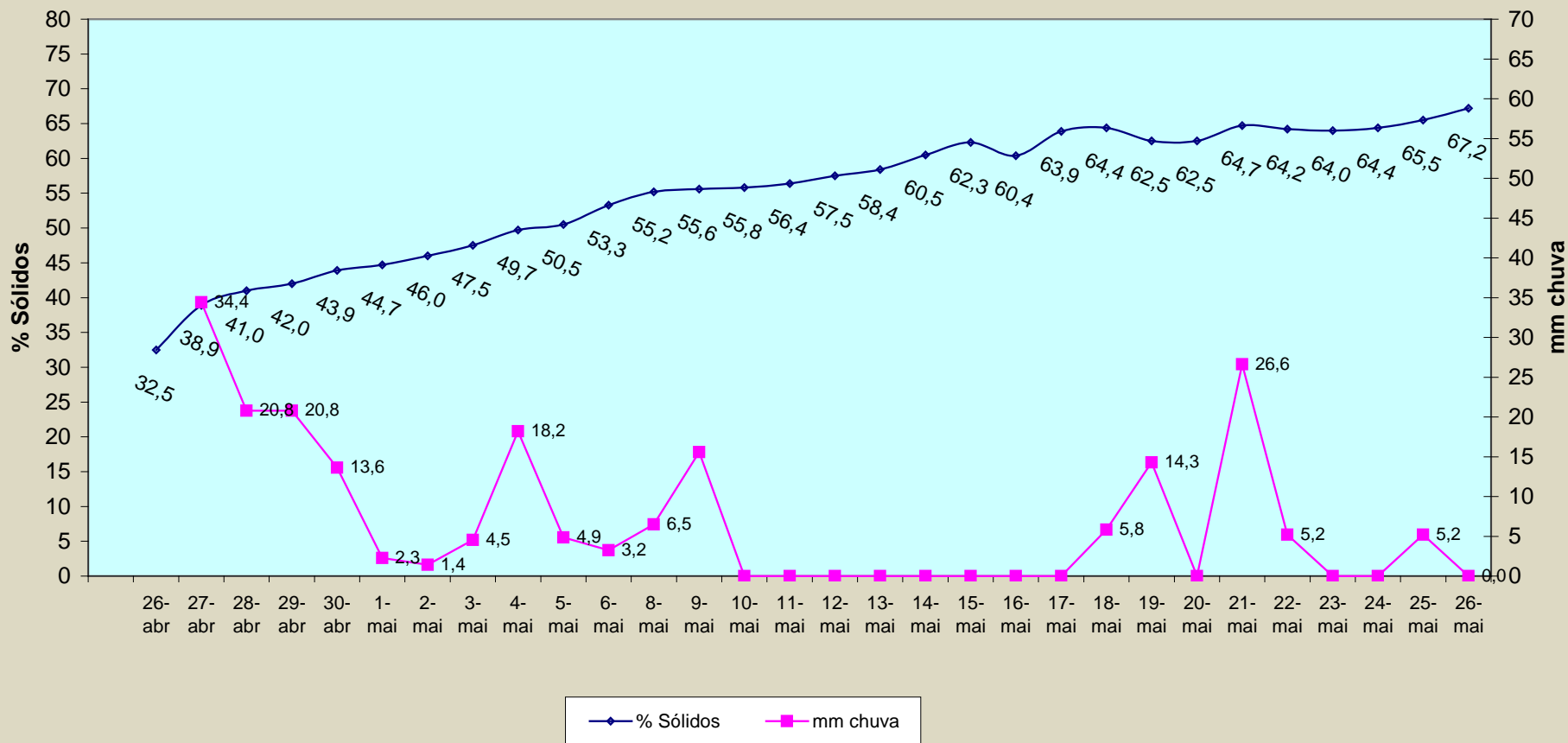


**SECAGEM DE REJEITOS DE BAUXITA POR
ESPESSAMENTO E EVAPORAÇÃO**



**TESTE DE SECAGEM DE REJEITOS DE
BAUXITA**

Curva de Secagem



CURVA DE SECAGEM NO TESTE



**REJEITOS DE BAUXITA: RECUPERAÇÃO AMBIENTAL APÓS
SECAGEM**

FILTRAGEM COM FILTRO PRENSA



DRY STACKING DE LAMA VERMELHA

A DISPOSIÇÃO DE REJEITOS SEM BARRAGENS



A DISPOSIÇÃO DE REJEITOS SEM BARRAGENS



A DISPOSIÇÃO DE REJEITOS SEM BARRAGENS





ESPALHAMENTO E COMPACTAÇÃO

A DISPOSIÇÃO DE REJEITOS SEM BARRAGENS

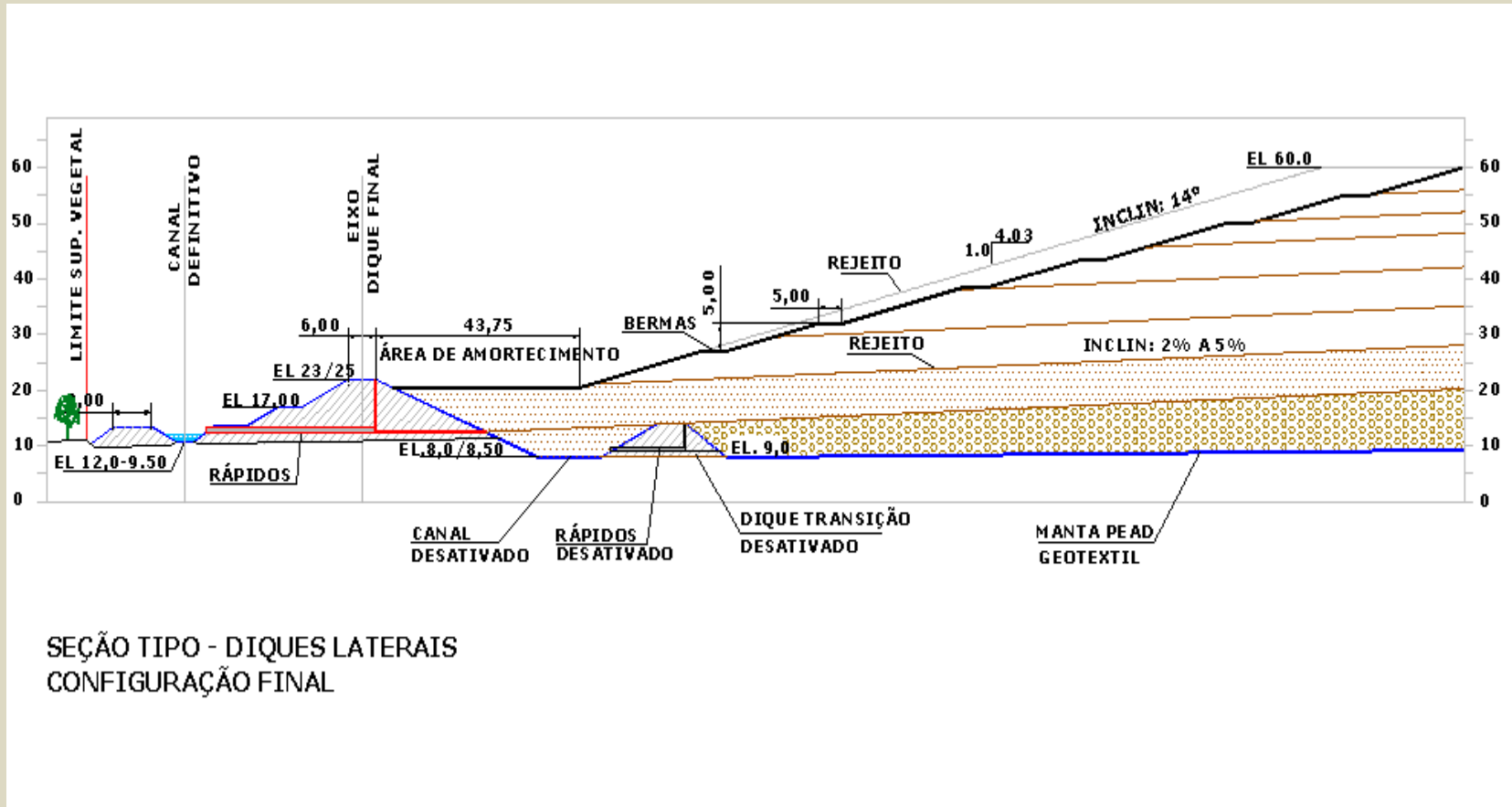


A DISPOSIÇÃO DE REJEITOS SEM BARRAGENS



A DISPOSIÇÃO DE REJEITOS SEM BARRAGENS





**REJEITO FINO DE LAMA VERMELHA :
PILHA DE MATERIAL COMPACTADO
APÓS FILTRO PRENSA**

DISPOSIÇÃO DE REJEITOS SEM BARRAGENS

PERSPECTIVAS FUTURAS

É POSSÍVEL DISPOR REJEITOS COM BAIXO GRAU DE SATURAÇÃO C/ REDUÇÃO DE RISCOS

PARA REJEITOS GRANULARES EXISTE EXPERIÊNCIAS BEM SUCEDIDAS COM PILHAS DE GRANDE ALTURA

PARA REJEITOS FINOS A RETIRADA DE ÁGUA ATRAVÉS DO ESPESSAMENTO E FILTRAGEM TORNA POSSÍVEL A DISPOSIÇÃO COM BAIXO GRAU DE SATURAÇÃO

DISPOSIÇÃO DE REJEITOS SEM BARRAGENS PERSPECTIVAS FUTURAS (cont.)

- **A REDUÇÃO DO TEOR DE UMIDADE DOS REJEITOS E SUA DISPOSIÇÃO COM BAIXO GRAU DE SATURAÇÃO É O PROCESSO MAIS PROMISSOR PARA REDUÇÃO DE RISCOS A CUSTOS EFETIVOS**
- **GRANDES VANTAGENS DE:**
- **MENOR POTENCIAL DE DANO, MENOR RISCO, MAIOR FACILIDADE NO FECHAMENTO, MENOR NECESSIDADE DE MONITORAMENTO NO LONGO PRAZO**
- **COM A TECNOLOGIA ATUAL(ÚLTIMOS CINCO ANOS) NÃO MAIS SE JUSTIFICA DISPOSIÇÃO DE LAMAS SATURADAS**

LUTEMOS CONTRA O DRAGÃO

