

# Influencia de Rejeitos e Gestão de Água na Viabilidade da Mineração

**Roy Lopes**

**Consultor Senior**

**Golder Associates Ltd Canada**



# **Fatores e Tendências na Evolução de Práticas e de Custos da Gestão de Rejeitos e Águas**



➤ Segurança das Barragens de Rejeitos

# THE WALL STREET JOURNAL.



Engineers say Brazilian disaster shows world-wide danger from Hoover Dam-size earthen structures holding 'tailings' waste

By Paul Kiernan



# FATORES NA EVOLUÇÃO DE PRÁTICAS E CUSTOS

## The RISK, PUBLIC LIABILITY, & ECONOMICS of TAILINGS STORAGE FACILITY FAILURES

Lindsay Newland Bowker<sup>1</sup> & David M. Chambers<sup>2</sup>  
July 21, 2015

Table 7.1 Documented TSF Very Serious Natural Resource Losses 1990 – 2010

<u>TSF Failure</u>	<u>Year</u>	<u>Original Currency (Millions)</u>	<u>Failure Year M US\$</u>	<u>2014 M US\$</u>	<u>Ore</u>	<u>Release (M m<sup>3</sup>)</u>	<u>Run Out (km)</u>	<u>Deaths</u>
Kingston Fossil Plant, Harriman, Tennessee, USA	2008	US 1,200	\$1,200	\$1,300		5.4	4.1	
Taoshi, Linfen City, Xiangfen, Shanxi Province, China	2008	US 1,300	\$1,300	\$1,429	Fe	0.19	2.5	277
Baia Mare, Romania	2000	US 179	\$179	\$246	Au	0.1	5.2	
Los Frailes, Spain	1998	EU 275	\$301	\$437	Zn/Cu /Pb	4.6	5	
Marinduque Island, Philippines	1996	P 180 + US 114	\$123	\$185	Cu	1.6	27	
Omai, Guyana	1995	US 100	\$100	\$156	Au	4.2	80	
Merriespruit, South Africa	1994	R 100	\$29	\$46	Au	0.6	2	17
				=====				
Average US\$2014: \$543				\$3,799				

O caso de rompimento do Fundão excedeu em volume de rejeitos liberado e valor de danos ambientais todos os casos “documentados” até 2010



### ➤ Mudanças Climáticas e Escassez de Água



**Mineradora canadense que tira ouro no Riacho dos Machados alega “falta de chuvas” para reduzir produção e salários**

*Por Marcelo Villela, junho 29th, 2015, 5:54 - [LINK PERMANENTE](#)*

### ➤ **Processo de Licenciamento Ambiental**

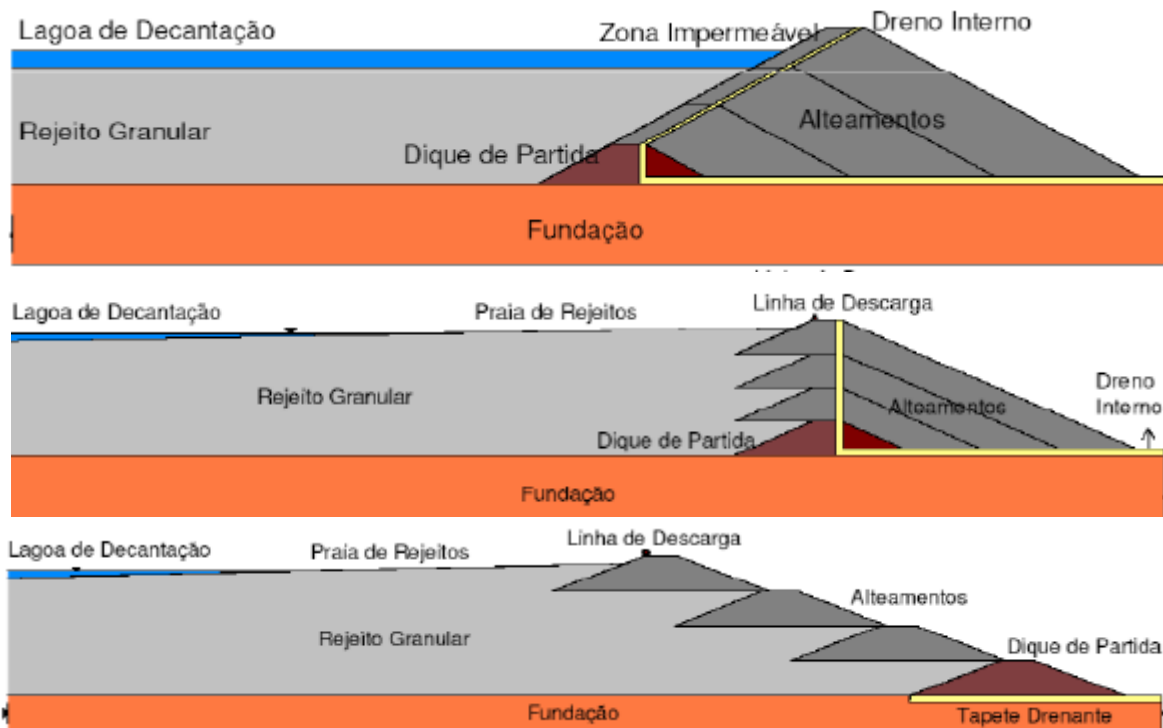
- ❑ Avaliação de Alternativas Locacionais
- ❑ Avaliação de Alternativas Tecnológicas
- ❑ Avaliação Ponderada de:
  - ❑ Custo
  - ❑ Impacto Ambiental
  - ❑ Segurançadas alternativas estudadas
- ❑ **Tendência Futura:**
  - ❖ **Análise de Risco das alternativas estudadas**

## ➤ Alternativas Tecnológicas para Gestão de Rejeitos e Águas



COMITÊ BRASILEIRO DE BARRAGENS - CBDB

### Métodos Construtivos de Barragens de Contenção de Rejeitos



### ➤ Alternativas Tecnológicas para Gestão de Rejeitos e Águas

#### Desaguamento de Rejeitos

##### Grau

##### Objetivos

- |                                    |                            |
|------------------------------------|----------------------------|
| ➤ “Espessado” (50-65% sólidos)     | Rejeito não - segregável   |
| ➤ “Pasta” (65-80% sólidos)         | Eliminar exsudação de água |
| ➤ “Torta filtrada” ( >85% sólidos) | Construção de Aterro       |



## Desaguamento de Rejeitos

### Grau de Desaguamento versus Volume de Agua retirada dos Rejeitos

$$FS = (MS) / (MS + MA)$$

FS= fração de sólidos

MS= massa de sólidos (1,00t)

Ma= massa de agua

$$MA = (MS/FS) - MS$$

Grau de Desaguamento	FS	MA	Volume de Agua desviado
Sem espessamento	0,30	2,33 m3	0
Espessado	0.60	0,67 m3	1,66 m3/t
Pasta	0,80	0,25 m3	2,08 m3/t
Torta Filtrada	0,93	0,08 m3	2,15 m3/t

### Produção de Rejeitos

10 Mt/ano

### Volume de Água Retirado dos Rejeitos

Espessado: 17,9 Mm3/ano\*

Pasta: 20,8 Mm3/ano\*

\* Mesma ordem de grandeza do volume de rejeitos vazado do Fundão

### ➤ **Segurança das Alternativas Tecnológicas Consideradas**

- Aterro com Rejeito Filtrado/“Seco”
  - Maior Capex e Opex
  - Maior segurança
  - Menor impacto ambiental e maior poupança de água



La Coipa - Chile



Cerro Lindo - Peru

### ➤ **Segurança das Alternativas Tecnológicas Consideradas**

#### ❑ Barragens com Alçamento para Montante e de Linha de Centro



- ❑ Segurança exige:
  - ❑ estudos e análise detalhada da resistência dos rejeitos dentro do “prisma de contenção”
  - ❑ monitoramento e análise contínua da consolidação vs ritmo de alçamento
  - ❑ redução ou eliminação do lago resultante da sedimentação dos sólidos
- ❑ Características de rompimento:
  - ❑ lago de água agrava a fluidez do rejeito, aumenta abertura de brecha no barramento e a distância de transporte da lama
  - ❑ efeito “casca de ovo”- rapidez e violência
  - ❑ a quantidade de água no reservatório de rejeitos foi fator determinante na ordem de grandeza dos maiores rompimentos

## ➤ Exemplos de Prática Internacional de Alateamentos para Montante

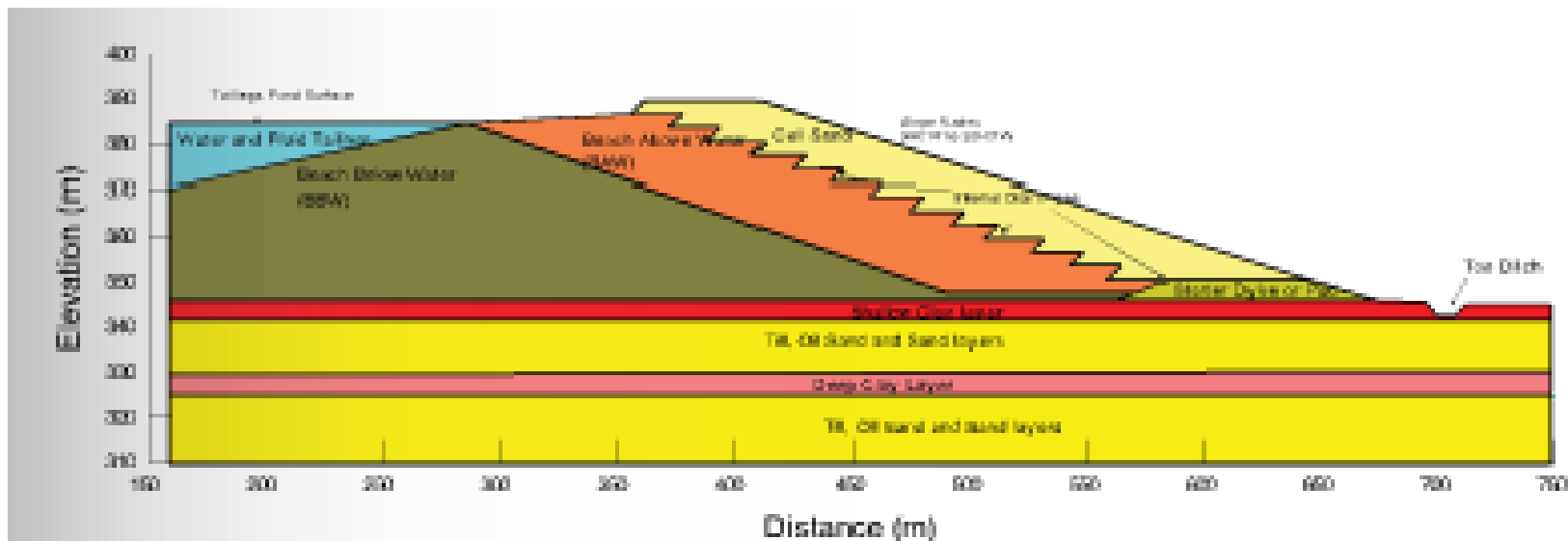


Figure 2: Typical section of a tailings dam in an external tailings area

Canadian Dam Association - Winter 2016

29

## ❖ Areias petrolíferas do Canada (efeito “casca de ovo”)

### ➤ Exemplos de Prática Internacional de Alateamentos para Montante

#### Application of CDA Dam Safety Guidelines to the Geotechnical Design of Oil Sands Tailings Dams in Northern Alberta

Arash Eshraghian, Ph.D, P.Eng, Golder Associates, Calgary, Alberta, Canada  
Dennis E. Becker, Ph.D., P.Eng, Golder Associates, Calgary, Alberta, Canada

#### Areias Petrolíferas do Canada

- ❖ Produção anual de rejeitos: >100Mt
  - ❖ Terreno plano
  - ❖ Taxa de alteamento anual : 8 a 10m
  - ❖ Taludes de 4H:1V até 20H:1V
  - ❖ Alturas máximas : 80 a 100 m
- 
- ❖ **Tendência atual: tratamento físico-químico da fração fina para atingir meta de fechamento em condição de trafegabilidade**

➤ Exemplos de Prática Internacional de Alteamentos para Montante

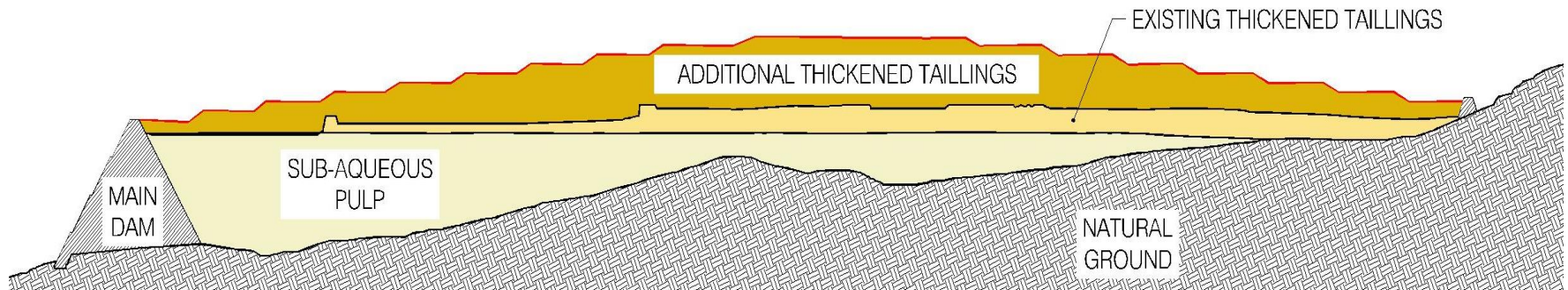
# UPSTREAM STACKING OF THICKENED TAILINGS AT NEVES CORVO

R. Lopes *Golder Associates, Canada*

R. Bahia *Golder Associates, Portugal*

M. Jefferies *Golder Associates, UK*

M. Oliveira *Lundin/Somincor, Portugal*



PASTE 2015  
Cairns, Australia

- ❖ Projeto em fase operacional
- ❖ Rejeito espessado de granulometria fina: D50~ 10 micras
- ❖ Talude geral : 20H: 1V (5%)
- ❖ Taxa de alteamento anual: <5m
- ❖ Alteamento final: <30m
- ❖ Reduziu lago de agua de 190Ha para ~12Ha



### ➤ Mudanças Climáticas e Escassez de Água

- ❑ Desaguamento de rejeitos já é o “base case” das alternativas a avaliar em regiões de clima árido ( Peru, Chile, Australia) , incluindo minas na região do Ártico, e cada vez com maior frequência acaba sendo a solução implantada
- ❑ Alterações climáticas e competição por recursos hídricos afetados por secas serão fatores na obrigatoriedade futura de avaliar as alternativas tecnológicas de desaguamento de rejeitos para sua disposição em superfície ; no caso da mineração subterranea , deverá aumentar a sua utilização para enchimento de mina ( ex: Mineração Caraiba, projeto da Golder em 1998)

### RESUMO

- ❑ A conjugação da baixa do valor dos metais com uma eventual proibição de uso futuro de alteamento para montante para disposição de rejeitos poderá inviabilizar algumas operações com resultados marginais ( caso da mineração das areias petrolíferas no Canada)
- ❑ A implantação de legislação detalhada para o licenciamento de barragens de rejeito com alteamento para montante, com ênfase na minimização ou eliminação de lagos de agua no reservatório e em sistemas de monitoramento contínuo adequados, seria uma alternativa a proibição desse conceito de gestão de rejeitos.
- ❑ O desaguamento de rejeitos tem o potencial para aumentar significativamente a segurança das estruturas de armazenamento de rejeitos e reduzir a utilização de agua nova na operação de beneficiamento do minério ; porem a seleção de solução mais adequada requererá sempre uma análise ponderada de custos, segurança e impacto ambiental de cada opção tecnológica.