

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



IBC BRASIL



International Business Communications
Presenting Business with Knowledge

Prof. Dr. Roberto Kochen
Diretor Técnico

Junho/2009

www.geocompany.com.br

55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



International Business Communications
Presenting Business with Knowledge



- ◆ Segurança em Barragens e Hidrelétricas - Gerenciamento de Riscos Geológicos / Geotécnicos.
- ◆ Aspectos Intervenientes:
 - qualidade do maciço da barragem (solos e rochas)
 - formas de implantação da barragem, reservatório e unidade de geração
 - Monitoramento, elevação e oscilação do lençol freático nos maciços de solo e rocha
 - Instrumentação e avaliação da segurança da barragem
 - Fatores Críticos para Garantir a Segurança e Minimizar Riscos
 - Análise de Riscos na Avaliação da Segurança de Barragens
 - Controle de Qualidade e Fiscalização
 - Qualificação Profissional na Área de Segurança de Barragens
 - Aspectos geológicos e geotécnicos (fundação, ombreiras, reservatório, etc.)
- ◆ Roberto Kochen (Diretor Técnico, GeoCompany – Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente)

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Científicos
Resolving Earth's Most Challenging Problems



◆ RISCO

- **É o evento ou condição incerta, que poderá ter efeitos positivos e/ou negativos.**

- Impactos na construção
- Custos de Construção, Operação e Manutenção

www.geocompany.com.br

55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Científicos
Resolving Earth's Most Challenging Problems



◆ Casos Históricos de Acidentes em Barragens

- Barragem de Malpasset, França, 1959
- Em dezembro de 1959, a fundação da Barragem de Malpasset, França (em arco de concreto), se movimentou, e a estrutura rompeu subitamente. A onda de cheia resultante da ruptura matou mais de 450 pessoas.

www.geocompany.com.br

55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Científicos
Resolving Earth's Most Challenging Problems



"Restos" da Barragem de Malpasset, em data recente



www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Científicos
Resolving Earth's Most Challenging Problems



- Barragem de Vajont, Italia, 1963
- Em outubro de 1963, a encosta do reservatório da barragem de Vajont, Itália, rompeu subitamente. A onda de cheia resultante da ruptura matou mais de 2.500 pessoas, na cidade de Longarone, a jusante da barragem.



- Cidade de Longarone, a jusante da barragem de Vajont, antes da ruptura de 63

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Científicos
Resolving Geotechnical Problems



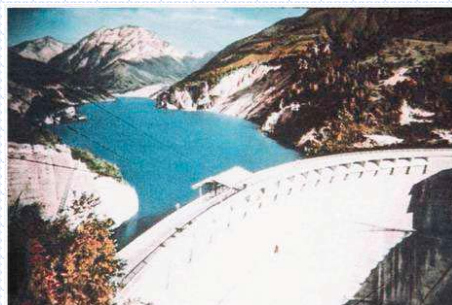
- ◆ O que restou de Longarone após a cheia causada pelo transbordamento da Barragem de Vajont, em consequência da ruptura súbita da encosta do Monte Toc. Cerca de 2.500 pessoas morreram.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Científicos
Resolving Geotechnical Problems



- ◆ Barragem de Vajont no enchimento do reservatório. No centro da foto vê – se o Monte Toc, com a encosta instável visível na cicatriz branca ao fundo.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Científicos
Resolving Geotechnical Problems



- ◆ No enchimento do reservatório, o pé do Monte Toc ficou submerso, gerando a ruptura súbita. Os detritos da ruptura são visíveis na parte central da foto. A ruptura súbita gerou uma onda de 100 m de altura, que transbordou o reservatório. A barragem em si praticamente não sofreu danos.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Científicos
Resolving Geotechnical Problems



Vista Atual da Cidade de Longarone, com a Barragem de Vajont ao Fundo



www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Científicos
Resolvendo Problemas e Melhorando a Vida



1. O que é risco?
2. Como Percebo que existem riscos?
3. Riscos são bons ou maus?
4. Quais riscos devo aceitar? Quais devo rejeitar?
5. Como Faço para não ficar inconsciente dos riscos?

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Científicos
Resolvendo Problemas e Melhorando a Vida



- Casos Recentes de Rupturas de Barragens no Brasil (lista parcial retirada da imprensa)
 - Barragem Epitácio Pessoa, PA
 - Barragem São Gonçalo, PA
 - Barragem Namorados, São João do Cariri, PA
 - Açude Cajazeiras, Pio IX, PI
 - Arneiroz II, CE
 - Barragem Espora, Aporé, GO
 - Barragem Apertadinho, Vilhena, RO
 - Campos Novos (SC) : Painel de Estudos de Caso
 - Rio Pomba, Cataguazes, MG
 - Camará (PB) : Painel de Estudos de Caso
 - PCH Belém (RO)
 - Itapebi : Painel de Estudos de Caso

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Científicos
Resolving Geotechnical Problems



Risco é um evento composto de três elementos:

- **Probabilidade, Escolha e Conseqüência;**

Por exemplo: Molhar-se com água de chuva durante o percurso de sua casa até o escritório...é um risco. A Probabilidade de isto ocorrer é o número de dias que choveu, no horário de ida ao trabalho, durante o ano passado, dividido por 365. As Conseqüências (ou impactos) deste evento, são:

- ❖ I) Gripe; ii) Constrangimento; iii) Desconforto durante o expediente.

As possíveis escolhas para este evento são:

- ❖ Aceitar o risco (... não me importo de me molhar e odeio guarda-chuvas)
- ❖ Descobrir um conjunto de controles que minimizem (ou mitiguem) as chances de ser vitimado pelo evento, caso ele ocorra.

www.geocompany.com.br

55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Científicos
Resolving Geotechnical Problems



Controles: são políticas, procedimentos, práticas ou estruturas organizacionais desenhadas de forma a prover uma garantia razoável de que os objetivos de negócio serão atingidos e que eventos indesejáveis serão prevenidos ou detectados e corrigidos.

Para o risco anterior temos a seguinte situação:

- Objetivo : trabalhar sempre seco.

www.geocompany.com.br

55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Riscos Comerciais e Operacionais
Integrating Business and Operational Risks



Os controles neste caso são as seguintes práticas:

- ◆ De forma detectiva:
 - Consultas realizadas diariamente à previsão do tempo;
- ◆ De forma preventiva:
 - Portar diariamente um guarda-chuvas;
 - Utilizar automóvel diariamente - desde o estacionamento coberto de sua casa, até o estacionamento coberto do prédio do escritório.
- ◆ De forma corretiva:
 - Gerenciar a crise (trabalhar molhado com risco de pegar uma pneumonia)

www.geocompany.com.br

55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Riscos Comerciais e Operacionais
Integrating Business and Operational Risks



Cinco pontos básicos na Gestão de Riscos em Barragens

- Plano e estratégia de gerenciamento de riscos
- Processo de identificação dos riscos
- Processo de qualificação dos riscos
- Processo de quantificação dos riscos
- Processo de monitoramento e controle dos riscos

www.geocompany.com.br

55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS

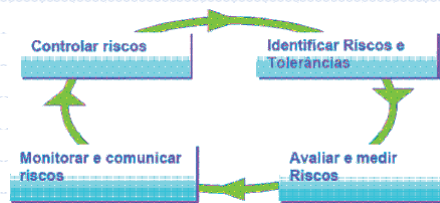


Integração de Recursos e Competências
Integrating Resources and Competences



Plano de Gerenciamento de Riscos

Inclui uma seqüência obrigatória de atividades:



www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos e Competências
Integrating Resources and Competences



Tendências Gerais no Setor de Barragens

- ◆ Tendência para contratos de preço global
- ◆ Condições de contrato unilaterais
- ◆ Cronogramas apertados
- ◆ Orçamentos financeiros baixos
- ◆ Competição leonina
- ◆ Necessidade de procedimentos pró-ativos de gerenciamento de riscos

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Riscos Sistemáticos
Resolving Risks...with Knowledge



Exemplos Recentes de Gestão Inadequada de Riscos Geológicos / Geotécnicos

Barragem de Camará – Falha na Ombreira Esquerda (Rel. Prof. Milton Kanji)



www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS

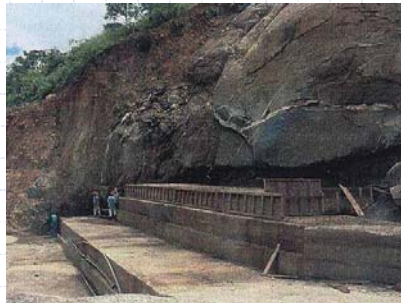


Integração de Riscos Sistemáticos
Resolving Risks...with Knowledge



Solução de Obra

Preenchimento da Falha Geologica Encontrada (superficialmente)



www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Científicos
Resolving Earth's Most Complex Challenges



Resultado

Ruptura da Barragem e Esvaziamento Súbito do Reservatório (5 vítimas)



www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Científicos
Resolving Earth's Most Complex Challenges



Barragem de Aporé, GO (2008)

Barragem transborda no sudoeste de Goiás



www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Científicos
Resolving Engineering Challenges



Aspectos Relevantes:

A maioria das rupturas ocorre em barragens pequenas ($H \leq 30$ m)

A maioria das rupturas se dá em barragens recém construídas, ou sem inspeção / manutenção

Barragens de concreto : problemas de fundação são a causa mais frequente

Barragens de terra e enrocamento : galgamento, erosão interna, fundação

Estruturas auxiliares : p.ex., insuficiência de vazão nos dispositivos de descarga

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Científicos
Resolving Engineering Challenges



Análise de Riscos em Barragens:

- ◆ **Identificar riscos em potencial**
- ◆ **Identificar modos de ruptura**
- ◆ **Estimativa estatística de risco**
- ◆ **Avaliar medidas de redução de risco**
- ◆ **Avaliar medidas corretivas necessárias**
- ◆ **Estabelecer estratégia de mitigação de riscos**

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Científicos
Resolving Business with Knowledge



- ◆ **Risco = f (danos, probabilidade, consequencia)**
- ◆ **O que pode dar errado (danos) ?**
- ◆ **Quanto isso é provável (probabilidade) ?**
- ◆ **Que perdas (materiais, ambientais, vidas, etc.) isto causará (consequencia) ?**

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Científicos
Resolving Business with Knowledge



Alguns exemplos de Riscos em Barragens e Hidrelétricas

- ◆ **Talude de Montante**
 - Sumidouros;
 - Rachaduras grandes;
 - Deslizamentos, afundamentos ou escorregamentos;
 - Taludes íngremes e bancadas de escavação;

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Científicos
Resolving Engineering Challenges



- Rip-rap incompleto, destruído ou deslocado;
- Erosão por trás do rip-rap mal graduado;

◆ Talude de Jusante

- Deslizamento/charco;
- Rachaduras transversais;
- Desabamento;
- Rachaduras longitudinais;

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Científicos
Resolving Engineering Challenges



- Afundamentos;
- Erosão;
- Árvores/arbustos;
- Buracos de animal;
- Área molhada em faixa horizontal;
- Vazamentos vindo das ombreiras;
- Tráfego de gado/animais domésticos;

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Científicos
Resolving Earth's Challenges



◆ **Crista**

- Rachadura longitudinal;
- Deslocamento vertical;
- Desabamentos na crista;
- Rachaduras transversais;
- Crista desalinhada;
- Depressões na crista da barragem;

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Científicos
Resolving Earth's Challenges



◆ **Áreas a Jusante da Barragem**

- Vegetação excessiva;
 - Buracos de animal;
 - Voçoroca na crista;
 - Trilhas ao longo da crista;
- Áreas encharcadas a jusante da barragem;

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Estratégicos
Resolving Business Challenges



◆ Talude de Jusante de Concreto

- Face de concreto rachada ou deteriorada;
- Rachaduras devido ao ressecamento;

◆ Vertedouros e Dispositivos de Descarga

- Vegetação excessiva ou detritos no canal;
- Canais erodidos;
- Erosão excessiva ou deslizamento de terra causando uma concentração de fluxo;

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Estratégicos
Resolving Business Challenges



- Problemas embaixo do final da calha do vertedouro;
- Parede deslocada;
- Rachaduras grandes;
- Juntas abertas ou deslocadas;
- Perda ou quebra do rip-rap;
- Deterioração de material – desintegração de rip-rap, concreto, etc;
- Canaletas trincadas;

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Científicos
Resolving Business Challenges



- Erosão, abrasão e fraturas no concreto;
- Vazamento dentro e ao redor do sangradouro;
- Infiltração em uma junta construída ou rachaduras numa estrutura de concreto;

◆ Entradas d'água, Saída d'água e Drenos

- Dano na tubulação da saída d'água, rachadura;
- Buraco;
- Juntas desiguais;

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Científicos
Resolving Business Challenges



- Aumento no fluxo ou sedimento na saída do dreno;
- Dispositivos de controle danificados;
- Ruptura da estrutura de concreto da saída d'água;
- Saída da água liberada erodindo o pé da barragem;

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Especializados
Integrating Resources and Specialized Knowledge



◆ Vazamento nos Dispositivos de Controle de Vazão

- Detritos presos embaixo da comporta;
- Comporta rachada;
- Danos no apoio ou guias da comporta;
- Água de infiltração saindo por um ponto adjacente à saída d'água;

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Especializados
Integrating Resources and Specialized Knowledge



Objetivos e Resultados do Procedimento de Gerenciamento de Riscos

- ◆ Estabelecer padrões mínimos de avaliação de riscos e procedimentos de gerenciamento de riscos
- ◆ Reduzir as probabilidades de perdas e danos

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Especializados
Integrating Resources and Specialized Knowledge



Check List para Avaliação da Segurança de Barragens – Construção e Operação

- ◆ **AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA DE BARRAGENS**
- ◆ CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM
- ◆ INSPEÇÃO DO LOCAL
- ◆ ANÁLISE CRÍTICA DO PROJETO E CONSTRUÇÃO
- ◆ ANÁLISE CRÍTICA DA OPERAÇÃO
- ◆ ANÁLISE CRÍTICA DA MANUTENÇÃO
- ◆ INSPEÇÃO E MONITORAÇÃO DO DESEMPENHO DA BARRAGEM
- ◆ PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL
- ◆ COMPATIBILIDADE COM AVALIAÇÕES ANTERIORES
- ◆ RELATÓRIO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS
- ◆ INSUFICIÊNCIA DOS REQUISITOS DE SEGURANÇA

www.geocompany.com.br

55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Especializados
Integrating Resources and Specialized Knowledge



◆ **OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E INSPEÇÃO (OMI)**

- ◆ **OPERAÇÃO**
- ◆ PROCEDIMENTOS PARA A OPERAÇÃO EM REGIME DE CHEIAS
- ◆ PROCEDIMENTOS PARA OPERAÇÃO DE EMERGÊNCIA
- ◆ CONTROLE DE MATERIAIS FLUTUANTES E/OU ENTULHOS
- ◆ CONTROLE DA SALINIZAÇÃO
- ◆ CONTROLE DA EUTROFIZAÇÃO
- ◆ PREVISÃO DE CHEIAS

- ◆ **MANUTENÇÃO**
- ◆ ESTRUTURAS DE CONCRETO
- ◆ ESTRUTURAS METÁLICAS
- ◆ BARRAGENS DE TERRA
- ◆ EQUIPAMENTOS
- ◆ COMUNICAÇÃO E CONTROLE
- ◆ VIAS DE ACESSO À BARRAGEM E ÀS ESTRUTURAS ANEXAS
- ◆ MANUTENÇÃO DA ÁREA DA FAIXA DE PROTEÇÃO

www.geocompany.com.br

55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Científicos
Integrating Resources and Knowledge



- ◆ **INSPEÇÃO E MONITORAÇÃO**
- ◆ PADRONIZAÇÕES
- ◆ INSPEÇÕES REGULARES
- ◆ INSPEÇÕES EMERGENCIAIS
- ◆ INSTRUMENTAÇÃO
- ◆ ENSAIOS
- ◆ IMPLEMENTAÇÃO DE RECOMENDAÇÕES, OBRAS E/OU REPAROS
- ◆ SEGURANÇA PATRIMONIAL

- ◆ **PROCEDIMENTOS DE EMERGÊNCIA**
- ◆ PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL (PAE)
- ◆ TREINAMENTO
- ◆ ESTUDOS DE INUNDAÇÃO
- ◆ SISMOS

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Científicos
Integrating Resources and Knowledge



- ◆ **CHEIAS**
- ◆ ANÁLISE ESTATÍSTICA DE CHEIAS
- ◆ CHEIA MÁXIMA PROVÁVEL (CMP)

- ◆ **DISPOSITIVOS DE DESCARGA**
- ◆ BORDA LIVRE
- ◆ CAPACIDADE DE DESCARGA DAS ESTRUTURAS HIDRÁULICAS
- ◆ OPERAÇÃO DURANTE AS CHEIAS
- ◆ OPERAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE CONTROLE DE DESCARGAS
- ◆ INSTRUMENTAÇÃO DE CONTROLE
- ◆ EQUIPAMENTO DE EMERGÊNCIA

CONSIDERAÇÕES GEOTÉCNICAS PARA BARRAGENS DE TERRA E FUNDAÇÕES EM SOLO

- ◆ BARRAGENS DE TERRA E FUNDAÇÕES EM SOLO
- ◆ MONITORAÇÃO E INSTRUMENTAÇÃO
- ◆ ESTABILIDADE
- ◆ BORDA LIVRE

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Especializados
Engineering Services • Consulting • Research



- ◆ PERCOLAÇÃO E CONTROLE DA DRENAGEM
- ◆ FISSURAÇÃO
- ◆ EROÇÃO SUPERFICIAL
- ◆ LIQUEFAÇÃO
- ◆ RESISTÊNCIA A SISMOS
- ◆ BARRAGENS SOBRE FUNDAÇÃO EM ROCHA
- ◆ ESTABILIDADE DA FUNDAÇÃO
- ◆ PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA AO CISLHAMENTO
- ◆ PERCOLAÇÃO E DRENAGEM
- ◆ ESTRUTURAS ASSOCIADAS
- ◆ MOVIMENTAÇÃO DA FUNDAÇÃO
- ◆ ESTABILIDADE DE TALUDES
- ◆ PERCOLAÇÃO
- ◆ ESTRUTURAS CELULARES COM PREENCHIMENTO E OUTRAS ESTRUTURAS EM PRANCHÕES DE MADEIRA .
- ◆ BARRAGENS DE ENROCAMENTO COM FACE DE CONCRETO
- ◆ BARRAGENS DE ENROCAMENTO SUJEITAS À PERCOLAÇÃO

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Especializados
Engineering Services • Consulting • Research



- ◆ **ESTRUTURAS DE CONCRETO**
- ◆ CONDIÇÕES DA ESTRUTURA E DO LOCAL
- ◆ AÇÕES DE PROJETO
- ◆ COMBINAÇÃO DE CARREGAMENTOS
- ◆ CASO DE CARREGAMENTO NORMAL (CCN)
- ◆ CASO DE CARREGAMENTO EXCEPCIONAL (CCE)
- ◆ CASOS DE CARREGAMENTO DE CONSTRUÇÃO
- ◆ COMBINAÇÕES DE AÇÕES
- ◆ INDICADORES DE DESEMPENHO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO
- ◆ ANÁLISE DE ESTABILIDADE E COEFICIENTES DE SEGURANÇA
- ◆ ANÁLISE DE TENSÕES, TENSÕES ADMISSÍVEIS, TENSÕES DE SERVIÇO E DEFORMAÇÕES

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Científicos
Resolving Earth's Challenges



- ◆ **RESERVATÓRIO E EFEITOS DO MEIO AMBIENTE**
- ◆ ENTULHO E VEGETAÇÃO NO RESERVATÓRIO
- ◆ MARGENS DO RESERVATÓRIO
- ◆ QUALIDADE DA ÁGUA
- ◆ SEDIMENTAÇÃO E ASSOAREAMENTO
- ◆ ESVAZIAMENTO DO RESERVATÓRIO
- ◆ ECOLOGIA
- ◆ REGRAS AMBIENTAIS PARA CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS
- ◆ REGRAS AMBIENTAIS PARA CONSTRUÇÃO DE AÇUDES
- ◆ PLANO DE CONTROLE E RECUPERAÇÃO DAS ÁREAS DAS JAZIDAS DE EMPRÉSTIMO
- ◆ PLANO DE DESMATAMENTO E LIMPEZA DA ÁREA DE INUNDAÇÃO

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Científicos
Resolving Earth's Challenges



- ◆ **INSPEÇÕES PARA A AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA DE BARRAGENS**
- ◆ AVALIAÇÕES DE PROJETO, CONSTRUÇÃO E DESEMPENHO
- ◆ IDENTIFICAÇÃO E REGISTROS DOS PROBLEMAS E FRAGILIDADES
- ◆ FORMULAÇÃO E RELATÓRIO DAS CONSTATAÇÕES
- ◆ FAMILIARIDADE COM OS MODOS E CAUSAS DE FALHAS
- ◆ VISTORIAS LOCAIS
- ◆ ARRANJOS PARA VISTORIA
- ◆ ELEMENTOS A SEREM VISTORIADOS
- ◆ RELATÓRIO DE VISTORIA
- ◆ ANÁLISE TÉCNICA

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Especializados
Resolving Business Challenges



- ◆ REQUISITOS MINIMOS PARA UMA AVALIAÇÃO DE RISCOS
- ◆ SITUAÇÃO GERAL DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO
- ◆ SITUAÇÃO GERAL DO RESERVATÓRIO E ACESSOS
- ◆ AVALIAÇÃO GEOLÓGICA E GEOTÉCNICA
- ◆ APRECIÇÃO DOS ESTUDOS HIDROLÓGICOS
- ◆ INSTRUMENTAÇÃO DE ADVERTÊNCIA, SEGURANÇA E DESEMPENHO
- ◆ ALTERAÇÃO NAS CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS E OCORRÊNCIAS

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Especializados
Resolving Business Challenges



MODELO DE LISTA DE INSPEÇÃO (Min. Int. Nac.)

Barragem:	
Empreendimento:	
Região:	
Vistoriado por:	
Data da Vistoria:	
Estado Operacional da Vistoria:	
Superfície da Água no Reservatório:	Ha
Armazenamento no Reservatório:	m ³
Nível Máximo de Operação - Cota:	m
Cota Máxima da Superfície da Água no Reservatório:	m
Nível máximo histórico do Reservatório:	m
Barramento:	
Tipo:	
Altura:	m
Comprimento da Crista:	m
Descargas:	
Vertedouro:	m ³ /s
Obras de Restituição:	m ³ /s
Canal:	m ³ /s
Descarregador de Fundo:	m ³ /s
Tomada D'água:	m ³ /s

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Especializados
Resolving business challenges



Legenda:

Situação
NA - Não Aplicável
NE - Não Existente
PV - Primeira Vez
DS - Desapareceu
DI - Diminuiu
PC - Permaneceu Constante
AU - Aumentou
NI - Não Inspecionado (Justificar)

Nível de Perigo: (NP) (*)
0 - Nenhum
1 - Atenção
2 - Alerta
3 - Emergência

(*) NÍVEL DE PERIGO

- 0 - Nenhum: Anomalia que não compromete a segurança da barragem, mas que pode ser
- 1 - Atenção: Anomalia que não compromete a segurança da barragem a curto prazo, mas deve ser controlada e monitorada ao longo do tempo;
- 2 - Alerta: Anomalia com risco a segurança da barragem, devem ser tomadas providências para eliminação do problema;
- 3 - Emergência: Risco de ruptura iminente, situação fora do controle.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Especializados
Resolving business challenges



LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO						NP	CAUSA
A. INFRAESTRUTURA OPERACIONAL:								
Falta de documentação sobre o açude								
Falta de material para manutenção								
Falta de treinamento (Indicar órgão responsável)								
Frecuidade de acesso de veículos								
Falta de energia elétrica								
Falta de sistema de comunicação eficiente								
Falta ou deficiência nas placas de aviso								
Falta de acompanhamento da gerência ou do (indicar órgão responsável)								
Comentários:								

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO						NP	CAUSA
B. BARRAGEM								
B.1 Talude de Montante								
Escorões								
Escorregamentos								
Rachaduras/afundamento (laje de concreto)								
Rip-Rap incompleto, destruído ou deslocado								
Afundamentos e buracos								
Árvores e arbustos								
Erosão nos encostos das ombreiras								
Canaletas quebradas ou obstruídas								
Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais								
Sinais de movimento								
Comentários:								

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Especializados
Resolving business challenges



LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO						NP	CAUSA
B.2 Corrosão								
Erosões								
Rachaduras								
Falta de revestimento								
Afiandamentos e buracos								
Árvores e arbustos								
Defeitos na drenagem								
Defeitos no meio-fio								
Formigueiros, cupuzeros ou tocas de animais								
Sinais de movimento								
Desalinhamento do meio-fio								
Ameaça de lavar a barragem								
Comentários:								

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO						NP	CAUSA
B.3 Talude de Jusante								
Erosões								
Escorregamentos								
Rachaduras/afundamento (laje de concreto)								
Falta de Proteção Giratória								
Falta ou defeito no revestimento								
Afiandamentos e buracos								
Árvores e arbustos								
Erosão no encontro das ombreiras								
Carreiras e buracos nas ombreiras								
Canetas quebradas ou obstruídas								
Formigueiros, cupuzeros ou tocas de animais								
Sinais de movimento								
Sinais de revência ou áreas úmidas								
Comentários:								

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Especializados
Resolving business challenges



LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO						NP	CAUSA
B.4 Região de Jusante da Barragem								
Construções irregulares próximas ao leito do rio								
Revência								
Árvores/arbustos na faixa de 10 m do pé da barragem								
Comentários:								

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO						NP	CAUSA
B.5 Instrumentação								
Acesso precário aos instrumentos								
Piezômetros entupidos ou defeituosos								
Marcos de recalque defeituosos								
Medidores de nível do reservatório defeituosos								
Medidores de vazão de percolação defeituosos								
Falta de instrumentação								
Comentários:								

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Especializados
Resolving business challenges



LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
C. SANGRADOURO										
C.1 Canais de Aproximação e Restituição										
Árvores e arbustos	NA	NE	PP	DE	DI	PC	AL	SI		
Obstrução ou entulhos	NA	NE	PP	DE	DI	PC	AL	SI		
Desalinhamento dos taludes e muros laterais	NA	NE	PP	DE	DI	PC	AL	SI		
Rachaduras no concreto	NA	NE	PP	DE	DI	PC	AL	SI		
Ferragem do concreto exposta	NA	NE	PP	DE	DI	PC	AL	SI		
Erosões ou escorregamentos nos taludes	NA	NE	PP	DE	DI	PC	AL	SI		
Erosão na área a jusante (erosão regressiva)	NA	NE	PP	DE	DI	PC	AL	SI		
Construções irregulares (aterro/estrada, casa, cerca)	NA	NE	PP	DE	DI	PC	AL	SI		
Comentários:										

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
C.2 Estrutura Fixação da Cota da Soleira										
Rachaduras ou trincas no concreto	NA	NE	PP	DE	DI	PC	AL	SI		
Ferragem do concreto exposta	NA	NE	PP	DE	DI	PC	AL	SI		
Descolamento da estrutura	NA	NE	PP	DE	DI	PC	AL	SI		
juntas danificadas	NA	NE	PP	DE	DI	PC	AL	SI		
Símas de deslocamentos das estruturas	NA	NE	PP	DE	DI	PC	AL	SI		
Comentários:										

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Especializados
Resolving business challenges



LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
C.3 Bacia Amortecedora										
Defeitos no concreto	NA	NE	PP	DE	DI	PC	AL	SI		
Erosões ou escorregamentos	NA	NE	PP	DE	DI	PC	AL	SI		
Obstruções	NA	NE	PP	DE	DI	PC	AL	SI		
Comentários:										

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
C.4 Muros Laterais										
Rachaduras	NA	NE	PP	DE	DI	PC	AL	SI		
Erosão nos contatos	NA	NE	PP	DE	DI	PC	AL	SI		
Erosão na fundação	NA	NE	PP	DE	DI	PC	AL	SI		
Comentários:										

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Especializados
Resolving business challenges



LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
	NA	NE	PV	ED	DI	PC	AL	NI		
D. RESERVATÓRIO										
Régua danificada ou faltando										
Construções em área de proteção										
Polição por esgoto, lixo, entulho, pesticidas, etc.										
Erosões										
Assoreamento										
Desmoronamento das margens										
Existência de vegetação aquática excessiva										
Desmatamentos na área de proteção										
Presença de animais e peixes mortos										
Pesca predatória										
Grado Pastando										
Comentários:										

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
	NA	NE	PV	ED	DI	PC	AL	NI		
E. TORRE DA TOMADA D'ÁGUA										
E.1 Entrada										
Assoreamento										
Obstrução e entulhos										
Tubulação danificada										
Registros defeituosos										
Falta de grade de proteção										
Defeitos na grade										
Comentários:										

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Especializados
Resolving business challenges



LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
	NA	NE	PV	ED	DI	PC	AL	NI		
E.2 Aclomamento										
Hastes (retila no mancal, corrosão e empenamento)										
Base dos mancais (corrosão, falta de chumbadores)										
Falta de mancais										
Corrosão dos mancais										
Pedestal: Chumbadores, lubrificação e pintura										
Falta de indicador de abertura										
Falta de volante										
Comentários:										

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
	NA	NE	PV	ED	DI	PC	AL	NI		
E.3 Comportas										
Peças Fijas (corrosão, amassamento da guia, pintura)										
Estrutura (corrosão, amassamento, pintura)										
Defeito das vedações (vazamento)										
Defeito das rodas (comporta vagão, se aplicável)										
Defeitos nos rolamentos ou buchas e retertores										
Defeito no ponto de içamento										
Comentários:										

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Especializados
Resolvendo problemas complexos



LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO										NP	CAUSA	
	SA	NE	PV	DS	DI	PC	AL	NI	NS	NU			
E.4 Estrutura													
Ferragem exposta na Estrutura da Torre													
Falta de guarda corpo na escada de acesso													
Deterioração do guarda corpo na escada de acesso													
Ferragem exposta na plataforma (Passadiço)													
Falta de guarda corpo no Passadiço													
Deterioração do guarda corpo no passadiço													
Deterioração do portão do abrigo de manobra													
Deterioração da tubulação de aeração e By-Pass													
Deterioração da Instalação de controle													
Comentários:													

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Especializados
Resolvendo problemas complexos



LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO										NP	CAUSA	
	SA	NE	PV	DS	DI	PC	AL	NI	NS	NU			
F. CAIXA DE MONTANTE													
F.1 Boca de Entrada e Stop-Log													
Assoreamento													
Obstrução e entulhos													
Ferragem exposta na estrutura de concreto													
Deterioração no concreto													
Falha de grade de proteção													
Defeitos na grade													
Peças fixas (corrosão, amassamento da guia, pintura)													
Estrutura do stop-log (corrosão, amassamento, pintura)													
Defeito no acionamento do stop-log													
Defeito no porto de içamento													
Comentários:													

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Especializados
Resolving business challenges



LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO												NP	CAUSA				
	NA	NE	PV	DR	DI	PC	AL	NI	NA	NE	PV	DR	DI	PC	AL	NI		
G. GALERIA																		
Corrosão e vazamentos na tubulação																		
Sinais de abrasão ou cavitação																		
Sinais de fadiga ou perda de resistência																		
Defeito nas juntas																		
Deformação no conduto																		
Desalinhamento do conduto																		
Surgências de água no concreto																		
Precriedade de acesso																		
Vazamento nos dispositivos de controle																		
Surgência de água junto à galeria																		
Falta de manutenção																		
Presença de pedras, lixo dentro da galeria																		
Fissuras no concreto																		
Comentários:																		

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Especializados
Resolving business challenges



LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO												NP	CAUSA				
	NA	NE	PV	DR	DI	PC	AL	NI	NA	NE	PV	DR	DI	PC	AL	NI		
II. ESTRUTURA DE SAÍDA																		
Corrosão e vazamentos na tubulação																		
Sinais de abrasão ou cavitação																		
Sinais de fadiga ou perda de resistência																		
Ruídos estranhos																		
Defeito nos dispositivos de controle																		
Falta ou deficiência nas instruções de operação																		
Surgências de água no concreto																		
Precriedade de acesso (árvores e arbustos)																		
Vazamento nos dispositivos de controle																		
Falta de manutenção																		
Construções irregulares																		
Falta ou deficiência de drenagem da caixa de válvulas																		
Presença de pedras, lixo dentro da caixa de válvulas																		
Defeitos no concreto																		
Defeitos na cerca de proteção																		
Comentários:																		

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Especializados
Resolving business challenges



LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO					NP	CAUSA
J. ESTRADAS DE ACESSO							
Estado do Pavimento	NP	OP	ES	AL	AL		
Portes	NP	OP	ES	AL	AL		
Comentários:							

K. OUTROS PROBLEMAS EXISTENTES
Comentários:

L. SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES
Comentários:

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Especializados
Resolving business challenges



AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE RISCO

- Matriz potencial de risco : tem como objetivo apresentar uma classificação das barragens, essencialmente quanto à sua segurança.
- Matriz : conjunto de parâmetros ou características técnicas do projeto.
- Permitem retratar o Grau de Periculosidade (P) (aspectos relacionados com o estado atual da barragem, com a sua história, operacionalidade e/ou facilidade de manutenção de suas estruturas hidráulicas)
- Grau de Vulnerabilidade (V) e - Importância (I), (parâmetros que, por seu vulto ou magnitude, conferem o valor estratégico associável à barragem no caso de eventual ruptura.
- Potencial de Riscos (PR) enquadramento da barragem segundo o nível de risco à sua segurança.

www.geocompany.com.br
55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Serviços Especializados
Resolvendo problemas e criando soluções



PERICULOSIDADE - P

DIMENSÃO DA BARRAGEM (a)	VOL. TOTAL DO RESERVATÓRIO (b)	TIPO DE BARRAGEM (c)	TIPO DE FUNDAÇÃO (d)	VAZÃO DE PROJETO (e)
Altura ≤ 10m e Comprimento ≤ 200m (1)	Pequeno < 20hm ³ (3)	Concreto (4)	Rocha (1)	Decamétrico (1)
10m < Altura < 20m e Comprimento ≤ 200m (3)	Médio até 200 hm ³ (5)	Alvenaria de pedral/concreto rolado (6)	Rocha alterada Saprolito (4)	Mênar (2)
20 ≤ Altura < 50m ou Comprimento 200m a 3000m (6)	Regular 200 a 800hm ³ (7)	Terra Enrocamento (8)	Solo residual/Aluvião até 4m (5)	500 anos (4)
Altura > 50m e Comprimento > 500m (10)	Muito Grande > 800hm ³ (10)	Terra (10)	Aluvião arenoso/espesso/ Solo orgânico (10)	Inferior a 500 anos ou Desconhecida (10)

NOTA – Se a vazão for desconhecida, deverá ser reavaliada, independentemente da pontuação.

P > 30 – Elevado
20 < P ≤ 30 – Significativo
10 ≤ P ≤ 20 – Baixo a Moderado

P = a + e

www.geocompany.com.br

55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Serviços Especializados
Resolvendo problemas e criando soluções



VULNERABILIDADE - V

TEMPO DE OPERAÇÃO (f)	EXISTÊNCIA DE PROJETO (AS BULT) (g)	CONFIABILIDADE DAS ESTRUTURAS VEGETACIONAIS (h)	TOMADA DE ÁGUA (i)	PERCOLAÇÃO (j)	DEFORMAÇÕES AFUNDAMENTOS/ASSENTAMENTOS (k)	DETERIORAÇÃO DOS TALUDES/PARAMENTOS (l)
> 30 anos (5)	Existem os bull Projeto e Avaliação de Desempenho (1)	Muito Satisfatória (2)	Satisfatória Controlada a montante (1)	Totalmente Controlada pelo sistema de drenagem (1)	Inexistente (2)	Inexistente (1)
de 10 a 30 anos (3)	Existem Projeto e os bull (3)	Satisfatória (3)	Satisfatória Controlada a jusante (2)	Sinais de umedecimento nas áreas de jusante, taludes ou omeiras (4)	Pequenos abatimentos da crista (2)	Falhas no rip-rip e na proteção de jusante (3)
de 5 a 10 anos (2)	Só projeto básico (5)	Suficiente (6)	Aceitável (3)	Zonas úmidas em taludes de jusante, omeiras, área alagada a jusante devido ao fluxo (6)	Ondulações pronunciadas, fissuras (6)	Falha nas proteções, drenagens insuficientes e talus nos taludes (7)
< 5 anos (3)	Não existe projeto (7)	Não satisfatório (10)	Deficiente (5)	Surgência de água em taludes, omeiras e área de jusante (10)	Depressão na crista, afundamentos nos taludes, ou na fundação/omeiras (10)	Depressão no rip-rip/ Escorregamentos, talusos profundos, de erosão, vegetação (10)

NOTA: Pontuação (10) em qualquer coluna implica intervenção na barragem, a ser definida com base em inspeção especial.

V = a + (f + l)

V > 35 – Elevada
20 ≤ V ≤ 35 – Moderada a Elevada
5 ≤ V < 20 – Baixa a Moderada
V < 5 – Muito baixa

www.geocompany.com.br

55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Científicos
Resolving Engineering Challenges



IMPORTÂNCIA - I

- Volume útil do reservatório (população beneficiada)
- População a jusante
- Custo da barragem

VOL. ÚTIL hm ³ (m)	POPULAÇÃO A JUSANTE (n)	CUSTO DA BARRAGEM (o)
grande (2) > 800	grande (2,5)	elevado (1,5)
médio (1,5) 200 a 800	média (2,0)	médio (1,2)
baixo (1) < 200	pequena (1,0)	pequeno (1,0)

$$I = \frac{m + n + o}{3}$$

www.geocompany.com.br

55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Científicos
Resolving Engineering Challenges



POTENCIAL DE RISCO - PR

CLASSE	POTENCIAL DE RISCO - PR
A	> 65 (OU V=10) - ALTO
B	40 A 65 - MÉDIO
C	25 A 39 - NORMAL
D	15 A 24 - BAIXO
E	< 15 - MUITO BAIXO

$$PR = \frac{(P + V)}{2}$$

NOTAS:

1. Barragens com PR acima de 55 devem ser reavaliadas por critérios de maior detalhe.
2. Barragens incluídas na classe A exigem intervenção, a ser definida com base em inspeção especial.

www.geocompany.com.br

55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Riscos Comerciais e Operacionais
Integrating Business and Operational Risks



Gerenciamento de Riscos no Projeto, Construção e Operação de Barragens

- ◆ "Detecção de Risco" e "Ação Corretiva"
- ◆ Risco Conceitual
- ◆ Enfoque Estruturado
- ◆ Recomendações para incremento da segurança
- ◆ Questionário (complementação de informações)
- ◆ Lista de verificação ("check list")

www.geocompany.com.br

55 11 4195-4435

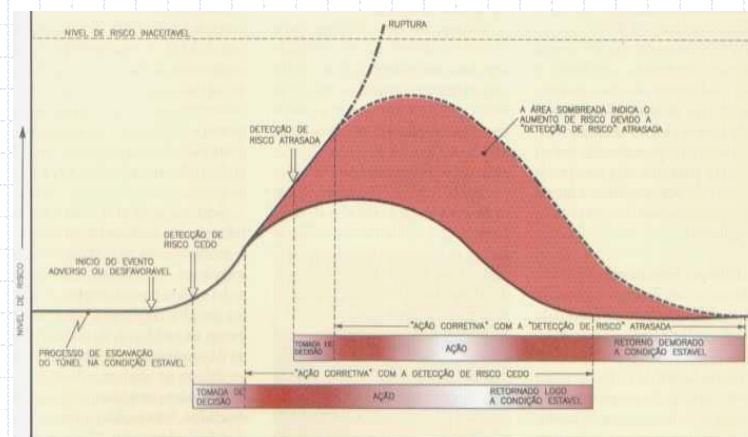
SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Riscos Comerciais e Operacionais
Integrating Business and Operational Risks



Detecção de Risco - Ação Corretiva



www.geocompany.com.br

55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Científicos
Resolving Engineering Challenges



Risco Conceitual

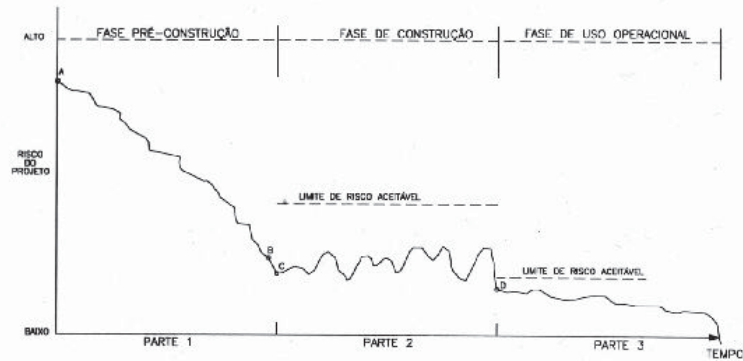


FIGURA 5.2 – Gráfico do risco de projeto desde sua concepção até o final da vida útil da tãnel

www.geocompany.com.br

55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Científicos
Resolving Engineering Challenges



Análise de Riscos e de Decisão

- ◆ **Objetivo:** analisar os problemas de riscos na construção e operação de uma forma mais estruturada, utilizando-se uma análise formal, minimizando-se os riscos.
- ◆ **Resultado:** as decisões deixam de ser intuitivas e empíricas e passam a ser mais estruturadas. Evita-se de correr riscos sem a análise de suas conseqüências.

www.geocompany.com.br

55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Científicos
Resolving Earth's Most Complex Challenges



Conclusões

As principais causas da falta de segurança no projeto, construção e operação de barragens:

- O não reconhecimento da situação hidrogeológica e geotécnica, devido a insuficiência dos estudos geológicos, geotécnicos e hidrológicos
- A falta de planejamento, controle e gerenciamento das obras, a ausência de inspeção e manutenção
- Subestimação dos riscos (não considerar a possibilidade de acidentes e/ou de rupturas)

www.geocompany.com.br

55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Científicos
Resolving Earth's Most Complex Challenges



Considerações Finais

Sugestões para aumentar a segurança no projeto, construção e operação de barragens:

- ◆ Planejamento da investigação geológica - geotécnica, e dos estudos hidrológicos, em mais de uma etapa e em função das características de construção e operação da barragem / hidrelétrica em questão
- ◆ Selecionar o método construtivo em função das condições geológicas, utilizando-se análises de riscos e de decisão
- ◆ No início do projeto, identificar os riscos e melhorar as estratégias de controle de riscos efetivos

www.geocompany.com.br

55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Estratégicos
Integrating Resources and Knowledge



- ◆ Inspeções periódicas, freqüentes, para avaliação da segurança de Barragens (identificação de anomalias e definição de medidas corretivas)
- ◆ Manutenção das estruturas, dispositivos e sistemas da barragem

Conclusões e Considerações Finais

- ◆ Implantação de Cultura de Segurança entre:
 - Projetistas, Construtores, Proprietários / Concessionários

www.geocompany.com.br

55 11 4195-4435

SEGURANÇA NO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BARRAGENS



Integração de Recursos Estratégicos
Integrating Resources and Knowledge



Todos estes procedimentos e ações, juntamente com a observância da lista de verificação ("check list") de anomalias, reduzirão os riscos no projeto, construção e operação de barragens e hidrelétricas

"Nenhum projeto está livre de riscos. Riscos podem ser gerenciados, minimizados, compartilhados, transferidos ou aceitos. Mas jamais, ignorados."

www.geocompany.com.br

55 11 4195-4435