

Barragens - Conceituação e importância do PAE

José Marques Filho



Professor da Universidade Federal do Paraná



Engenheiro Consultor da COPEL

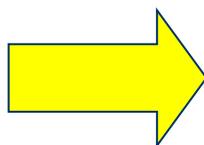
Água e Brasil



**BRASIL: 12% DA ÁGUA
DOCE SUPERFICIAL DO
PLANETA**



Fonte: ANA

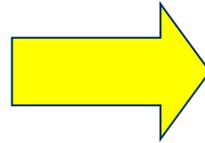


Recursos Hídricos
Abundantes

Brasil

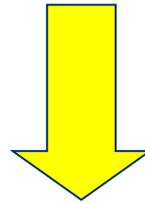
- Energia Predominantemente hidráulica
- **Situação energética crítica**
- Pressão por água tratada nos grandes centros
- **Péssimo índice de tratamento de dejetos**
- Mudanças significativas no perfil econômico
- Alterações ambientais profundas
- Legislação ambiental severa
- Pobreza endêmica





**Recursos Hídricos
Abundantes**

Brasil



VANTAGEM COMPETITIVA

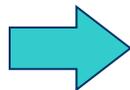
A ser explorado com responsabilidade e anuência da sociedade brasileira.







Sociedade Humana
Atual



Totalmente dependente da INFRA-
ESTRUTURA Instalada

Direito de ir e vir

Acesso à **água**

Energia

Tratamento de Dejetos

Empregos de Qualidade

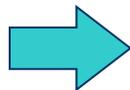


Manutenção do Tecido Social

Responsabilidade com o Meio

Ambiente

Sociedade Humana
Atual



Grandes AGLOMERAÇÕES humanas

Aumento constante da População

Regiões Metropolitanas com MILHÕES de
habitantes



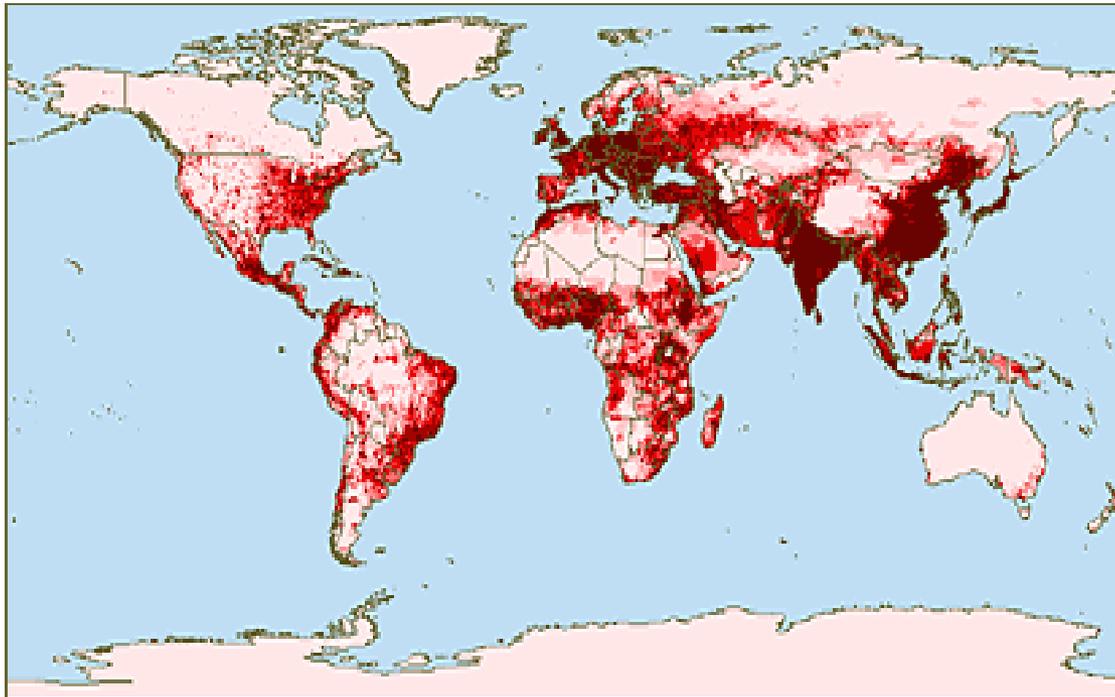
Preocupação constante com: Água,
Energia, Esgoto, moradia, Insumos para
produção e transporte

População Mundial

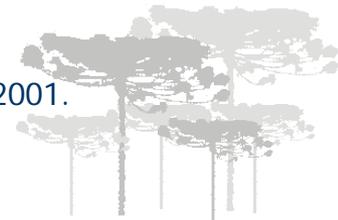
Deverá crescer 35% até 2050:

7 bilhões → 9,3 bilhões.

(2,3 bilhões: países pobres)



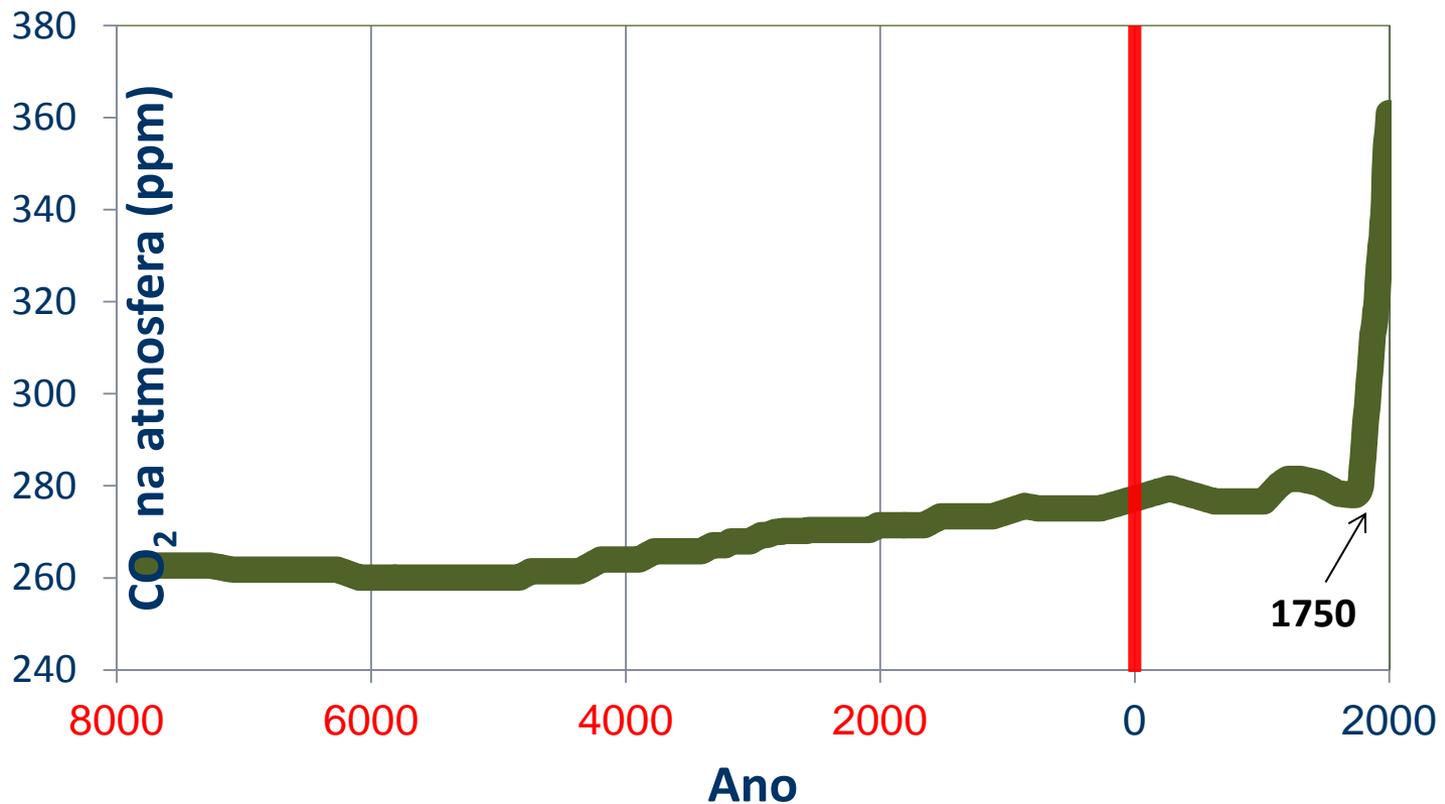
Fonte: *World Population Prospects, The 2000 Revision*, Divisão de População, ONU, 2001.



Necessidade de Melhoria de Qualidade de Vida



CO₂ na atmosfera



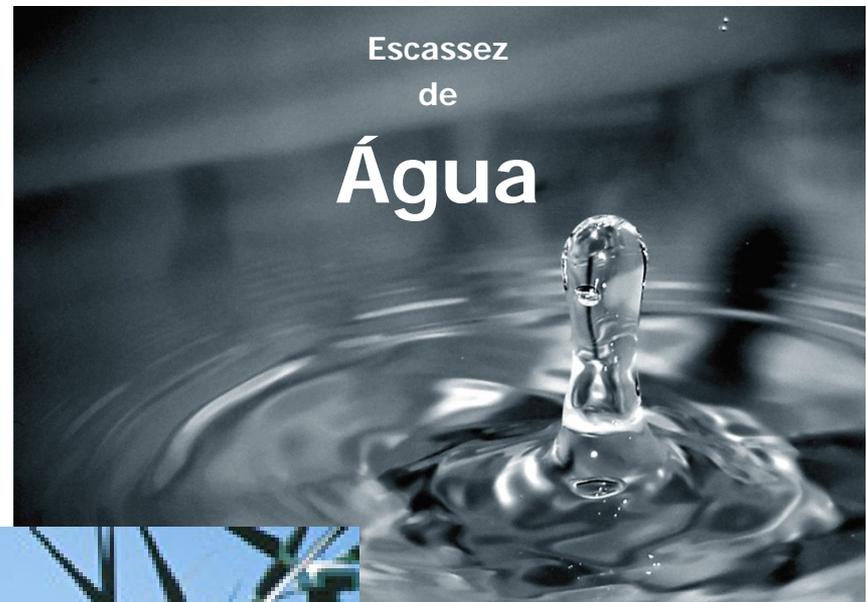
IPCC - Climate Change 2007: The Physical Science Basis - Summary for Policymakers
<http://www.ipcc.ch/>



Problemas possíveis Século XXI



**Aquecimento
Global**

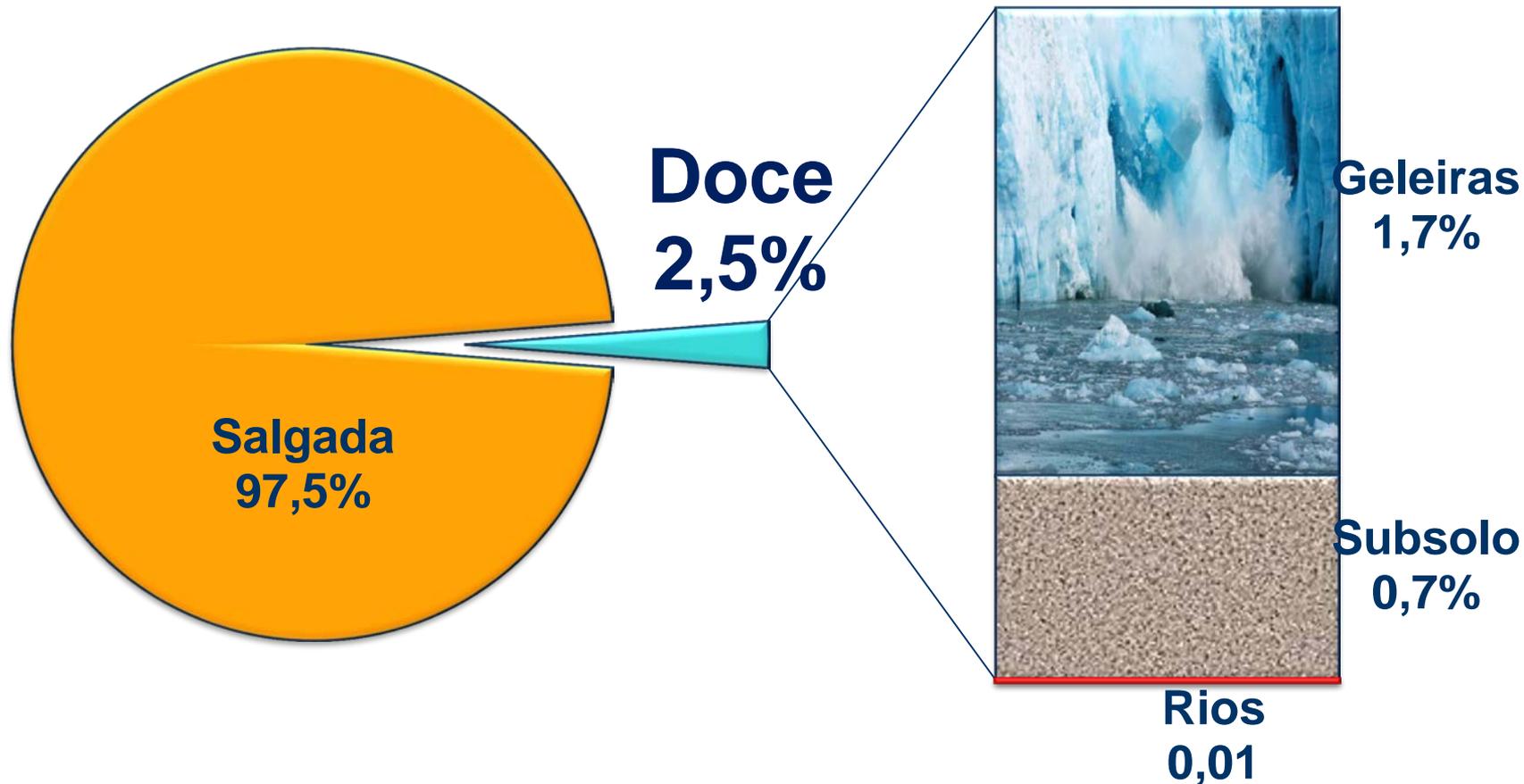


Escassez
de
Água



Energia
Esgotamento do
petróleo e
emissões

Água no planeta

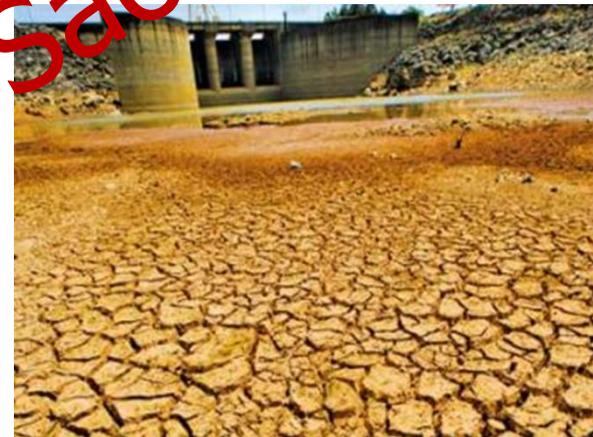


UNEP Water

Agradecimento: Prof Vanderley John



Eventos Extremos



Lembrem-se da
seca em São Paulo

Barragem do sistema Cantareira 2007 (Marcos Bahé)

Enchentes e chuvas torrenciais Frequentes

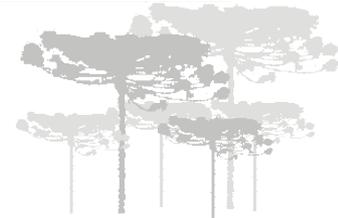
Secas intensas e prolongadas



Estatisticamente **hoje é possível** afirmar que o **clima médio** alterou



Verifica-se que os **eventos extremos** são **mais frequentes**



PERGUNTA

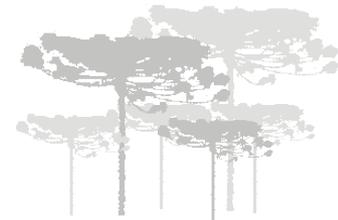
- FALTA DE ÁGUA EM SÃO PAULO:
 - Faltaram obras
- E se **PERDER** um de seus reservatórios?
- SEGURANÇA HÍDRICA ALÉM DE NOVOS EMPREENDIMENTOS DEPENDE TAMBÉM DE **MANTER** ADEQUADAMENTE O PARQUE EXISTENTE



- O crescimento da população
- A necessidade de padrão de vida digno
- Necessidades de água, energia e esgoto

Geram

- Necessidade de aumentar o parque de empreendimento hidráulicos
- Aumento da infraestrutura civil como um todo

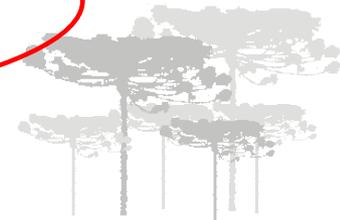


- O crescimento da população
- A necessidade de padrão de vida digno
- Necessidades de água, energia e esgoto

Geram

- Necessidade de aumentar o parque gerador de energia e de reservatórios
- Aumento da infraestrutura civil como um todo

Cenário com falta de água e energia é catastrófico



- Engenheiros não constroem barragens por que querem
- Eles o fazem porque as pessoas necessitam



- Como se comportam as estruturas existentes em face a esses desafios?
- Qual será a necessidade de obras para gerenciar os recursos hídricos disponíveis no futuro?



Itaipu



Rio Paraná - PI = 12.000 Mw (2ª maior usina do mundo)



Engenharia



Modela a Realidade
Física

Modelos

- Baseados em ensaios e análise do comportamento dos corpos
- Representa prediz comportamento
- Físicos ou numéricos

Engenharia Civil

Trabalha com protótipo

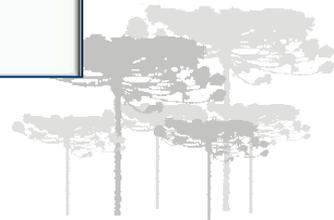
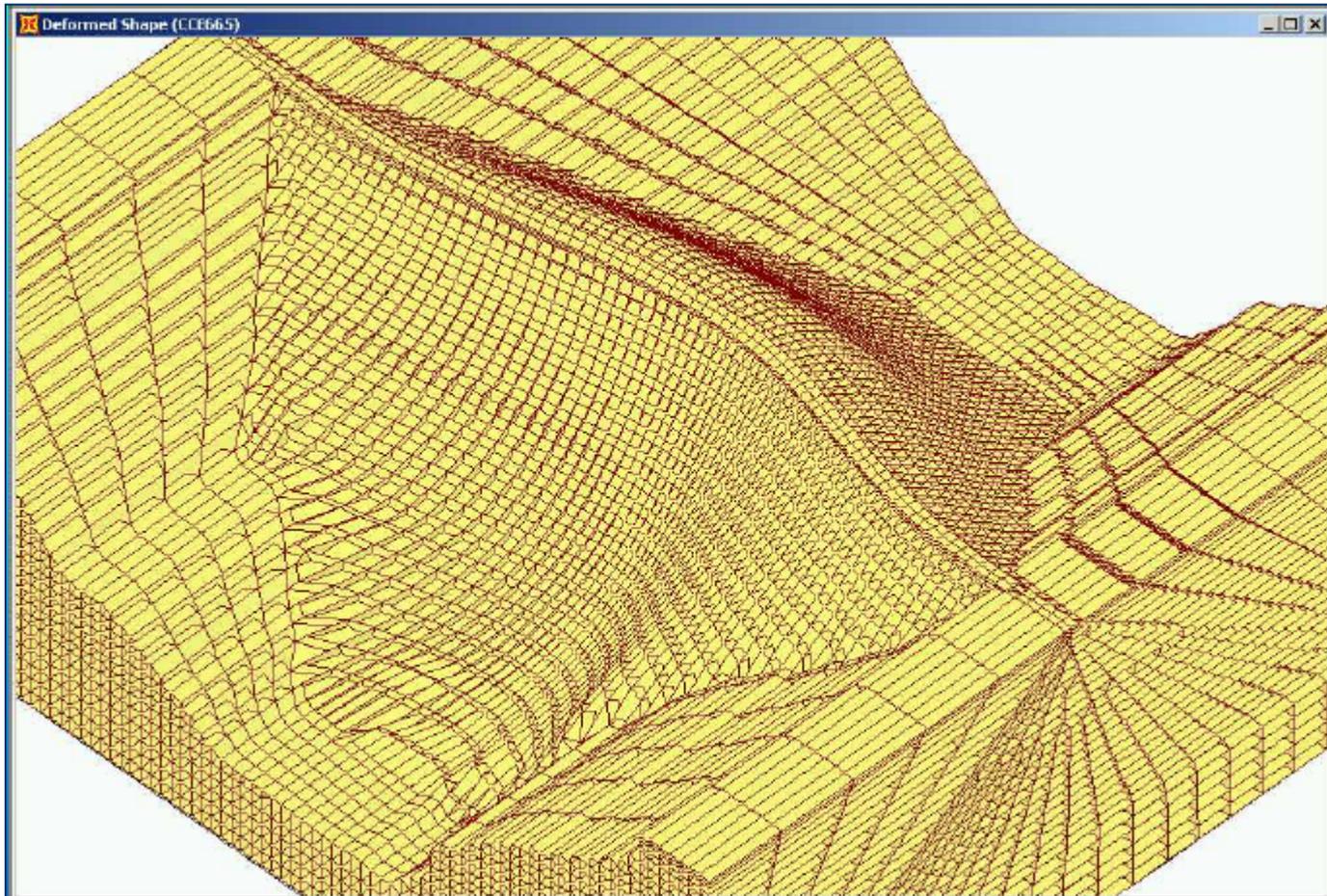
Prevê parâmetros

Verifica resultados num intervalo de tempo considerável após a execução

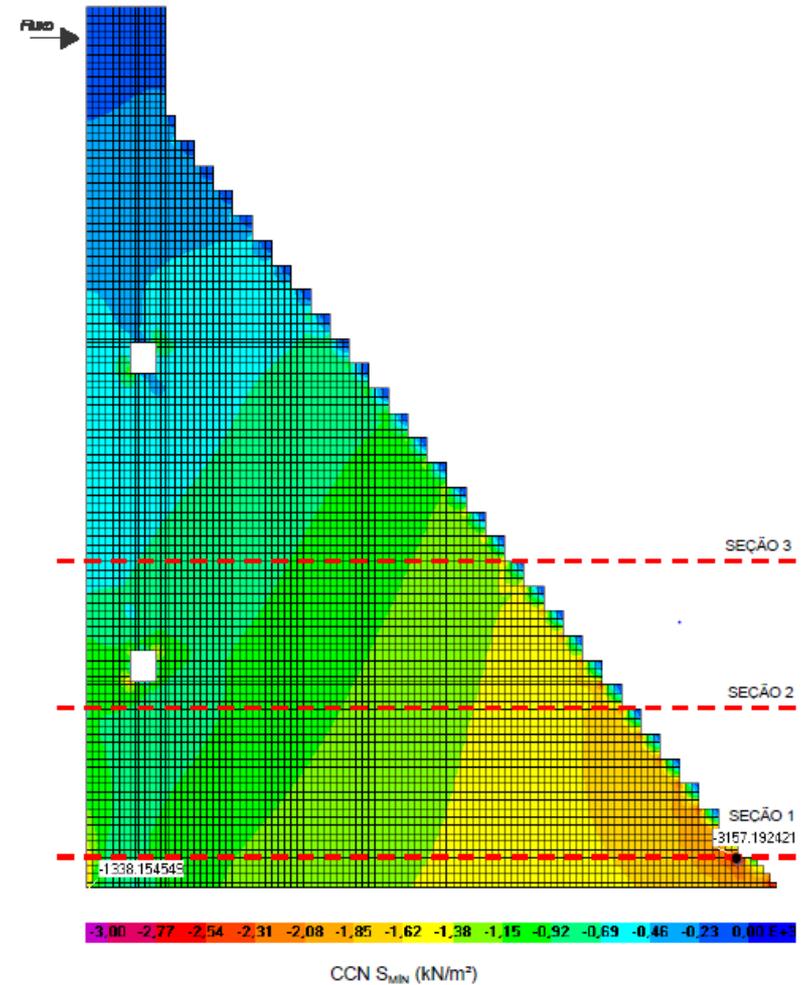
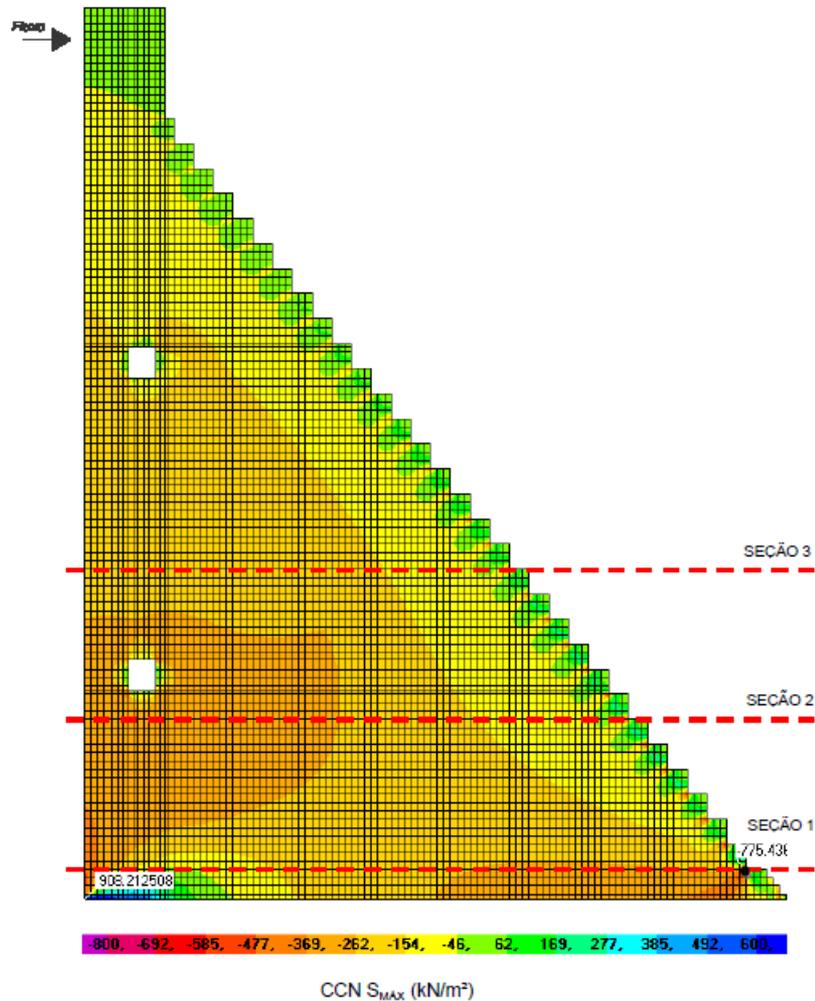
Aproveitamento hidrelétrico típico



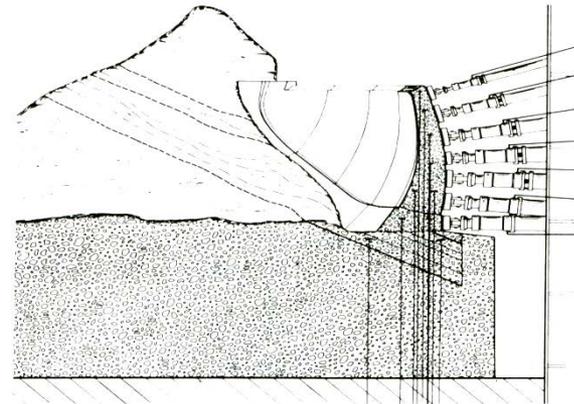
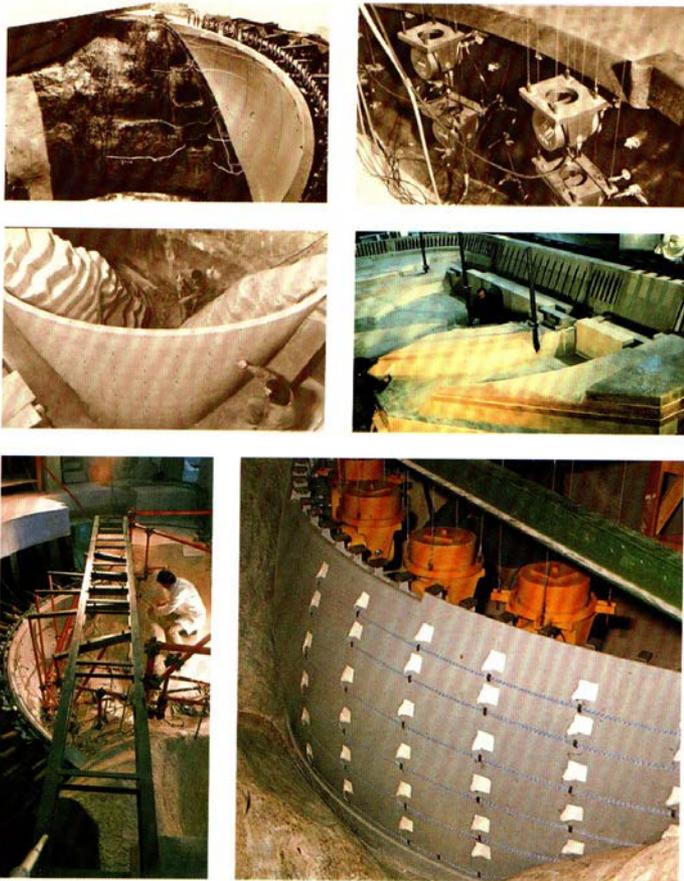
Modelo tridimensional - Camará



Resultados caso normal



Modelos Físicos



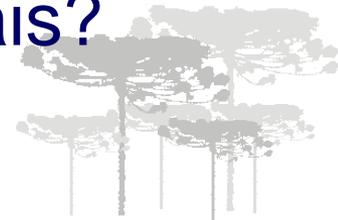
0 20 40 60 80 100 m

Escolha da Solução (Projeto Básico)

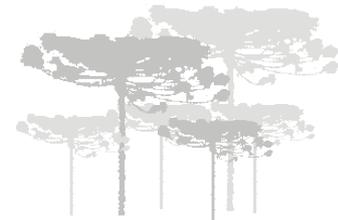
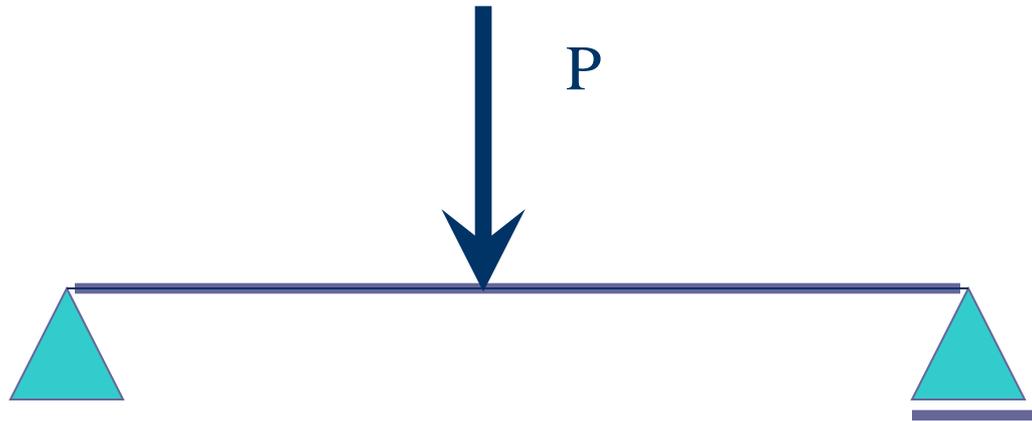
- Mitigação dos riscos
- Capacidade executiva
- Minimização da interferência ambiental
- Avaliação econômico-financeira holística, levando em conta o arranjo físico geral e o cronograma de obras com possíveis antecipação de receita



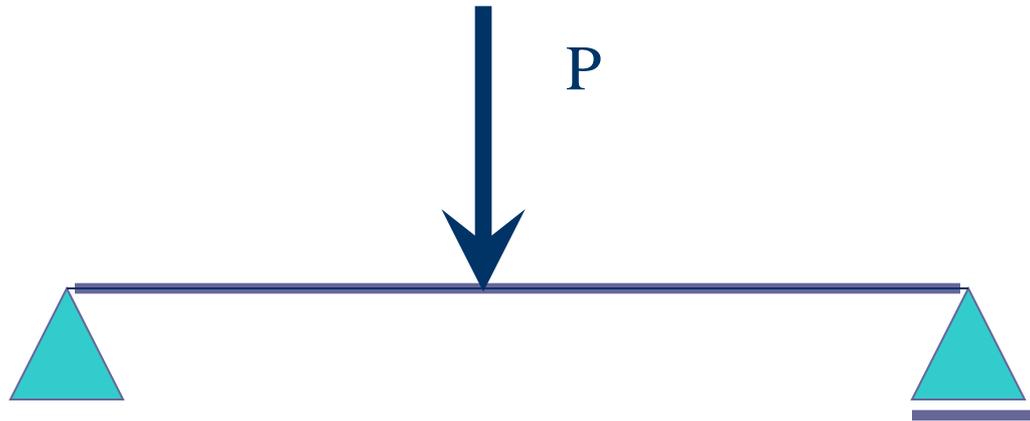
-
- Será que esses modelos funcionam?
 - Existe construção perfeita?
 - Como garanto durante toda a vida útil que o empreendimento se comportará conforme projetado?
 - E situações de emergência excepcionais?



Procedimento de Análise QUAL?



Procedimento de Análise QUAL?



HIPÓTESES:

- Homogêneo
- Isotrópico
- Obedece a Lei de Hooke
- Seções Planas



Investigações Preliminares



Caixa 1



Caixa 2 e 3



Caixa 4 e 5



Caixa 6 e 7



Caixa 8 e 9



Preparo de Fundações



Caçambas



Projeto Real



Cannon Time





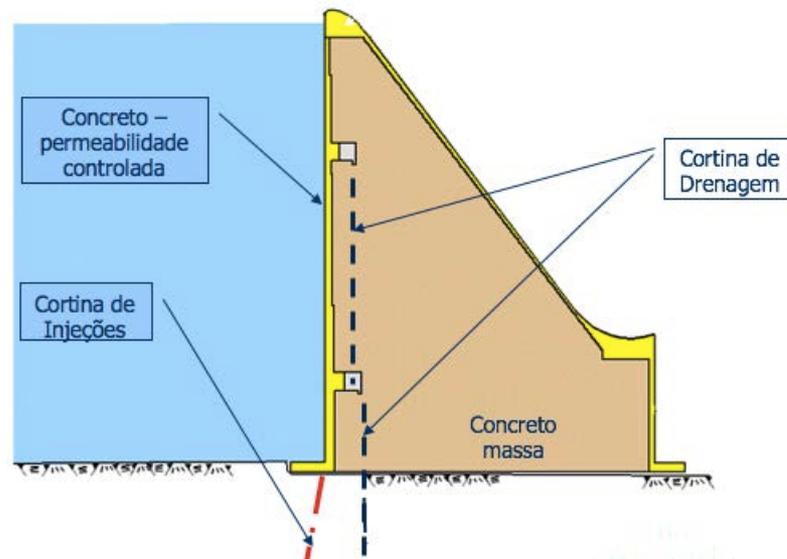
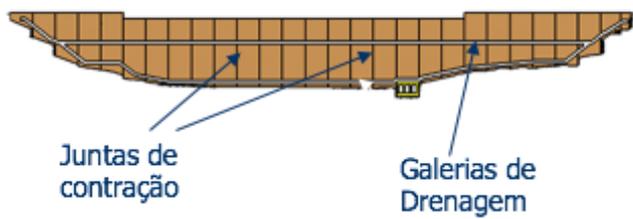
Instrumentação

Escolha dos instrumentos

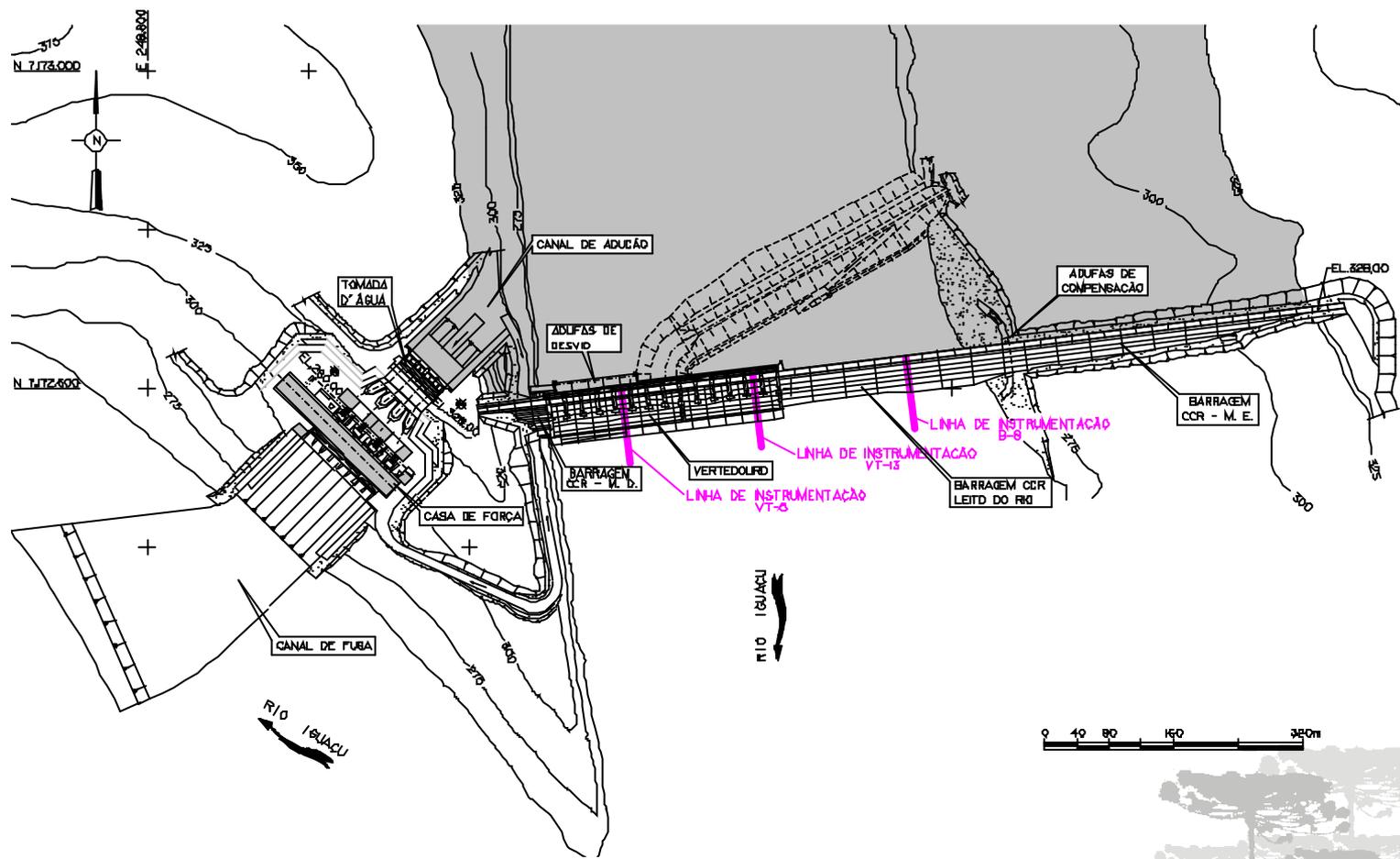


Análise e controle das partes que possam ser as primeiras a sofrer eventual deterioração

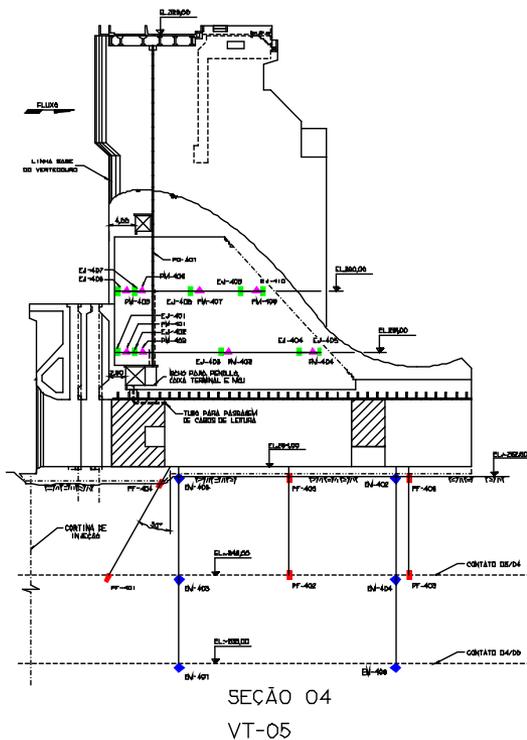




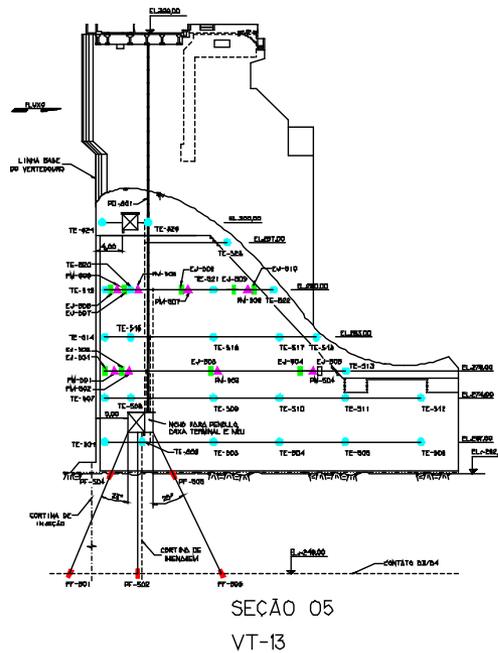
Instrumentação de Salto Caxias



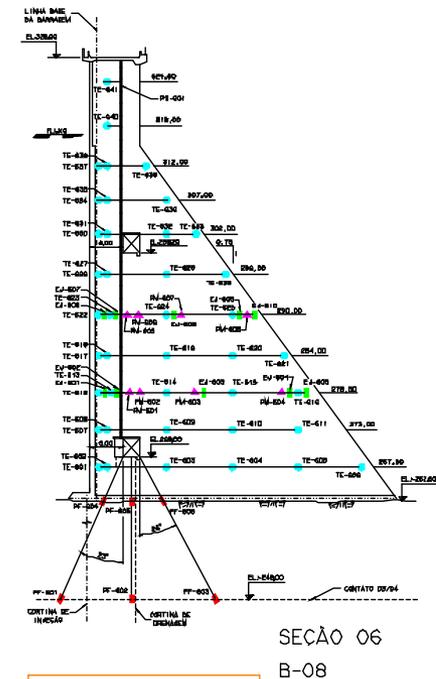
Instrumentação de Salto Caxias



SEÇÃO 04
VT-05



SEÇÃO 05
VT-13



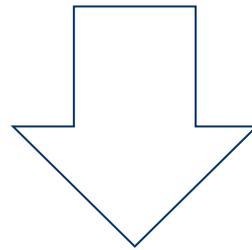
SEÇÃO 06
B-08

- LEGENDA
- TERMÔMETROS
 - EXTENSÔMETROS DE JUNTA
 - ▲ PIEZÔMETROS DE MACIÇO
 - PIEZÔMETROS DE FUNDAÇÃO
 - ◆ EXTENSÔMETROS MÚLTIPLOS

Basicamente corda Vibrante



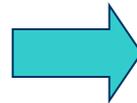
Estruturas Existentes



Investigação
Monitoramento e Instrumentação



Comportamento
Real



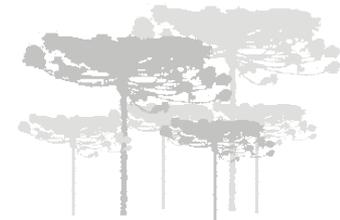
Difere do
projetado



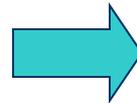
Simplificação dos modelos
Variações de parâmetros
Variação Carregamentos
Não conformidades



Probabilidade de falha
Interligação com vida útil



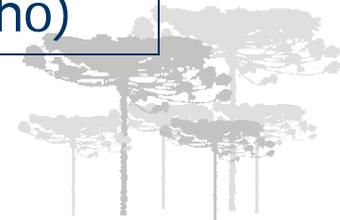
Manifestações
Patológicas / Idade



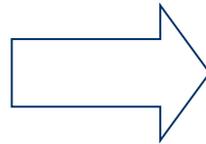
Aumentam a probabilidade
de Falha
Análise de Risco



Manutenção
Intervenção
(De modo a manter a
segurança e desempenho)



**Desafio da
Discussão**



**Observar a reação
pela ótica da análise
de riscos**

- Na vida:

O risco é inerente a qualquer atividade humana

- Na Engenharia Civil

“Nenhum projeto de construção está livre de riscos. Riscos podem ser gerenciados, minimizados, compartilhados, transferidos ou aceitos. Mas jamais, ignorados.” (Kochen)

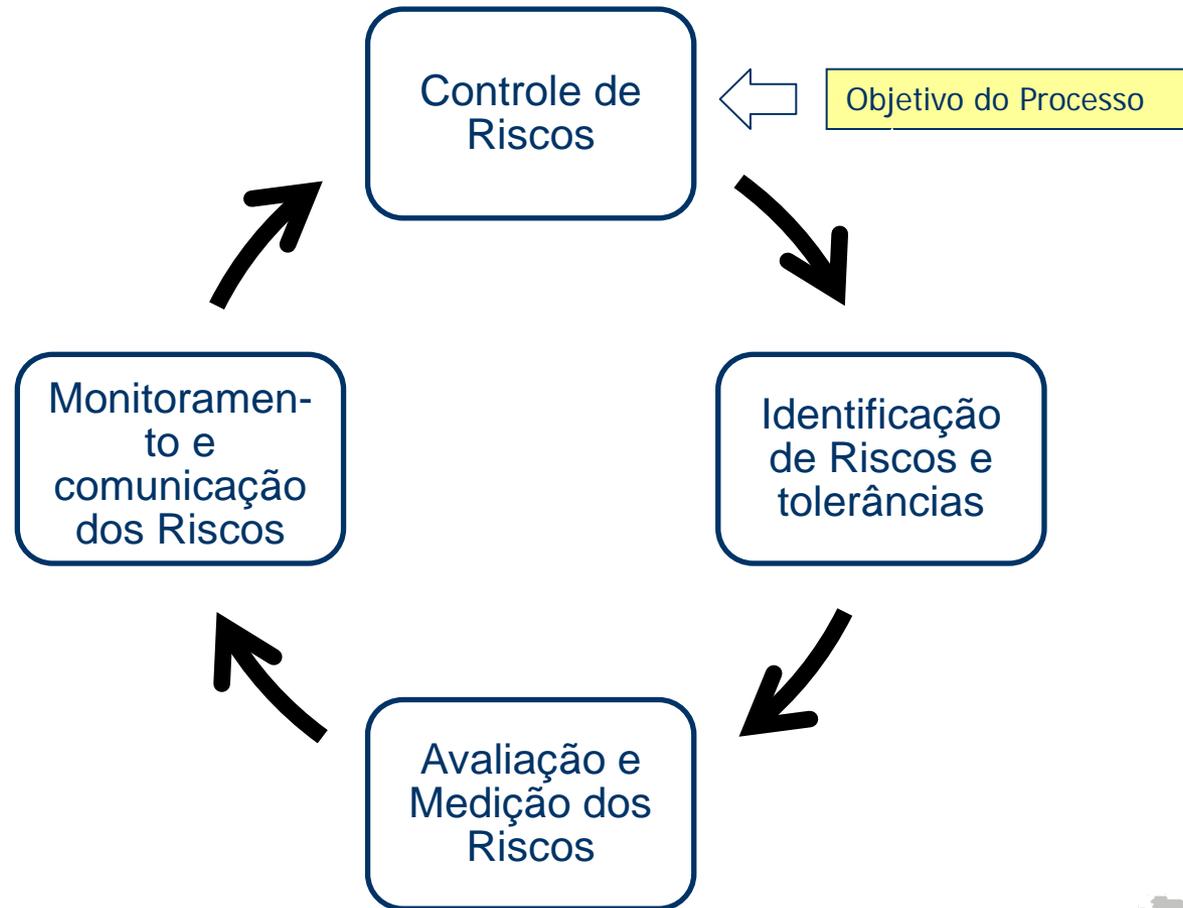


Engenharia e Risco

- O risco em engenharia pode e deve ser reconhecido, mensurado e mitigado
- Engenharia
 - Riscos relativos à Segurança Física
 - Durante a implantação
 - Durante a operação (Manutenção da segurança e durabilidade)



Plano de Gerenciamento de Riscos



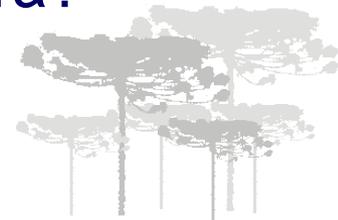
Riscos em barragens - Abordagem

O RISCO é função de 3 parâmetros:

Risco = f (danos, probabilidade, consequências)

Onde

- Danos: que pode dar errado?
- Probabilidade: Quanto isso é provável?
- Consequências: que perdas (materiais, ambientais, vidas, etc.) o fenômeno causará?

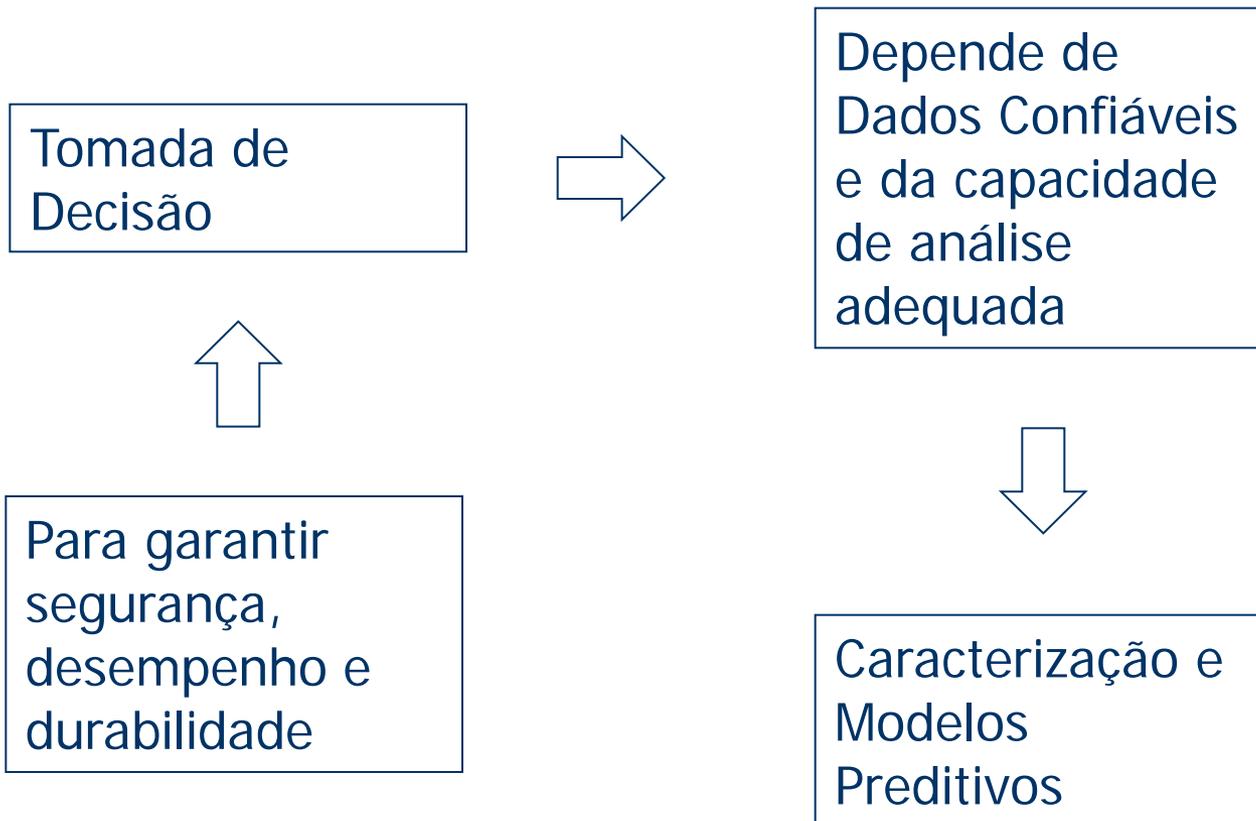


Decisão

- O objetivo final da análise de riscos é a **tomada 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 consequências.



Reflexão Análise de Riscos



PROBLEMA FINAL

- Delimitar e gerenciar o RISCO
- PROBLEMAS
 - Pressão sobre equipes de projeto e diminuição de custos de investigação
 - Novas Equipes podem ainda estar em treinamento
 - Diminuição de prazos podem gerar avaliações apressadas contra a segurança
 - Utilização de soluções existentes que nem sempre são aplicáveis em sua totalidade, ou não representam completamente o problema



MITIGAÇÃO DO RISCO

- Investigações preliminares confiáveis
- Projeto competente e tecnicamente embasado
- Construção cuidadosa com controle de qualidade criterioso
- Comissionamento focado e incisivo
- Operação e manutenção contínuas, perenes e cuidadosas
- REDUZIR EFEITOS E DANOS



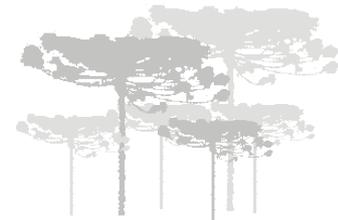
Plano de Ação Emergencial:

- Reduzir efeitos e danos às pessoas, propriedades e ao meio ambiente
- Conjunto de diretrizes, dados e informações para criar procedimentos que minimizem impacto
- Procedimentos devem ser desencadeados rapidamente
- Baseado em avaliação de riscos
- Deve definir claramente responsabilidades e atribuições
- Faz parte da gestão de riscos



Plano de Ação Emergencial:

- Deve ter todos os documentos necessários ao processo
- Comunicação socioambiental contínua
- Sistema de alerta eficaz e tempestivo
- Fluxograma claro de decisões
- Treinamento contínuo e baseado na procura das decisões técnicas e na preservação da vida e do meio ambiente
- Lei de Murphy (O que pode acontecer?)



PAE

Avaliar todas as consequências de possíveis falhas:

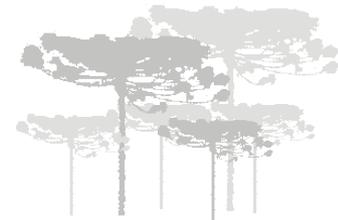
- Simulação numérica das falhas
- Avaliar extensão
- Gerar estratégia da mitigação das consequências
- Sistema de alertas monitorável e em geral com redundância e verificação cruzada
- Verificar possibilidade de fuga
- Atendimento à população e logística de satisfação de necessidades básicas



PAE

Avaliar todas as consequências de possíveis falhas:

- Simulação numérica das falhas
- Avaliar extensão
- Gerar estratégia da mitigação das consequências
- Sistema de alertas monitorável e em geral com redundância e verificação cruzada
- Verificar possibilidade de fuga
- Atendimento à população e logística de satisfação de necessidades básicas



Problemas usuais:

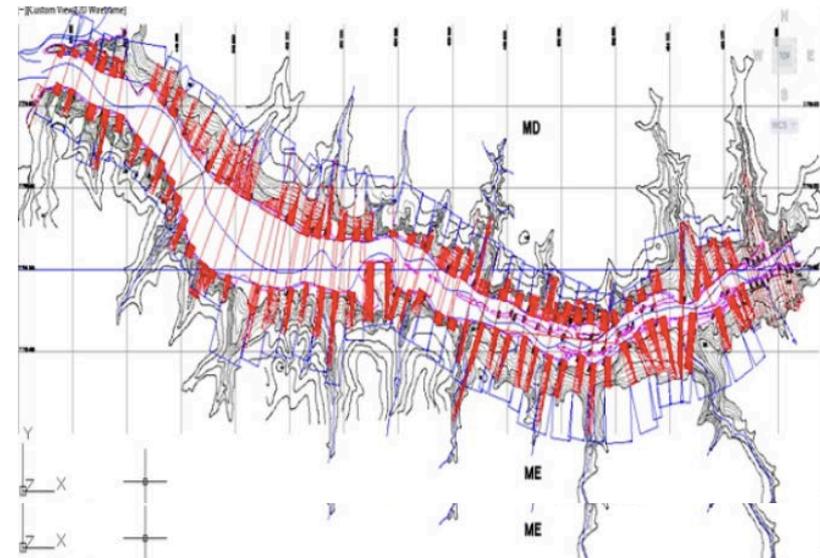
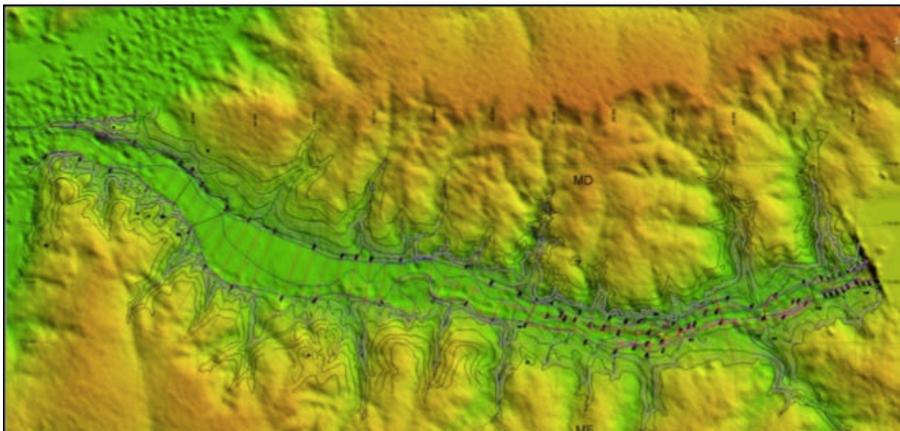
- Situações climáticas adversas
 - Grandes cheias – Cuidados com abertura de comportas
 - Elevação brusca de níveis tanto à montante quanto à jusante
- Detecção de anomalias na Barragem
 - Sistema de instrumentação
 - Análises contínuas
- Eventos extremos



What if analysis

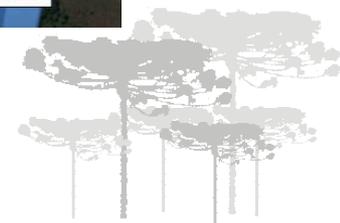
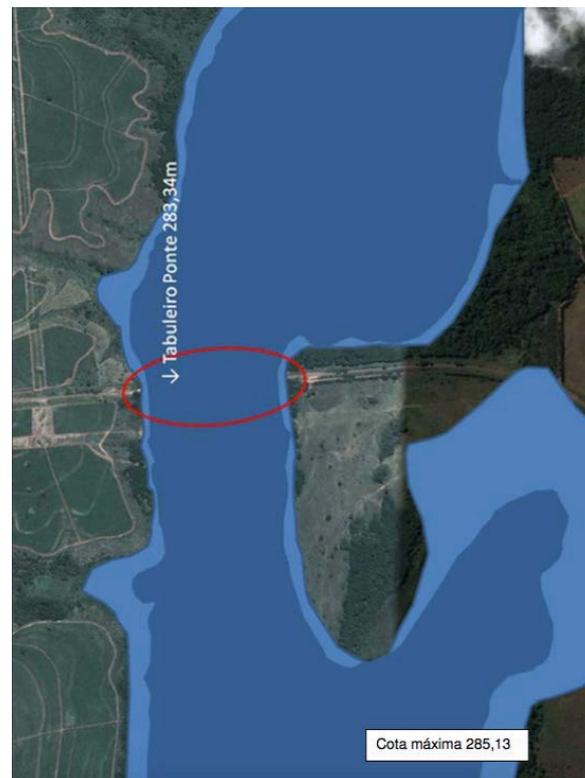
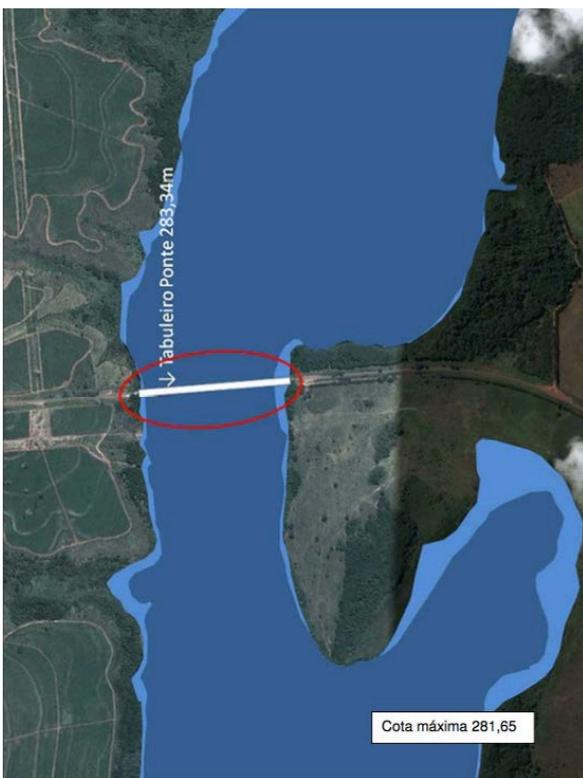


Simulação Numérica



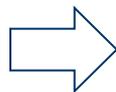
FONTE:
ESTUDO DE PROPAGAÇÃO DE ONDAS EM PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO PARA
ELABORAÇÃO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL DE BARRAGENS – UHE TRÊS
IRMÃOS ESTUDO DE CASO
EUCLYDES CESTARI JUNIOR





EFICÁCIA DO PAE

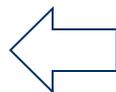
Eficácia do PAE



Capacidade de reação em tempo para uma situação de emergência



- Plano formal
- Educação

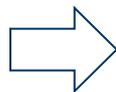


- Treinamento
- Comunicação
- Organização
- Ação e Infraestrutura



EFICÁCIA DO PAE

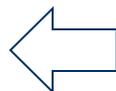
Eficácia do PAE



Capacidade de reação em tempo para uma situação de emergência



- Plano formal
- Educação
- Conscientização



- Treinamento
- Comunicação
- Organização
- Ação e Infraestrutura

CULTURA



FATORES CULTURAIS

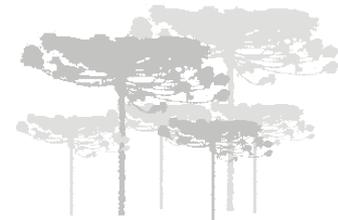
- Treinamento Contínuo
- Revisão e teste de processos periódicos
- Validação externa periódica
- Comunicação socioambiental contínua, em alguns casos com comitês multidisciplinares
- Evitar complacência
- Manter transparência
- Evitar procrastinação
- OBEDECER E AMPLIAR A LEI

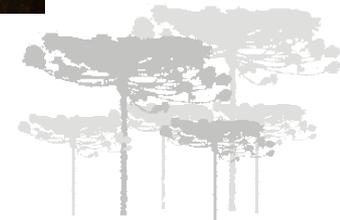








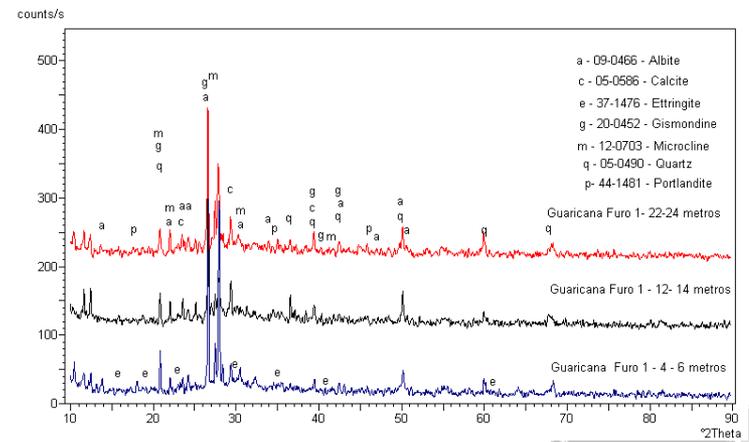
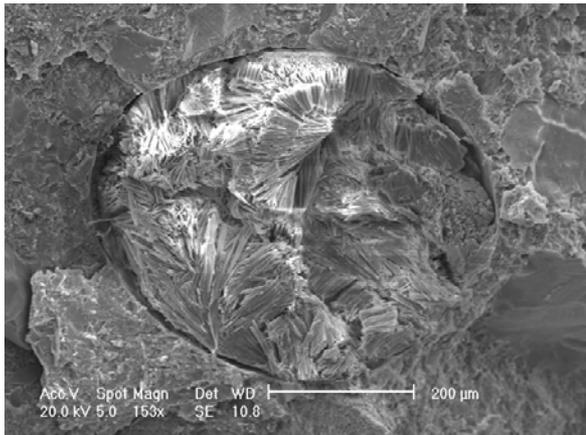
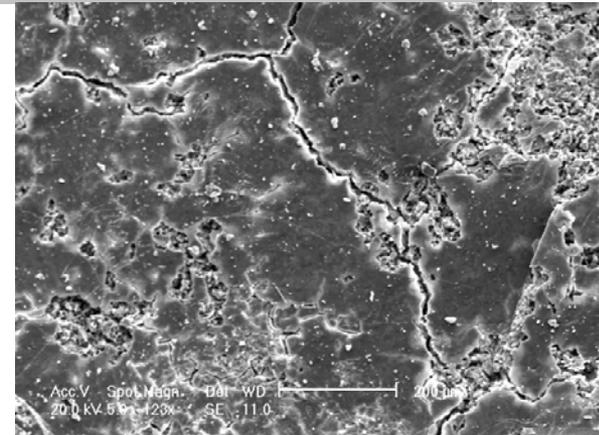
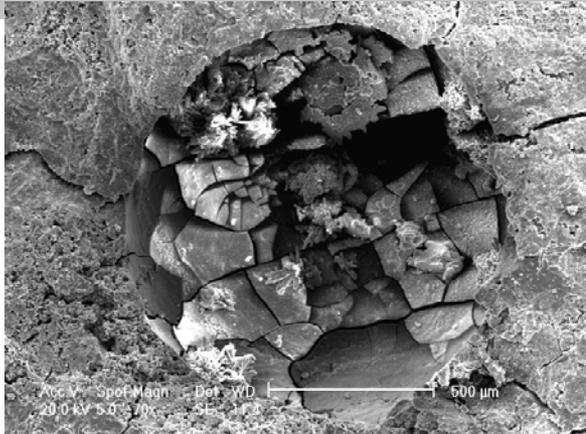














Muito Obrigado pela Atenção



José Marques Filho

UFPR-Universidade Federal do Paraná

COPEL – Companhia Paranaense de Energia

jmarquesfilho@gmail.com

(41) 3331 4400

