



# Índice

1. *Conceitos* de segurança estrutural
2. *Conceitos de risco*
3. Utilização de *sistemas de classificação*
4. *Considerações finais*



# 1. Conceitos de segurança estrutural

“A segurança da obra deve ser verificada analisando o seu comportamento para *cenários correntes* e para *cenários de ruptura*, preferindo-se este procedimento à utilização do conceito de *estado limite*”

Prática tradicional do projeto de barragens - *coeficientes de segurança global*

- Verificação da *segurança estrutural*
- Verificação da *funcionalidade*

# Conceitos actuais

- O problema da *segurança estrutural* é de *natureza probabilística*
- Os *critérios de dimensionamento* são analisados na óptica dos *estados limite* últimos e de utilização
- As *probabilidades de ruptura* devem depender do grau de relevância das *consequências* de cada ruptura
- Introdução dos *conceitos de risco*

# Comparação entre os regulamentos de barragens e os Eurocódigos



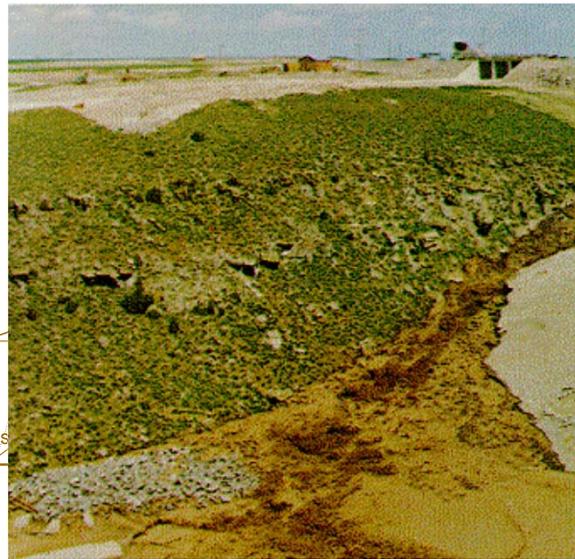
# Estados limite e dos coeficientes parciais

- Consideração de *valores característicos*
- É necessário atender a *riscos diversos* não traduzidos diretamente nas solicitações consideradas nem nas propriedades dos materiais – introdução dos *coeficientes parciais*
- Os *valores de cálculo* deverão depender do *conhecimento* das características e comportamento dos materiais, da qualidade dos métodos de *dimensionamento* e de *construção* adotados

## 2. Conceitos de risco

- *Áreas actuais de introdução do conceito*
- *Minimização da probabilidade de ruptura*
- *Abordagem observacional*

# Risco



Materiais siltos

HIPÓTESE ADMITIDA:  
Filtro chaminé segregado nas  
cotas indicadas, ao longo de  
todo o desenvolvimento da  
barragem

Consequências,  $E$

Vulnerabilidade,  $V$

Perigo,  $H$

$$R = f(H, V, C)$$



# Áreas actuais de introdução do conceito de risco

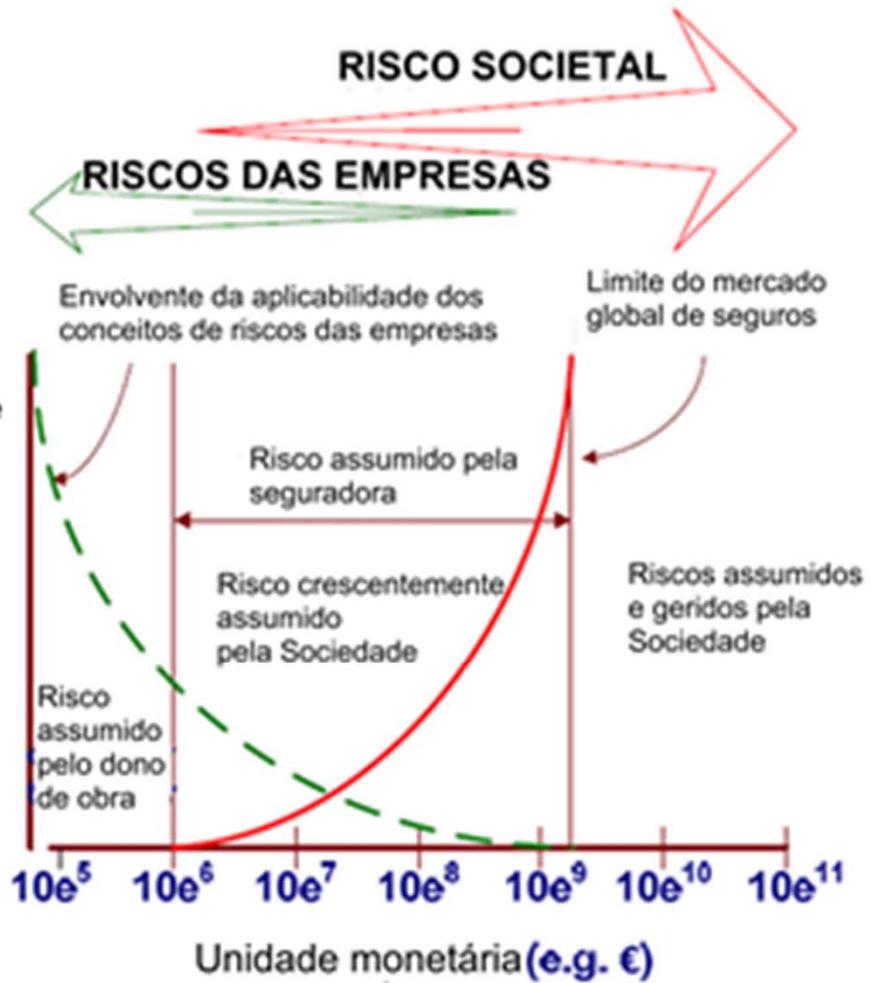
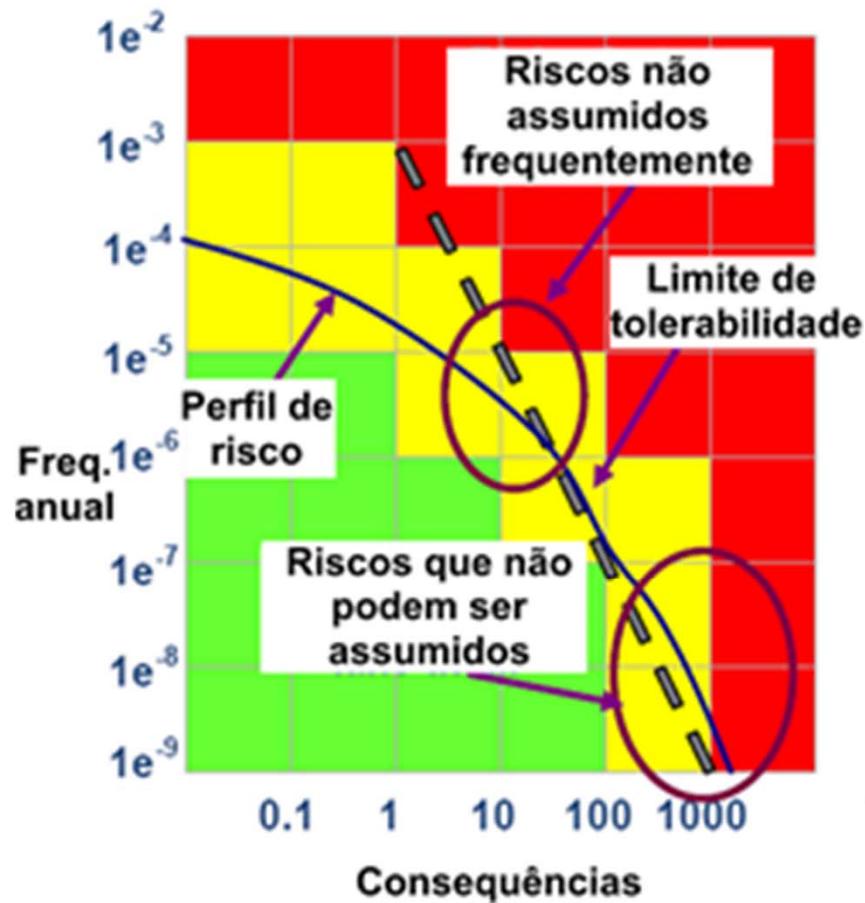
- Entidades governamentais - *exigências regulamentares*
- Serviços de protecção civil - *sistemas e medidas de aviso e alerta* (planeamento de emergência e gestão de crises)
- Donos de Obra - avaliação da *exposição ao risco* das obras e estabelecimento de *prioridades de intervenção*
- Meio para *comunicação* ao público em geral e às autoridades



# Governança do risco

- Responsabilidade dos *Governos* (através de directivas, de regulamentos e de normas)
  - *Donos de Obra* que exercem actividades geradoras de risco
- Considerações abrangentes de *âmbito social*
- O *Estado* deve intervir para *regular* o risco
  - Necessidade de *progresso* económico, social e tecnológico
  - Filosofia de "*risco zero*" ou de "*segurança garantida*" substituída por riscos *controlados, mas não eliminados*
  - Evolução da Sociedade do *aceitável* para o *tolerável*





# Minimização da probabilidade de ruptura

- *Boa prática* de engenharia
- Técnicas de *observação* e de inspecção periódicas
- Trabalhos de *manutenção* e de *reabilitação* para correcção de deficiências identificadas
- Implementação de *sistemas de gestão* para assegurar a comunicação aos agentes competentes
- *Formação dos agentes* associados à operação e à inspecção da barragem
- Elaboração de *relatórios* (bases de dados para o melhoramento global da segurança de barragens)



# Abordagem observacional

- Selecção de *indicadores chave de desempenho*
- Elaboração de um *plano de observação*
- Avaliação das *condições mais prováveis*
- Estabelecimento do *campo de variação* dos indicadores de desempenho
- Definição dos *critérios de alerta*
- Especificação de *medidas* de controlo, de mitigação e de redução de consequências (sistemas de aviso e alerta e de planos de emergência)



# Abordagem observacional

*Planear*

*Construir*

*Observar*

*Seguir*

*Actualizar*

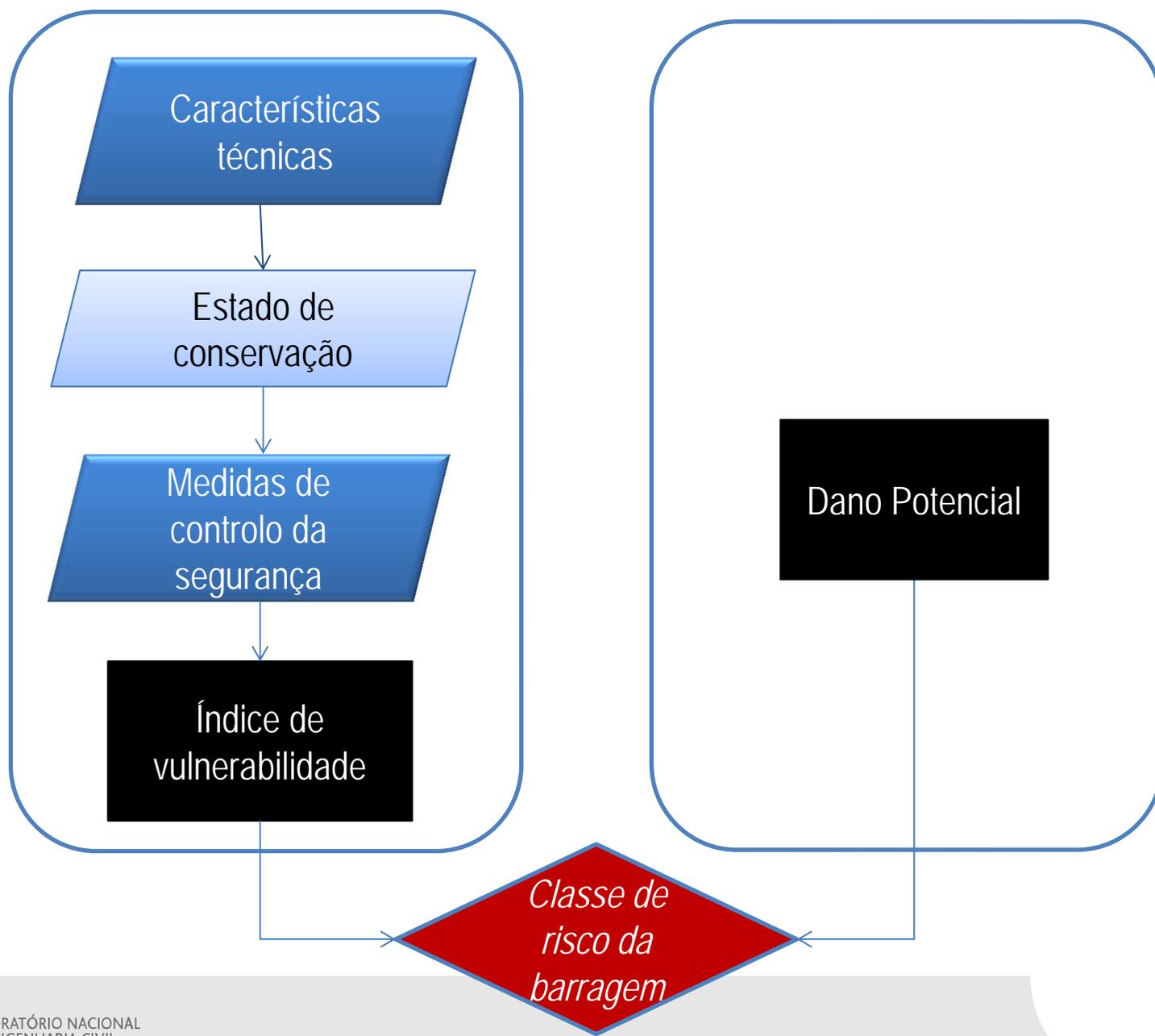


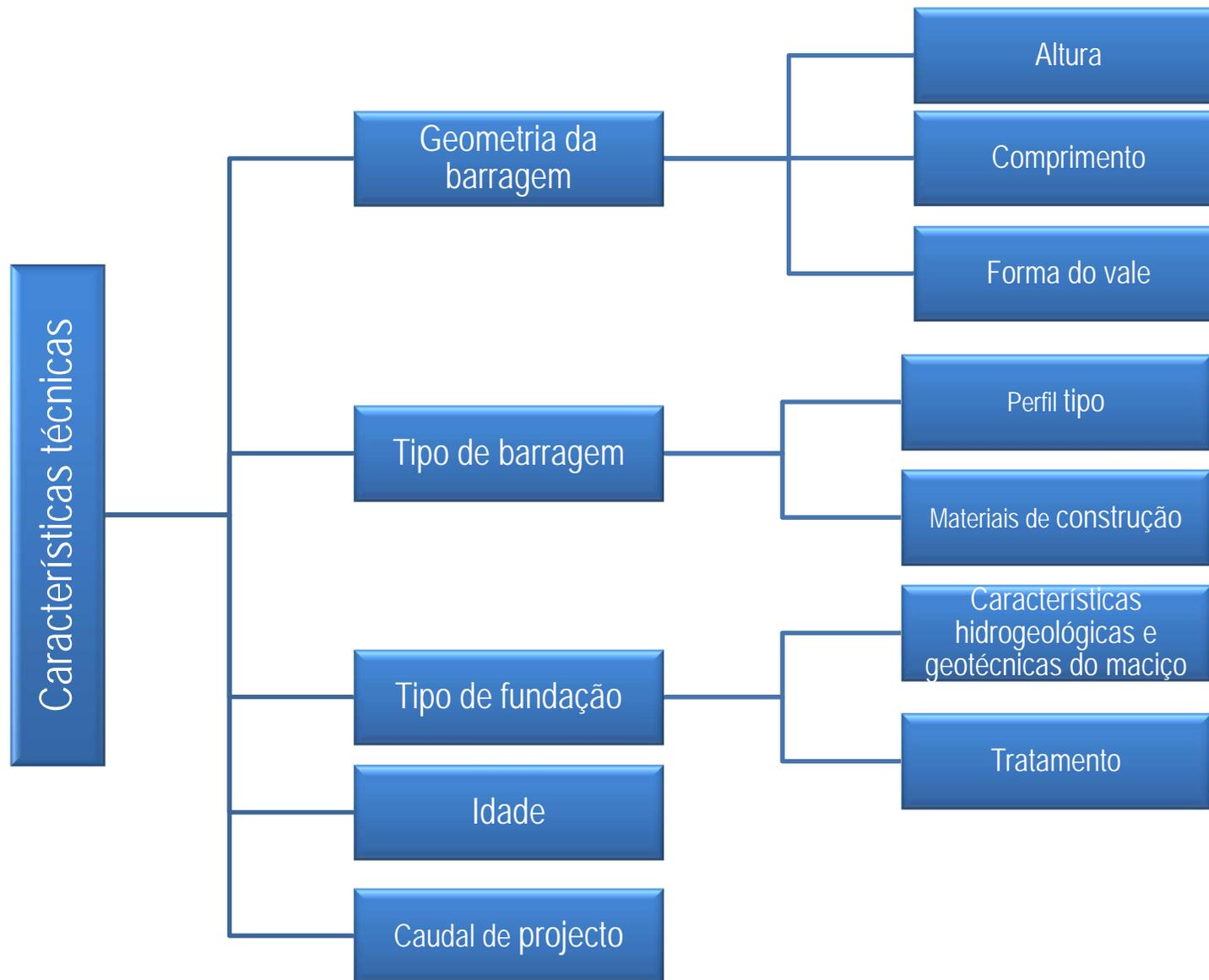
# 3. Utilização de sistemas de classificação de barragens

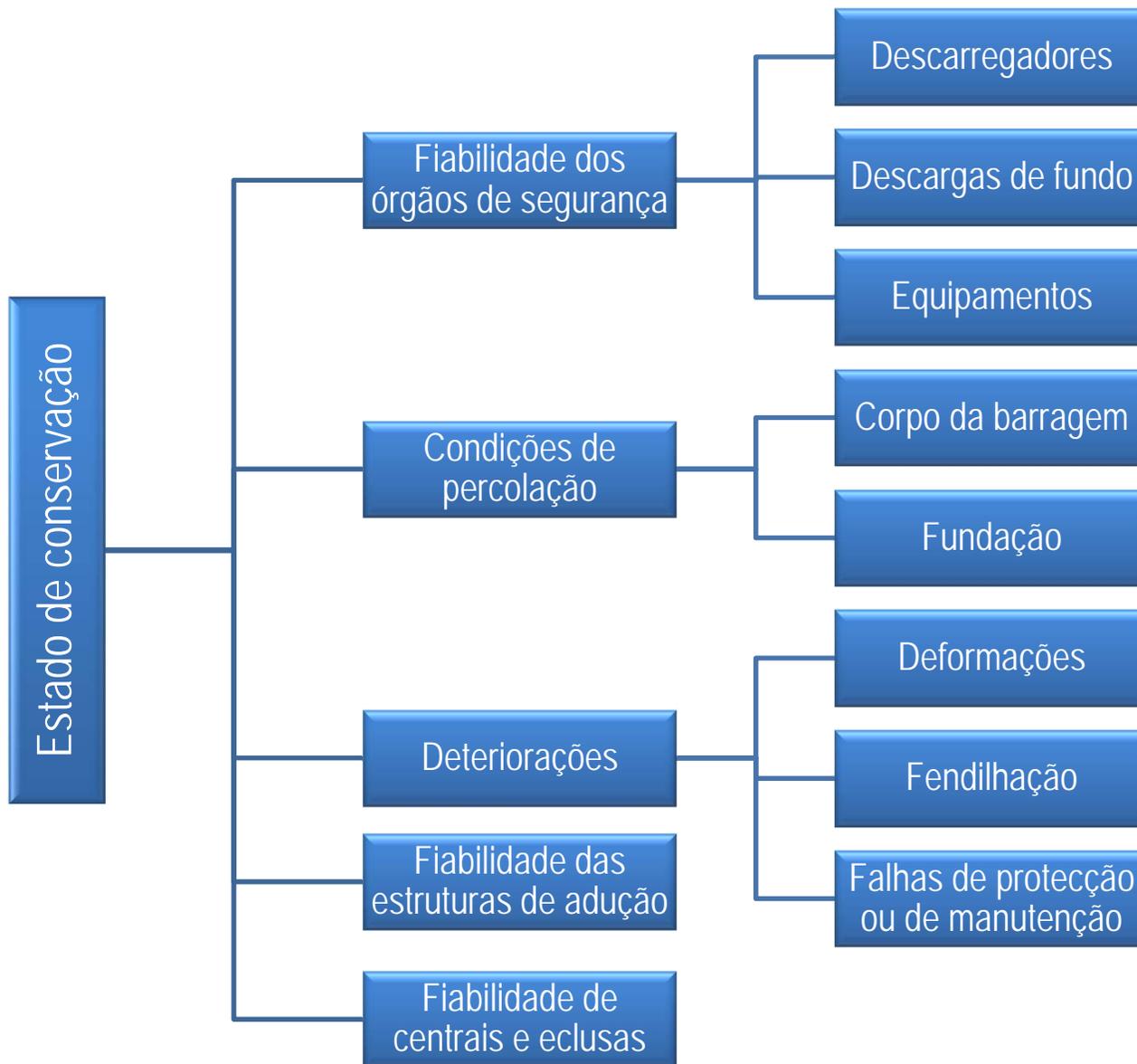
- *Objectivos*
- *Descritores*
- *Métodos simplificados de cálculo da onda de inundação*

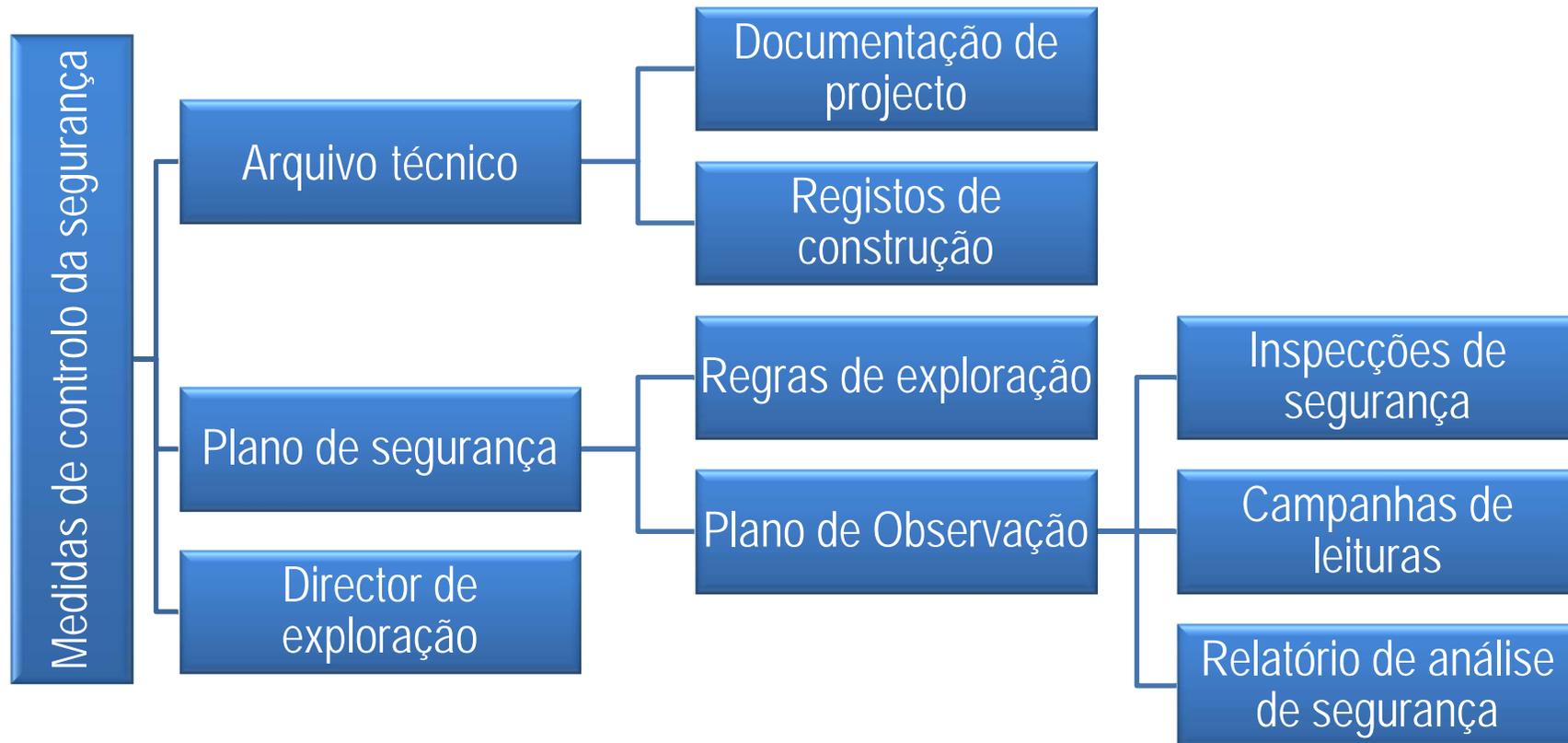
# Objetivos dos sistemas de classificação

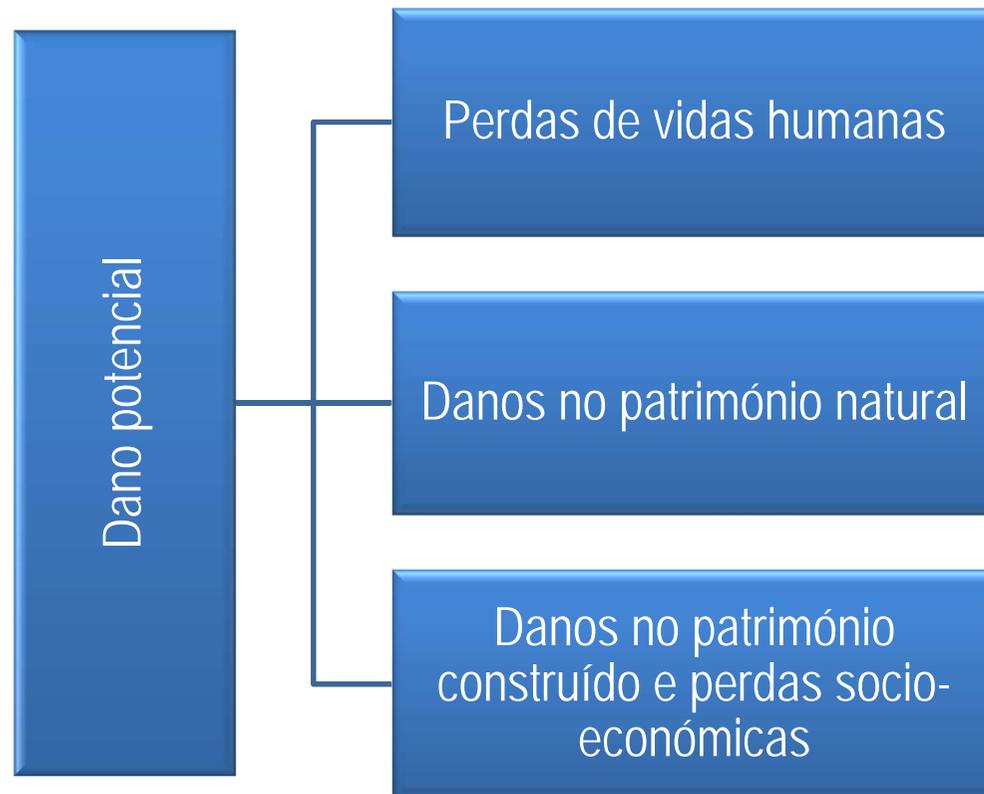
- *Universo de barragens*
  - Abrangidas pelos Regulamentos mais exigentes
  - Não abrangidas – recomendações prescritivas
- *Definição de parâmetros associados ao projecto*
- *Inspeções de segurança*
- *Revisão periódica de segurança*
- *Plano de Ações de Emergência* – barragens dano potencial associado alto











# Sistema de classificação

## *Classificação* da vulnerabilidade

- Características técnicas – *Ações* e fiabilidade da concepção (*perigo latente*)
- Estado de conservação – fiabilidade hidráulica e estrutural (*condições actuais*)
- Medidas de controlo da segurança – *Controlo do risco*

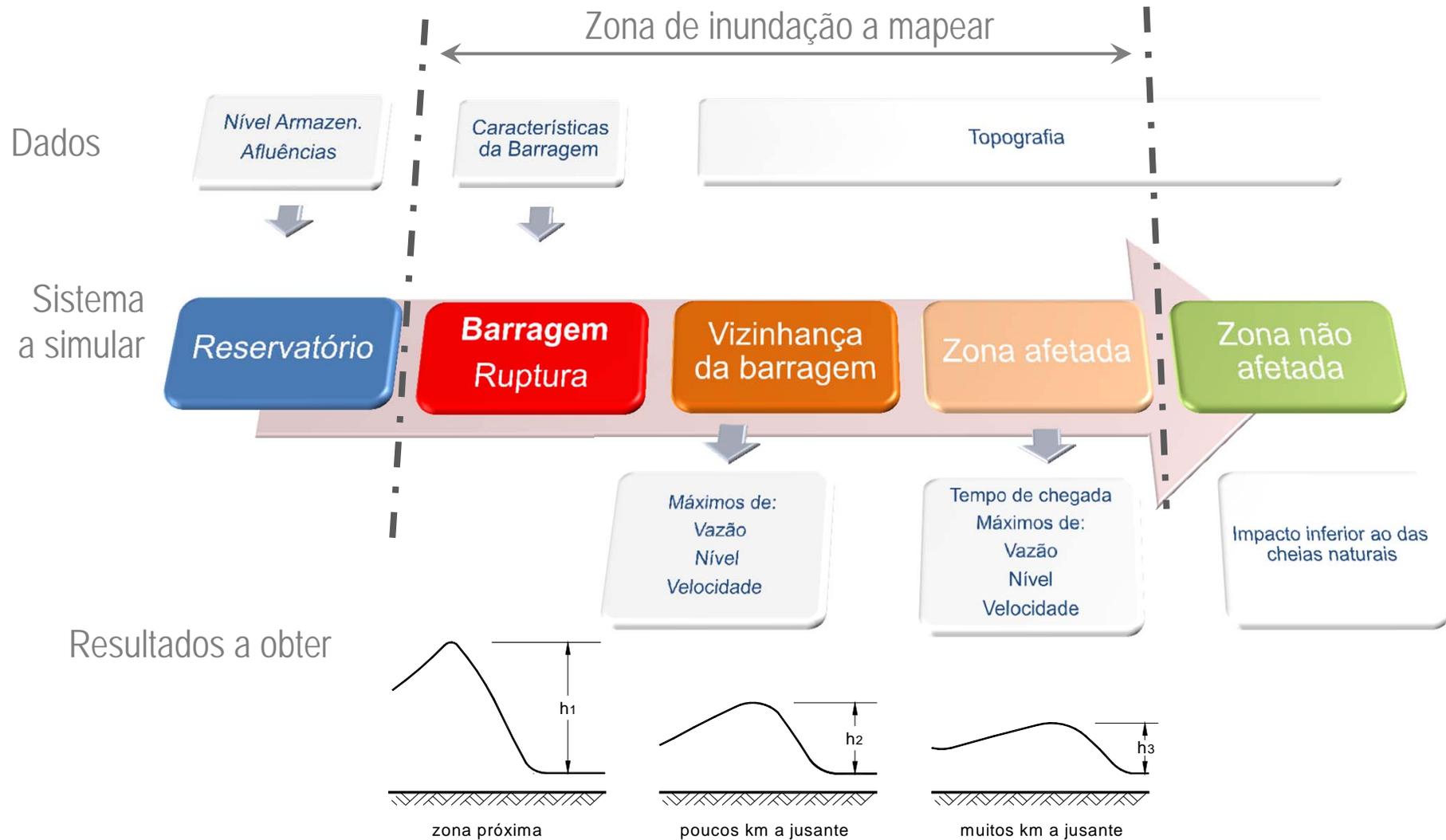
## *Classificação* do Dano Potencial Associado

- Volume – *Ações* e *severidade* das consequências (tempo e distância)
- *Consequências* – *vidas humanas e impactes ambiental e sócio-económico*

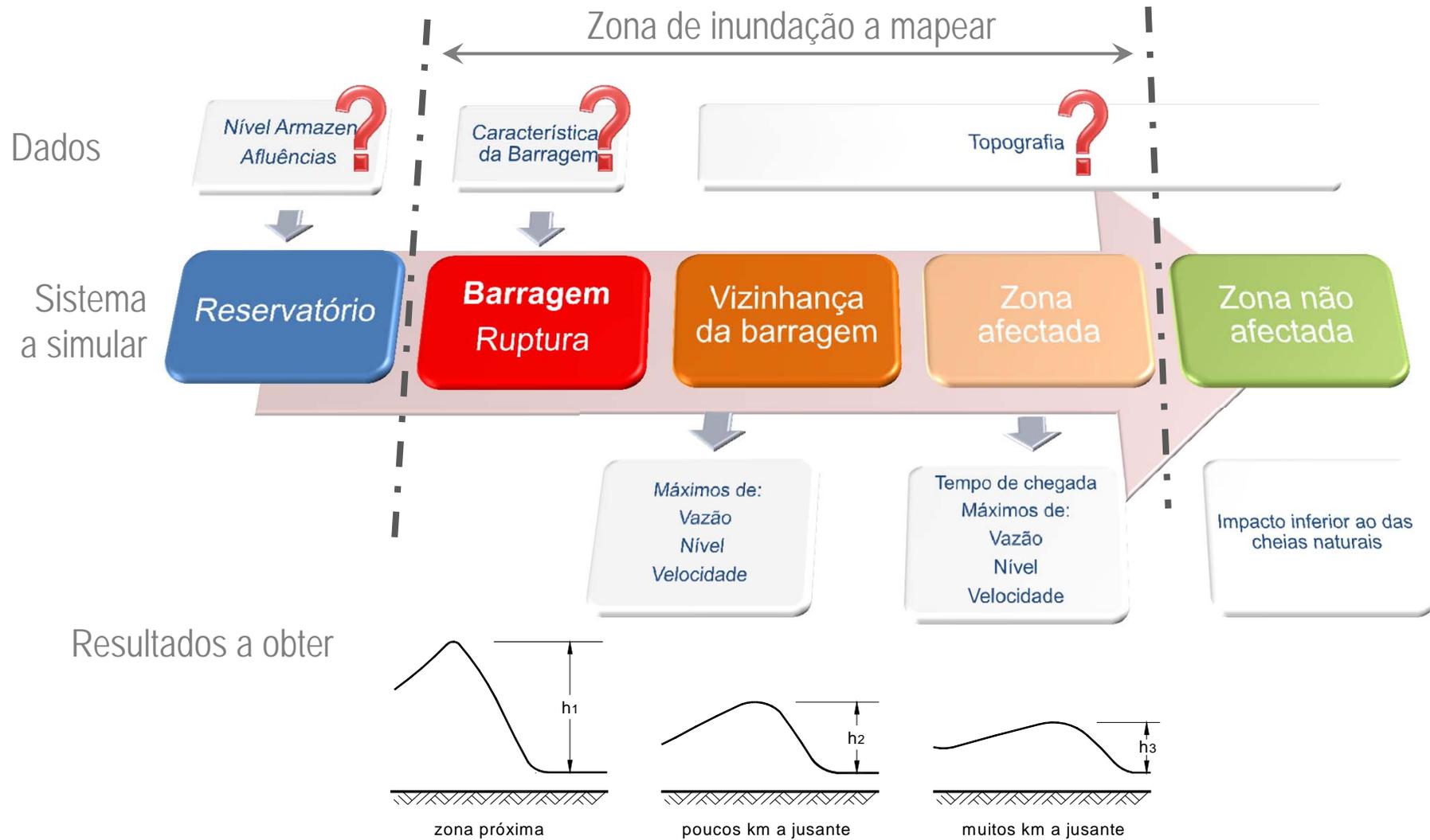
# Metodologia simplificada de cálculo da área de inundação



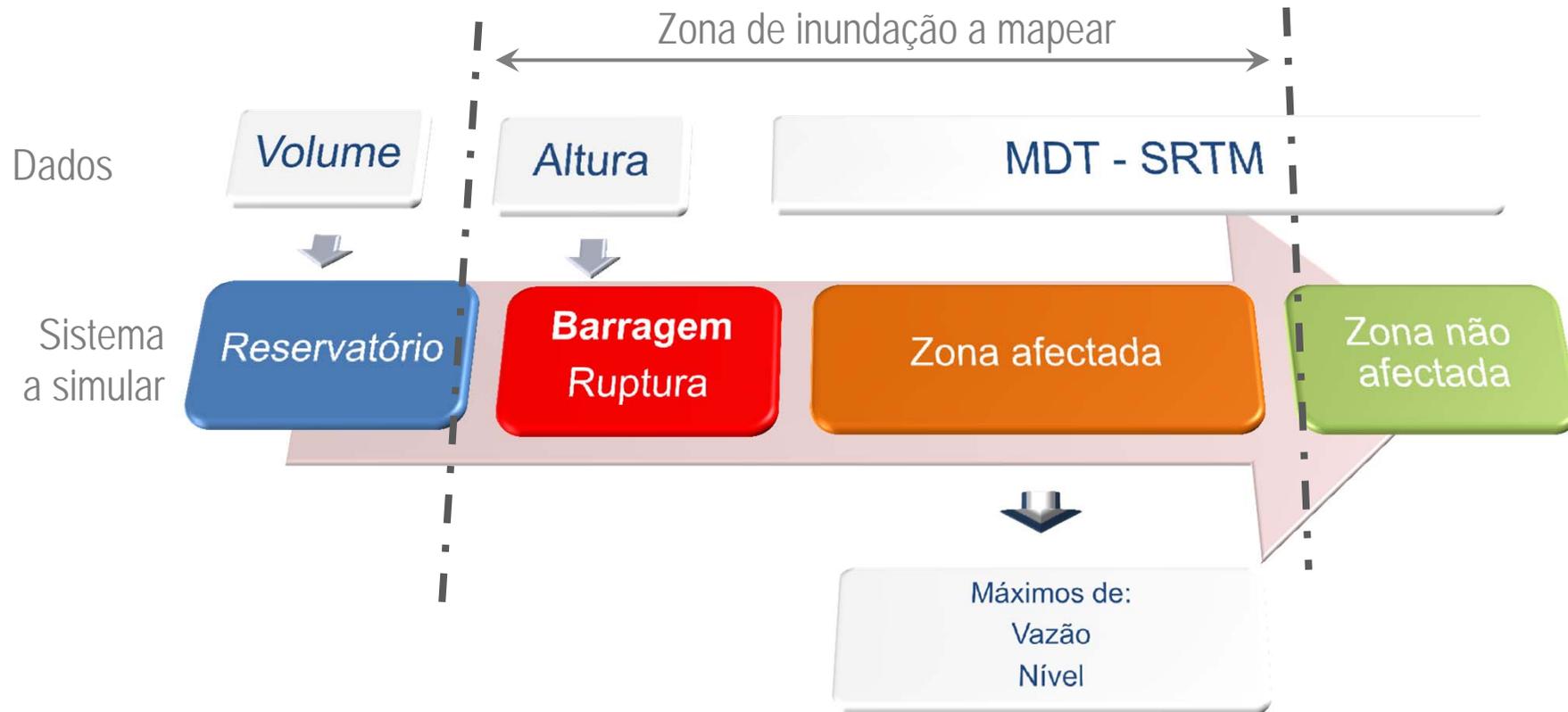
# Ruptura e Cheia Induzida – Modelação



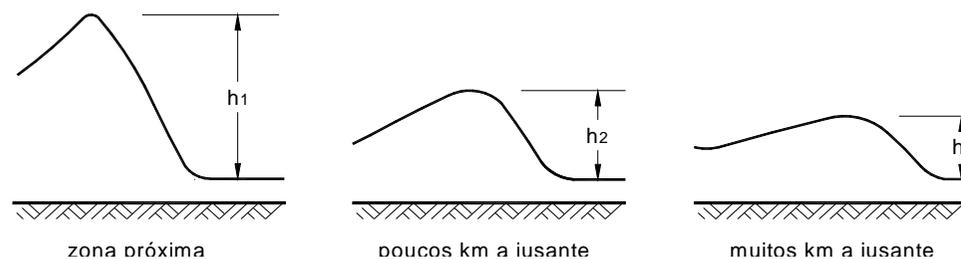
# Escassez de dados



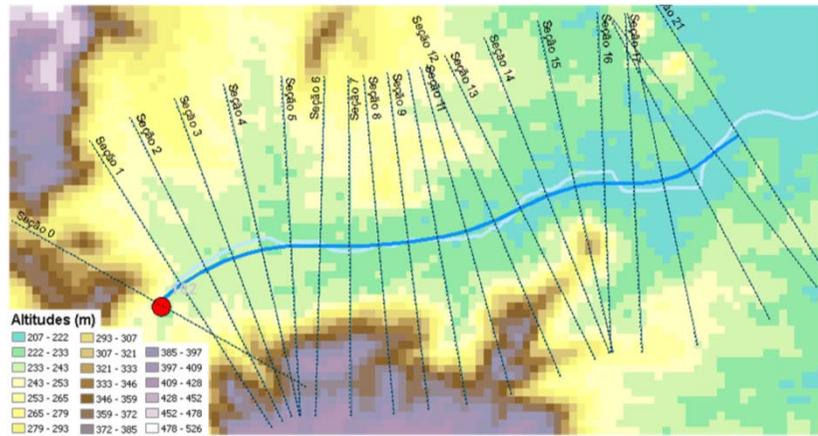
# Metodologia Simplificada



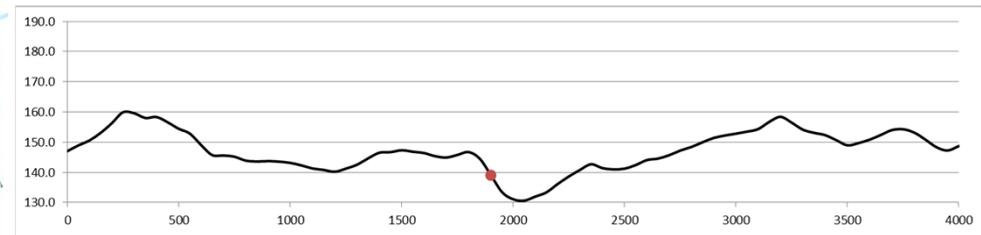
Resultados a obter



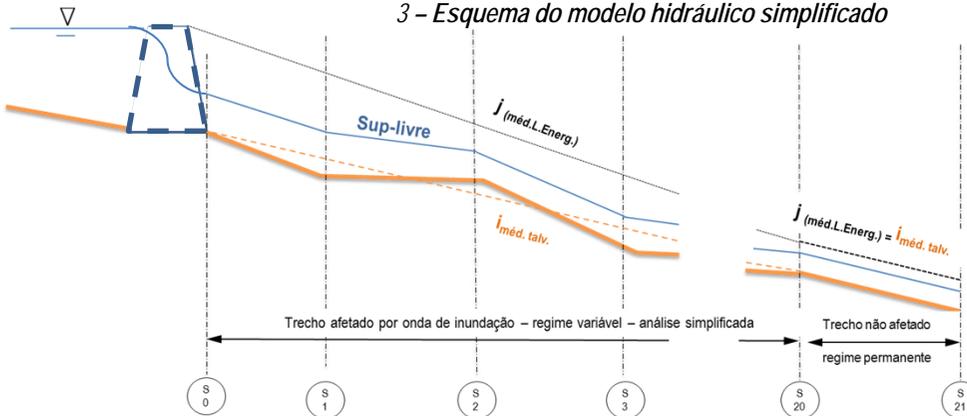
1 - Seções transversais do vale sobre altimetria do MDT (SRTM)



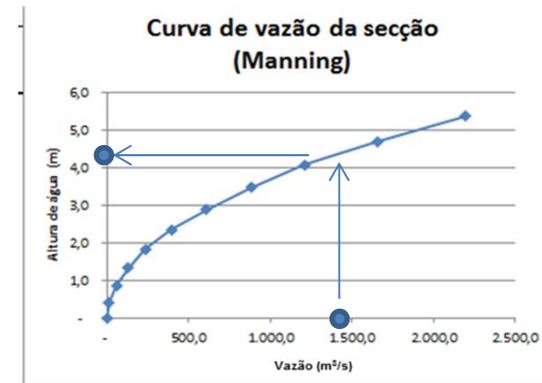
2 - Perfis transversais com base no MDT SRTM.



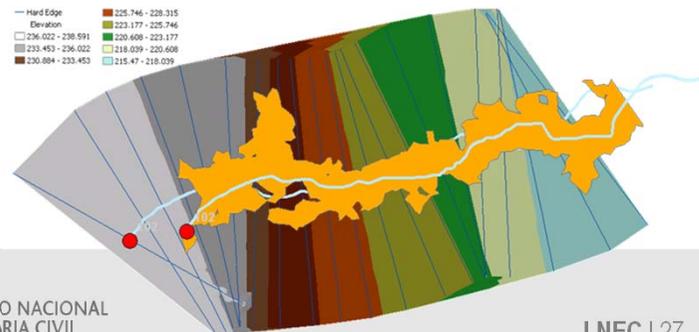
3 - Esquema do modelo hidráulico simplificado



4 - Cálculo dos Níveis a partir das Vazões em cada Seção



5 - Intersecção entre MDT (SRTM) e Superfícies definida pelos níveis calculados nas seções



6 - Sobreposição do limite do Mapa Inundação com a imagem satélite



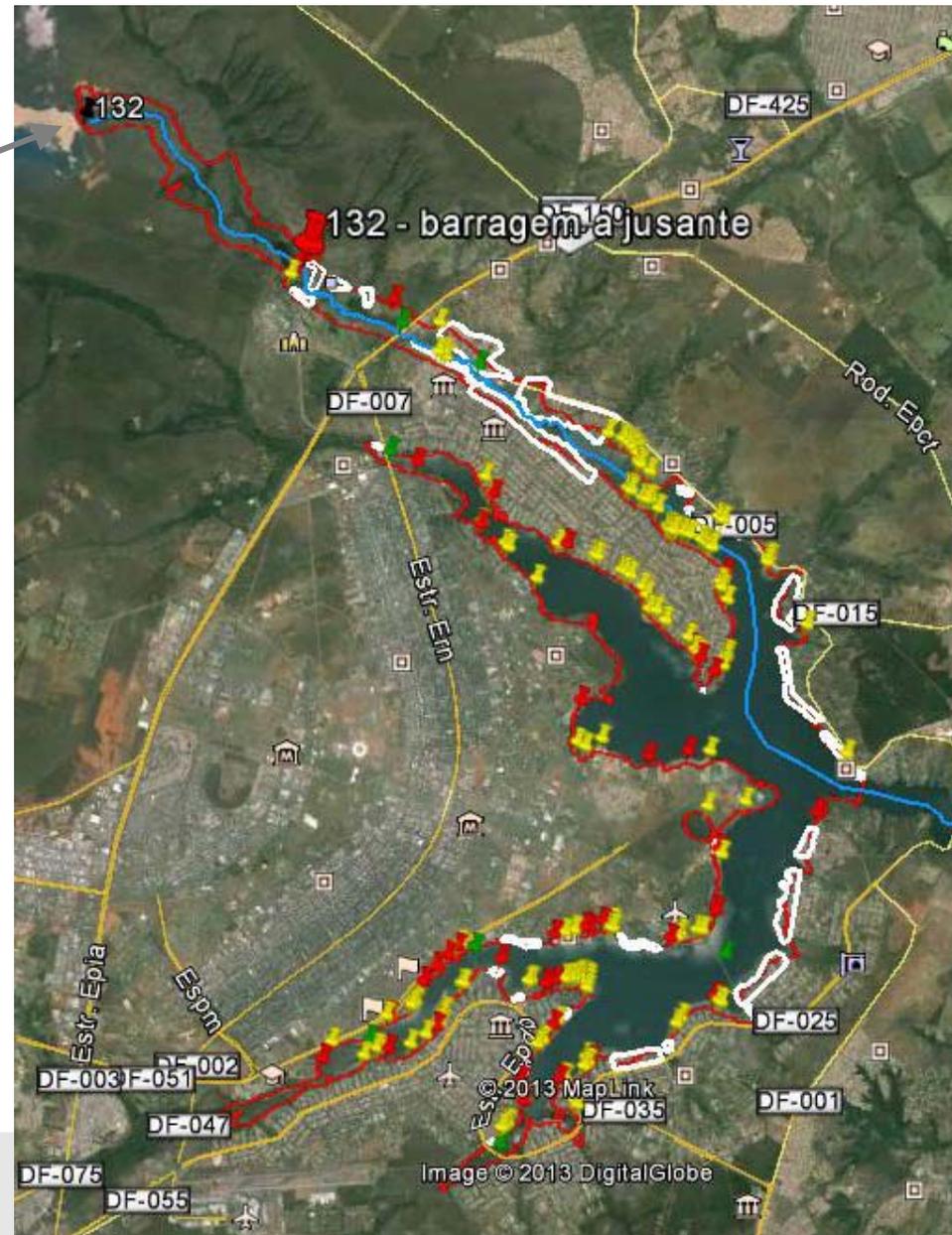
# Santa Maria - CAESB

DPA Mapa de inundação

Extensão da zona afetada – 22,8 km

Barragem

- Casas isoladas (*pins amarelos*)
- Linhas poligonais brancas – Aglomerados urbanos
- Pequenas barragens, indústrias, comércio, outros locais de interesse econômico (*pins vermelhos*)
- Rodovias, estradas locais (*pins verdes*)
- Talvegue – *a azul* - marcado com base na imagem satélite
- Limite do mapa de inundação – *a vermelho* - marcado com base na topografia SRTM



# Santa Maria - CAESB

DPA Mapa de inundação – vista em perspectiva dos 15 km iniciais

Talvegue – *a azul* - marcado com base na imagem satélite

Limite do mapa de inundação – *a vermelho* - marcado com base na topografia SRTM



# Jacareí



# Jacareí

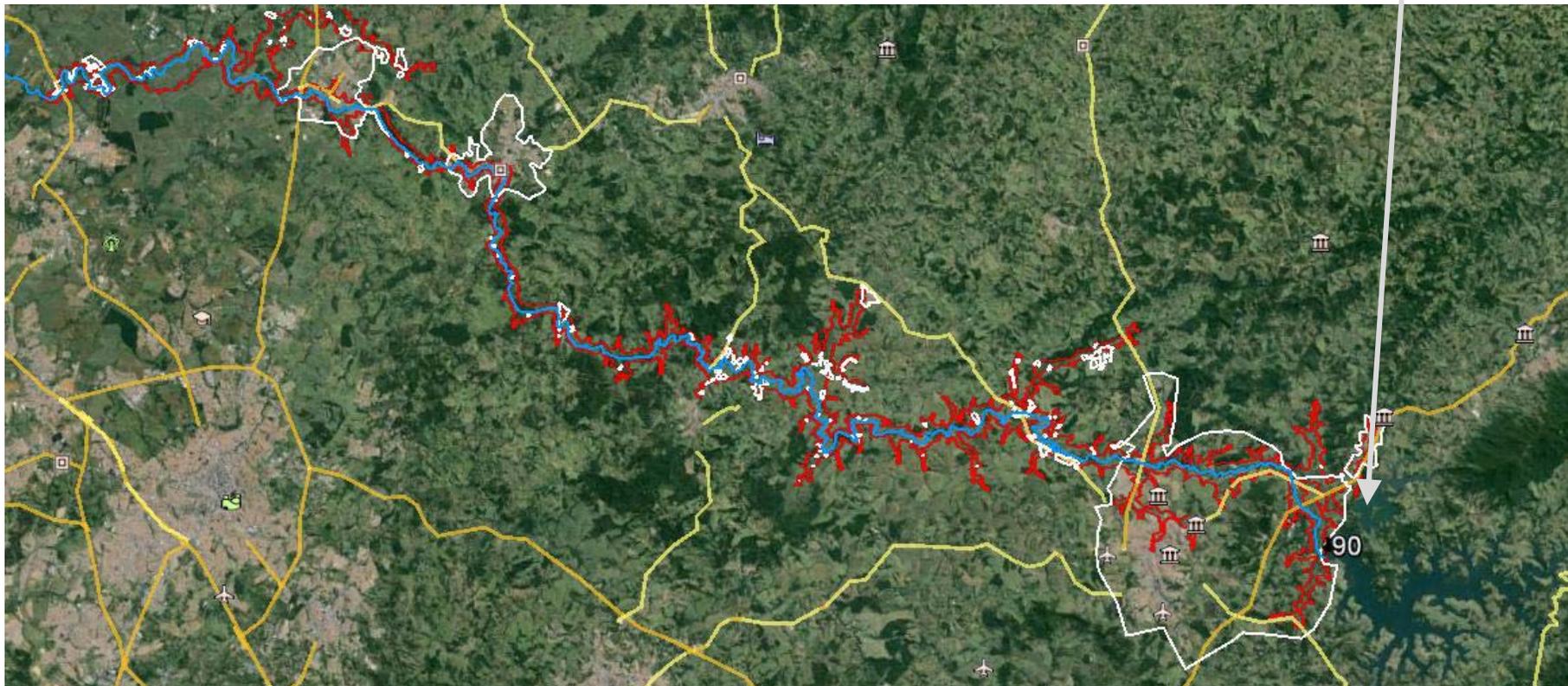
DPA Mapa de inundação

Extensão da zona afetada – 100 km

**Mapa de inundação – *Linha vermelha***

Linhas poligonais brancas – aglomerados urbanos

Barragem



## 4. Considerações finais

As barragens são *infra-estruturas fundamentais*, mas com *consequências catastróficas* em caso de ruptura

O controlo de segurança de barragens inclui o *conhecimento* adequado e continuado *do estado da barragem*, a *detecção* oportuna de eventuais *anomalias* e uma *intervenção eficaz*

Os *sistemas atuais de classificação* têm em conta estes *factores e a sua evolução* e são baseados *em abordagens de risco*

32

Muito obrigado



LABORATÓRIO NACIONAL  
DE ENGENHARIA CIVIL