

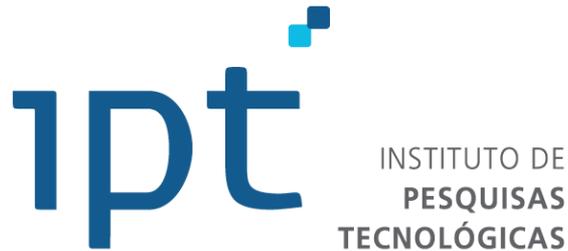
Avaliação prévia de impactos a jusante de barragens

Omar Yazbek Bitar

*Palestra on-line apresentada na WEBNAR:
PREVENÇÃO DE DESASTRES E ASPECTOS TÉCNICOS
E JURÍDICOS EM SEGURANÇA DE BARRAGENS DE
INTERESSE DA ATUAÇÃO DO MP, 08 de ago., 2021,
São Paulo. [on-line] 88 slides*

A série “Comunicação Técnica” compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública.

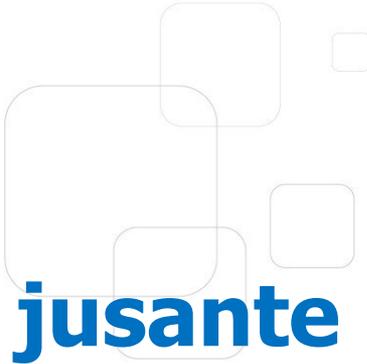
WEBINAR: Prevenção de desastres e aspectos técnicos e jurídicos em segurança de barragens de interesse da atuação do MP



Avaliação prévia de impactos a jusante de barragens

Omar Yazbek Bitar - IPT

Escola Superior do Ministério Público do ESP - 8/9/2021



Avaliação prévia de impactos a jusante de barragens

- 1. Contextualização**
- 2. Instrumentos disponíveis**
- 3. Bases técnicas para avaliação**
- 4. Considerações finais**

Tipos básicos de *avaliação ambiental*, ante o cenário de ruptura ou mau funcionamento

- **Avaliação prévia**, mediante identificação e análise dos impactos ambientais que poderão ocorrer a jusante; e
- **Avaliação pós-desastre**, mediante levantamento e análise dos impactos e danos ambientais verificados a jusante em razão de um evento ocorrido.



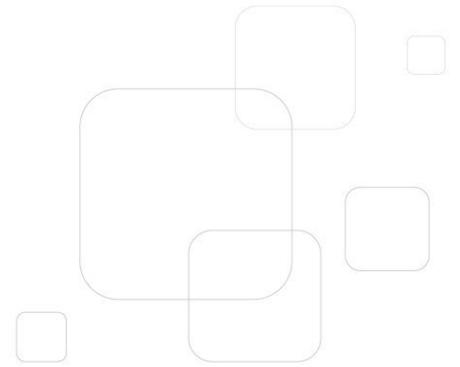
Avaliação prévia de impactos a jusante de barragens

1. Contextualização

2. Instrumentos disponíveis

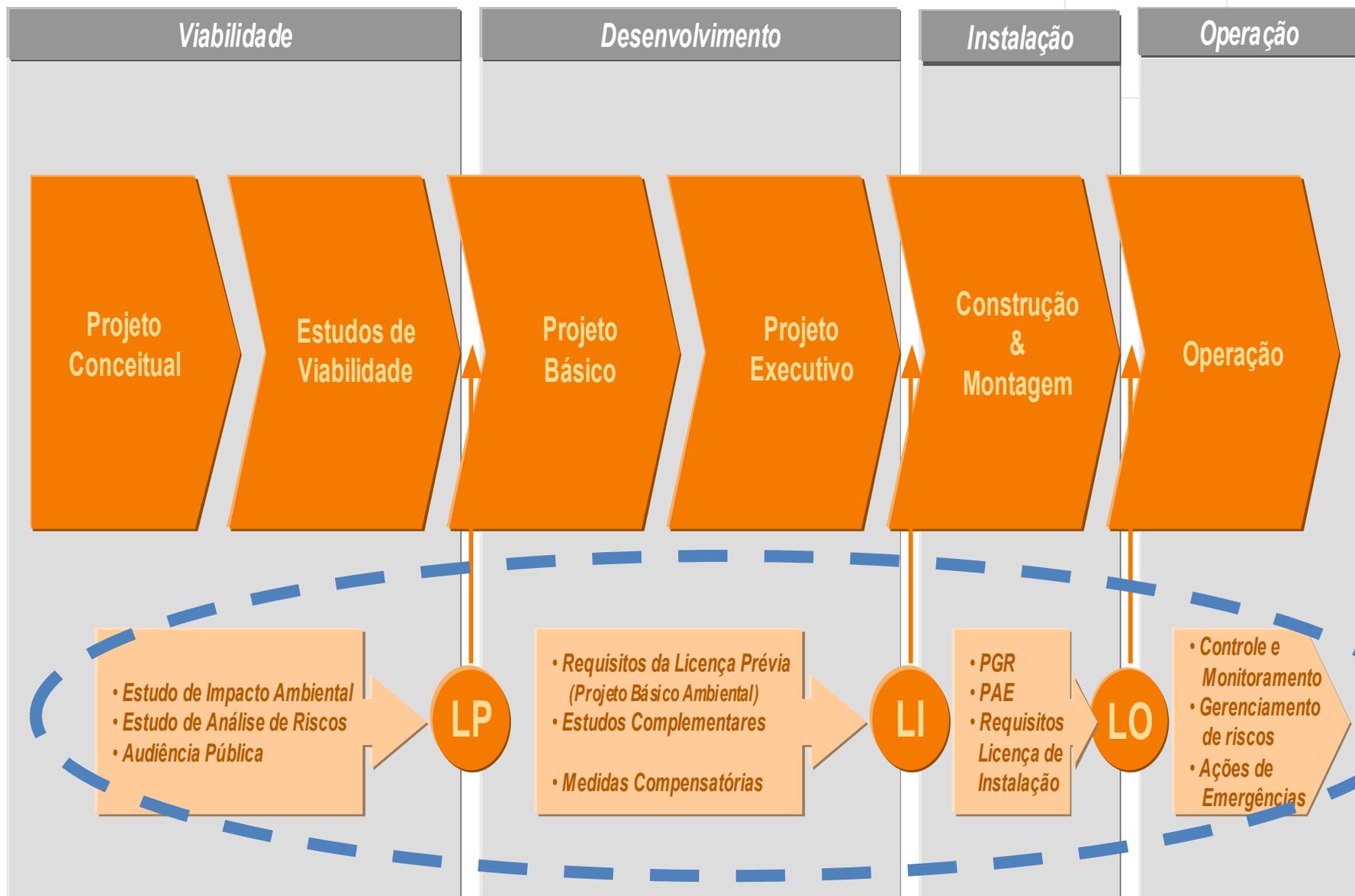
3. Bases técnicas para avaliação

4. Considerações finais



Referências na **Política Nacional do Meio Ambiente - PNMA** (Lei 6.938/1991)

Relação entre os estudos de engenharia, ambientais e de riscos e o licenciamento ambiental em obras de infraestrutura - BRA



Resolução Conama 01/1986

Artigo 5º O **estudo de impacto ambiental**, além de atender à legislação, em especial os princípios e objetivos expressos na Lei de Política Nacional do Meio Ambiente, **obedecerá às seguintes diretrizes gerais**:

I. Contemplar todas as alternativas tecnológicas e de localização de projeto, confrontando-as com a hipótese de não execução do projeto;

II. Identificar e **avaliar sistematicamente os impactos ambientais** gerados nas fases de implantação e operação da atividade ;

III. Definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos, denominada **área de influência** do projeto, considerando, em todos os casos, a bacia hidrográfica na qual se localiza;

IV. Considerar os planos e programas governamentais, propostos e em implantação na área de influência do projeto, e sua compatibilidade ...

Resolução Conama 01/1986

Artigo 6º - O estudo de impacto ambiental desenvolverá, no mínimo, as seguintes atividades técnicas:

I - Diagnóstico ambiental da área de influência do projeto

II - **Análise dos impactos ambientais** do projeto e de suas alternativas, através de **identificação, previsão da magnitude e interpretação da importância dos prováveis impactos relevantes**, discriminando: os impactos positivos e negativos (benéficos e adversos), diretos e indiretos, imediatos e a médio e longo prazos, temporários e permanentes; seu grau de reversibilidade; suas propriedades cumulativas e sinérgicas; a distribuição dos ônus e benefícios sociais.

III - **Definição das medidas mitigadoras dos impactos negativos**

IV - **Elaboração do programa de acompanhamento e monitoramento**

...

Identificação tem como base eventos conhecidos; desafio maior é prever a magnitude e significância dos impactos

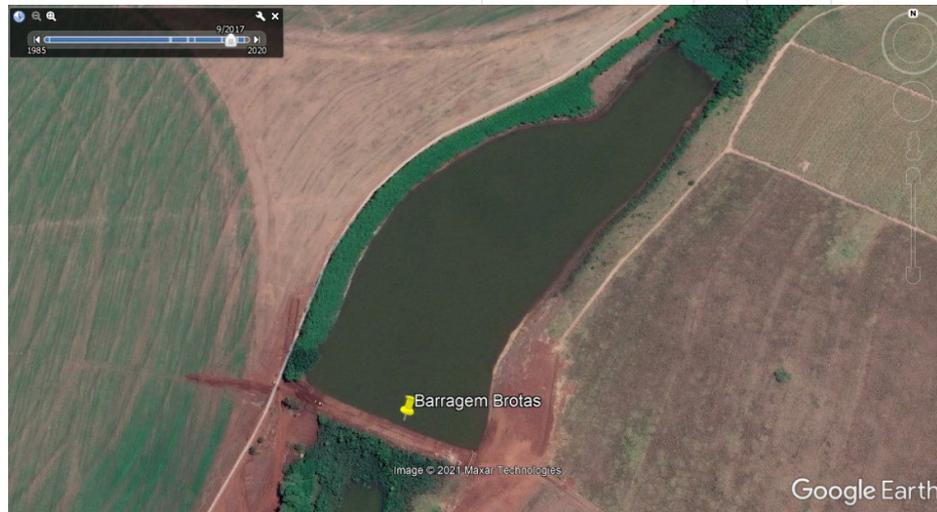
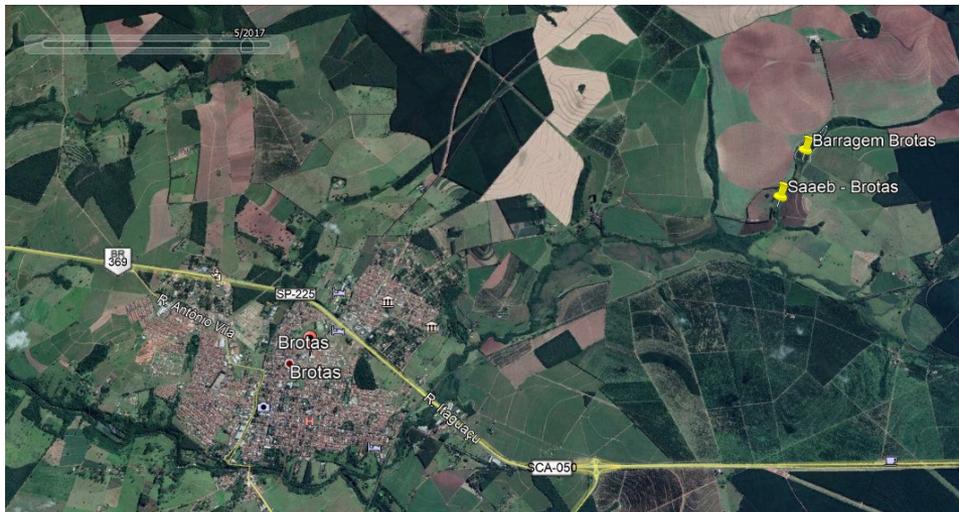
Barragem da Samarco em Mariana/MG (2015)



Fonte das imagens: *sites Folha, OESP, Globo*

Identificação tem como base eventos conhecidos; desafio maior é prever a magnitude e significância dos impactos

Barragem em Brotas/SP: ruptura por galgamento (2017)



Fonte: Ferraz, 2021

- Alteração da qualidade da água (cor e odor) no rio Jacaré Pepira.
- Interferência e perda de cobertura vegetal em APPs, atingidas pela onda de ruptura.
- Interferência em encostas, c/ aumento da erosividade – elevação abrupta da velocidade e da altura da lâmina d'água.
- Poluição visual.
- Suspensão temporária das atividades de ecoturismo e turismo de aventura.
- Desabastecimento temporário do município, pela interrupção da captação.



**Referências na Política
Nacional de Segurança de
Barragens - PNSB**
(Lei 12.334/2010 – atualizada
pela Lei 14.066/2020)

Lei Federal 12334/2010 (PNSB)

Aplica-se a barragens com **pelo menos** uma das seguintes características:

~~I - altura do maciço, contada do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a 15m (quinze metros);~~

I - altura do maciço, medida do encontro do pé do talude de jusante com o nível do solo até a crista de coroamento do barramento, maior ou igual a 15 (quinze) metros; (Redação dada pela Lei nº 14.066, de 2020)

II - capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000m³ (três milhões de metros cúbicos);

III - reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis;

~~IV - categoria de dano potencial associado, médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas, conforme definido no art. 6º.~~

IV - **categoria de dano potencial associado médio ou alto**, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas, conforme definido no art. 7º desta Lei; (Redação dada pela Lei nº 14.066, de 2020)

V - **categoria de risco alto**, a critério do órgão fiscalizador, conforme definido no art. 7º desta Lei. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)

Analogia com a definição de **Risco**

$$R = P \times C \times V$$

- **R = risco**
- **P = probabilidade de ocorrência de um evento** (acontecimento, caso, circunstância ou episódio relacionado a um fenômeno/processo indesejado – ex. ruptura) **num determinado intervalo de tempo**
- **C = consequências aos elementos expostos (vidas, bens, finanças)**
- **V = vulnerabilidade física dos elementos expostos ante a ocorrência do evento (0 ~1)**

$$R = CRI \times DPA$$

- **CRI - Categoria de Risco**, relaciona-se com o estado e as condições de segurança da estrutura ante a probabilidade de ruptura ou mau funcionamento; e
- **DPA – Dano Potencial Associado**, relaciona-se com as consequências que advirão em caso de ruptura ou mau funcionamento da estrutura.

ANEXO I**Classificação de Categoria de Risco e Dano Potencial Associado:**

	DANO POTENCIAL ASSOCIADO		
CATEGORIA DE RISCO	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTO	A	B	C
MÉDIO	B	C	D
BAIXO	B	C	E

$$**R = CRI x DPA (classes A a E)**$$

IV - categoria de **dano potencial associado** médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas, conforme definido no art. 7º desta Lei; (Redação dada pela Lei nº 14.066, de 2020)

... a avaliar em função das **consequências prováveis (impactos)**

art. 7º § 2º - A classificação por categoria de **dano potencial associado** à barragem em alto, médio ou baixo será feita em função do potencial de perdas de vidas humanas e dos impactos econômicos, sociais e ambientais decorrentes da ruptura da barragem.

ANEXO V

Quadro 1 - Classificação para barragens de mineração

NOME DA BARRAGEM:		
DATA DA CLASSIFICAÇÃO E ENQUADRAMENTO:		
1	CATEGORIA DE RISCO (CRI)	PONTOS
1.1	Características Técnicas (CT)	
1.2	Estado de Conservação (EC)	
1.3	Plano de Segurança de Barragens (PS)	
PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PS		
CLASSIFICAÇÃO DE RISCO		
FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	CATEGORIA DE RISCO	CRI
	ALTO	≥ 65 ou $EC^* = 10$ (*)
	MÉDIO	$37 < CRI < 65$
	BAIXO	≤ 37
(*) Pontuação (10) em qualquer coluna Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTA e necessidade providências imediatas pelo responsável da barragem.		
NOME EMPREENDEDOR:		
CLASSIFICAÇÃO PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO		
2	DANO POTENCIAL ASSOCIADO (DPA)	PONTOS
2.1	Volume total do reservatório	
2.2	Existência de População a Jusante	
2.3	Impacto Ambiental	
2.4	Impacto Sócio-Econômico	
PONTUAÇÃO TOTAL (DPA)		
CLASSIFICAÇÃO DE DANO		
FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	DANO POTENCIAL ASSOCIADO	DPA
	ALTO	≥ 13
	MÉDIO	$7 < DPA < 13$
	BAIXO	≤ 7
MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO		

$$R = CRI \times DPA$$

Fatores/critérios (a, b, c, d) a considerar no cálculo do DPA, para o caso da mineração:

$$DPA = a + b + c + d$$

- a) Volume total do reservatório;
- b) Existência de população a jusante;
- c) Impacto ambiental (físico, biótico); e
- d) Impacto socioeconômico.

Impactos



Discussões sobre a estimativa do DPA, em vista de possíveis efeitos a jusante e ... também a montante:

ADAPTAÇÃO DA METODOLOGIA LEGAL DA CLASSIFICAÇÃO POR CATEGORIA DE RISCO – CRI E DANO POTENCIAL ASSOCIADO – DPA PARA FINS GERENCIAIS

2019

Marco de VITO | Eng. Agrônomo, MSc. – Ministério da Integração Nacional
Rafael Ribeiro SILVEIRA | Eng. Civil – Ministério da Integração Nacional
Gerjan BEEKMAN | Eng. Civil PhD – Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura

O índice DPA* é calculado como:

$$DPA^* = a + b^* + c + d + e$$

O DPA foi modificado para: a) levar em consideração a magnitude da população afetada pela ruptura da barragem; e, b) introduzir no cálculo as consequências econômicas por perda do reservatório (perda de produção hidroelétrica, abastecimento urbano, abastecimento industrial, irrigação, etc.).

Impacto por Perdas no Reservatório (e)	Pontos
INEXISTENTE – A água do reservatório não é usada.	0
BAIXO – Produção hidrelétrica de baixa magnitude ou no abastecimento de modesta significância ou em pequenos empreendimentos agrícolas ou industriais.	4
MÉDIO – Produção hidrelétrica ou empreendimentos agrícolas ou industriais de importância local, ou abastecimento urbano de pequenas cidades.	6
ALTO – Demais casos	8

Quadro 8. Pontuação em função do Impacto por Perdas do Reservatório (e)

Potencial de Perdas de Vidas Humanas (b)	Pontos
INEXISTENTE- Não existem pessoas permanentes/residentes ou temporárias/transitando na área afetada a jusante da barragem.	0
POUCO FREQUENTE- Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local.	4
FREQUENTE- Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia ou outro empreendimento de permanência eventual de pessoas.	8

Potencial de Perdas de Vidas Humanas (b)	Pontos
EXISTENTE – De 1 a 10 pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem.	10
EXISTENTE – De 10 a 100 pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem.	15
EXISTENTE – De 100 a 1.000 pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem.	20
EXISTENTE – De 1.000 a 10.000 pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem.	30
EXISTENTE – Mais de 10.000 pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem.	40

Quadro 7. Pontuação modificada em função do Potencial de Perdas de Vidas Humanas, modificado (b*)

Em analogia com a definição clássica de risco, o IR obtém-se do produto entre o CRI modificado e DPA modificado:

$$IR = CRI^* \times DPA^* \quad (1)$$

PORTARIA DNPM (ANM) 70.389/2017

Volume V
Plano de Ação de
Emergência -
PAEBM

**PSB e
PAE**

1. Apresentação e objetivo do PAEBM;
2. Identificação e contatos do Empreendedor, do Coordenador do PAE e das entidades constantes do Fluxograma de Notificações;
3. Descrição geral da barragem e estruturas associadas;
4. Detecção, avaliação e classificação das situações de emergência em níveis 1, 2 e/ou 3;
5. Ações esperadas para cada nível de emergência.
6. Descrição dos procedimentos preventivos e corretivos;
7. Recursos materiais e logísticos disponíveis para uso em situação de emergência;
8. Procedimentos de notificação (incluindo o Fluxograma de Notificação) e Sistema de Alerta;
9. Responsabilidades no PAEBM (empreendedor, coordenador do PAE, equipe técnica e Defesa Civil);
10. Síntese do estudo de inundação com os respectivos mapas, indicação da ZAS e ZSS assim como dos pontos vulneráveis potencialmente afetados;
11. Declaração de Encerramento de Emergência, quando for o caso;
12. Plano de Treinamento do PAE;
13. Descrição do sistema de monitoramento utilizado na Barragem de Mineração;
14. Registros dos treinamentos do PAEBM;
15. Relação das autoridades competentes que receberam o PAEBM e os respectivos protocolos;
16. Relatório de Causas e Consequências do Evento em Emergência Nível 3, contendo, no mínimo:
 - a) Descrição detalhada do evento e possíveis causas;
 - b) Relatório fotográfico;
 - c) Descrição das ações realizadas durante o evento, inclusive cópia das declarações emitidas e registro dos contatos efetuados, conforme o caso;
 - d) Em caso de ruptura, a identificação das áreas afetadas;
 - e) Consequências do evento, inclusive danos materiais, à vida e à propriedade;
 - f) Proposições de melhorias para revisão do PAEBM;
 - g) Conclusões do evento; e
 - h) Ciência do responsável legal pelo empreendimento.

A questão da delimitação da ZAS e da ZSS

Lei Federal 12334/2010 (PNSB)

- **IX - zona de autossalvamento (ZAS):** trecho do vale a jusante da barragem em que não haja tempo suficiente para intervenção da autoridade competente em situação de emergência, conforme mapa de inundação; [\(Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020\)](#).
- **X - zona de segurança secundária (ZSS):** trecho constante do mapa de inundação não definido como ZAS; [\(Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020\)](#).

Portaria DNPM/ANM 70389/2017

- **XL. Zona de Autossalvamento - ZAS:** ... a distância que corresponda a um tempo de chegada da onda de inundação igual a 30' ou 10 km; e
- **XLI. Zona de Segurança Secundária - ZSS:** Região constante do Mapa de Inundação, não definida como ZAS.

Portaria DAEE 1634/2021

- **XVI - Zona de Autossalvamento – ZAS** - trecho do vale a jusante da barragem em que não há tempo suficiente para intervenção da autoridade competente em situação de emergência, conforme mapa de inundação;
- **XVII - Zona de Segurança Secundária – ZSS** - trecho constante do mapa de inundação não definido como ZAS;

Desativação e/ou descaracterização de barragens

Lei Federal 12334/2010 (PNSB)

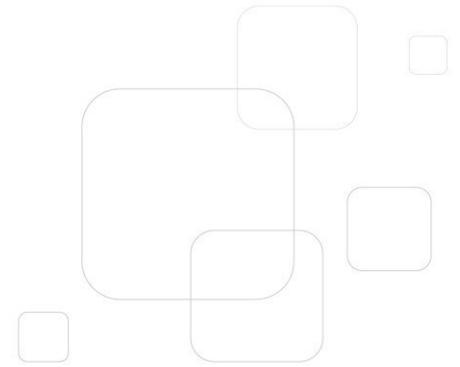
XV - **barragem descaracterizada**: aquela que não opera como estrutura de contenção de sedimentos ou rejeitos, não possuindo características de barragem, e que se destina a outra finalidade. (Incluído pela Lei nº 14.066, de 2020)



PORTARIA Nº 70.389, DE 17 DE MAIO DE 2017

(Versão com retificações de 05/06/2017, 10/11/2017 e Resolução ANM nº 13/2019)

VIII. **Barragem de mineração descaracterizada**: estrutura que não recebe, permanentemente, aporte de rejeitos e/ou sedimentos oriundos de sua atividade fim, a qual ~~deixa de possuir características~~ ou de exercer função de barragem, de acordo ~~com projeto técnico~~, compreendendo, mas não se limitando, às seguintes etapas concluídas: i. Descomissionamento; ii. Controle hidrológico e hidrogeológico; iii. Estabilização; e iv. Monitoramento. (alterado Resolução ANM nº 32/2020)



Referências na **integração entre a
PNMA e a PNSB – o caso de MG**
(Lei Estadual 23.291/19)

Interfaces entre a PNSB e AIA: o caso de MG

LEI 23291, DE 25/02/2019

Institui a política estadual de segurança de barragens - MG

CAPÍTULO II DO LICENCIAMENTO AMBIENTAL DE BARRAGENS

Art. 6º – A construção, a instalação, o funcionamento, a ampliação e o **alteamento** de barragens no Estado dependem de prévio licenciamento ambiental, na **modalidade trifásica**, que compreende a apresentação preliminar de EIA e do respectivo Rima e as etapas sucessivas de LP, LI e LO, vedada a emissão de licenças concomitantes, provisórias, corretivas e ad referendum.

Art. 7º –

I – para a obtenção da LP, o empreendedor deverá apresentar, no mínimo:

f) estudo conceitual de cenários de rupturas com mapas com a mancha de inundação;

II – para a obtenção da LI, o empreendedor deverá apresentar, no mínimo:

b) PSB contendo, além das exigências da PNSB, no mínimo, **PAE**, observado o disposto no art. 9º, análise de performance do sistema e previsão da execução periódica de auditorias técnicas de segurança;

III – para a obtenção da LO, o empreendedor deverá apresentar, no mínimo:

a) estudos completos dos cenários de rupturas com mapas com a mancha de inundação;

Síntese: instrumentos e estudos que podem incluir o cenário de ruptura e contribuir na prevenção de impactos

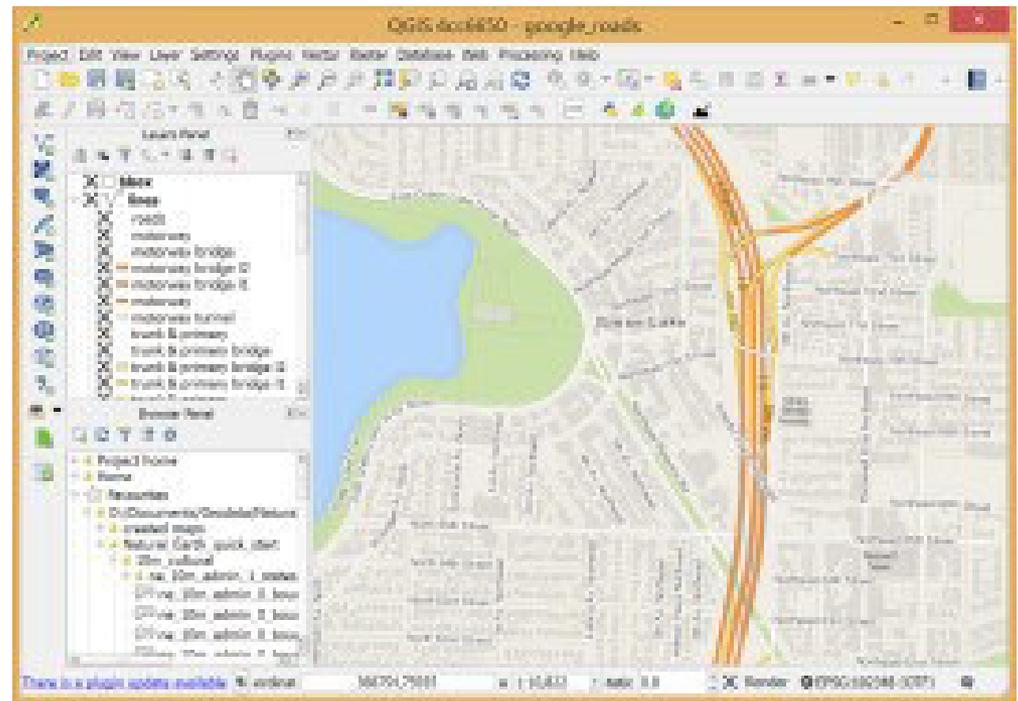
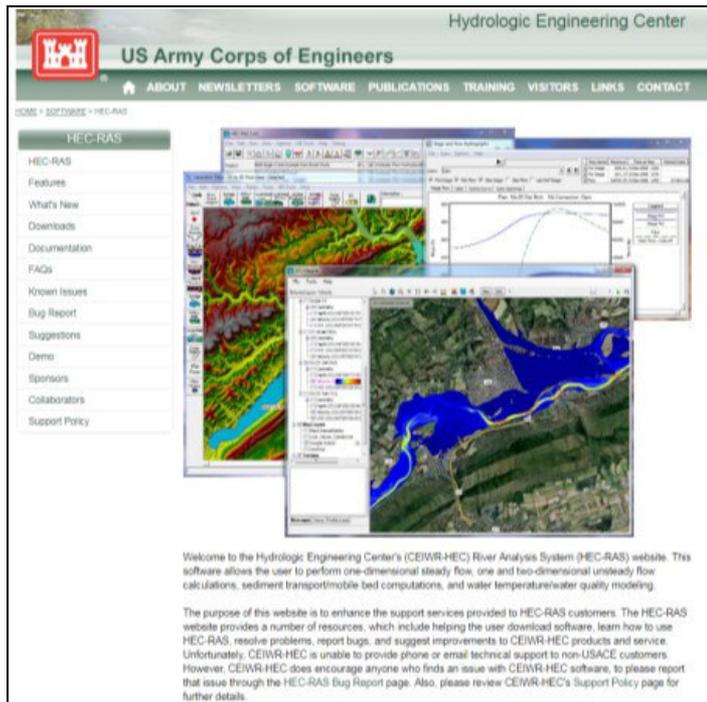
- **Na fase de planejamento:** estudos prévios (EIA/Rima), estudo de análise de risco (EAR) e programa de gerenciamento de riscos (PGR);
- **Na fase de instalação:** projeto básico ambiental (PBA) e gestão de impactos não previstos;
- **Na fase de operação:** sistema de gestão ambiental (SGA), auditoria ambiental (AA), Plano de Segurança de Barragem (PSB) e Plano de Ação de Emergência (PAE); e
- **Na fase de desativação:** plano de desativação, plano de recuperação e/ou reabilitação de áreas degradadas (PRAD) e projeto técnico de descaracterização.

Avaliação prévia de impactos a jusante de barragens

1. Contextualização
2. Instrumentos disponíveis
- 3. Bases técnicas para avaliação**
4. Considerações finais

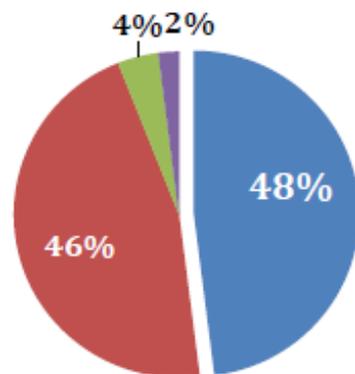
Estudos de inundação como base à identificação, previsão e análise da significância dos impactos

- **Método detalhado**: estudos de *Dam Break*, que envolvem modelagens hidráulicas para estimar a inundação em diferentes cenários (galgamento, erosão interna, etc.), gerando mapas de inundação e simulações de propagação de onda (mapa de risco hidrodinâmico), indicando-se a ZAS e a ZSS.



- **Método simplificado**: modelo da ANA e LNEC/Portugal.

Estatística da rotura de barragens de aterro



População de 11200 barragens de aterro

- Galgamento
- Erosão interna
- Perda de estabilidade estática
- Perda de estabilidade sísmica

Erosão interna { Roturas: 1 em 200 (0,5%)
Incidentes: 1 em 60 (1,5%)

Fonte:

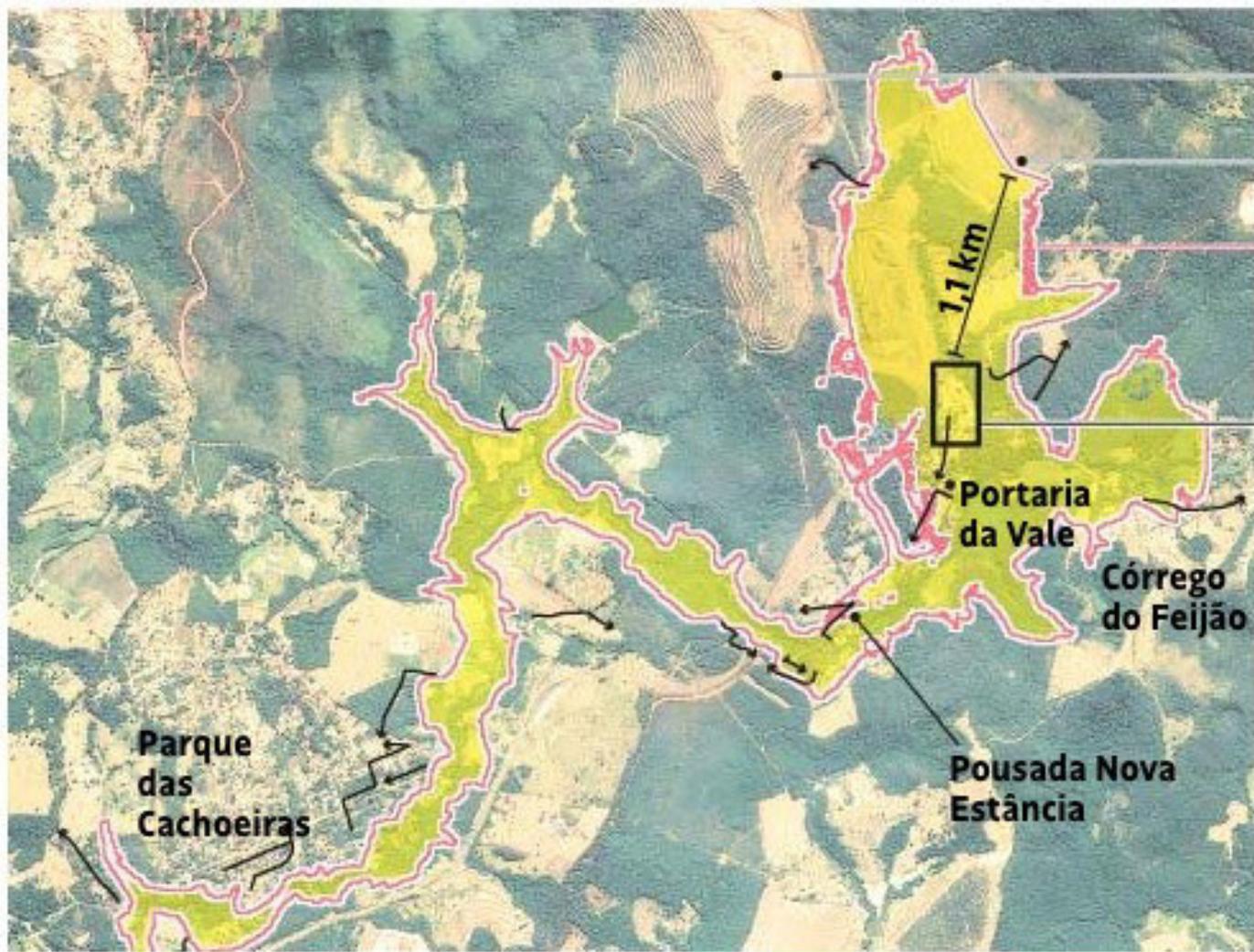
International Commission on Large Dams
ICOLD (2017)

Fonte:

Foster et al. (2000)

Elaborado pela Profa. Laura Caldeira/POR-2020

Plano de segurança mostrava refeitório e centro administrativo em zona de perigo caso barragem se rompesse



- Rotas de fuga
- Mina Córrego do Feijão
- Barragem 1
- Mancha de inundação** (área que seria atingida)
- Centro administrativo da Vale

Google Earth



Fonte: Plano de Ações Emergenciais/Vale

Método simplificado para geração da mancha de inundação: o modelo da ANA/LNEC (USGS e USACE)

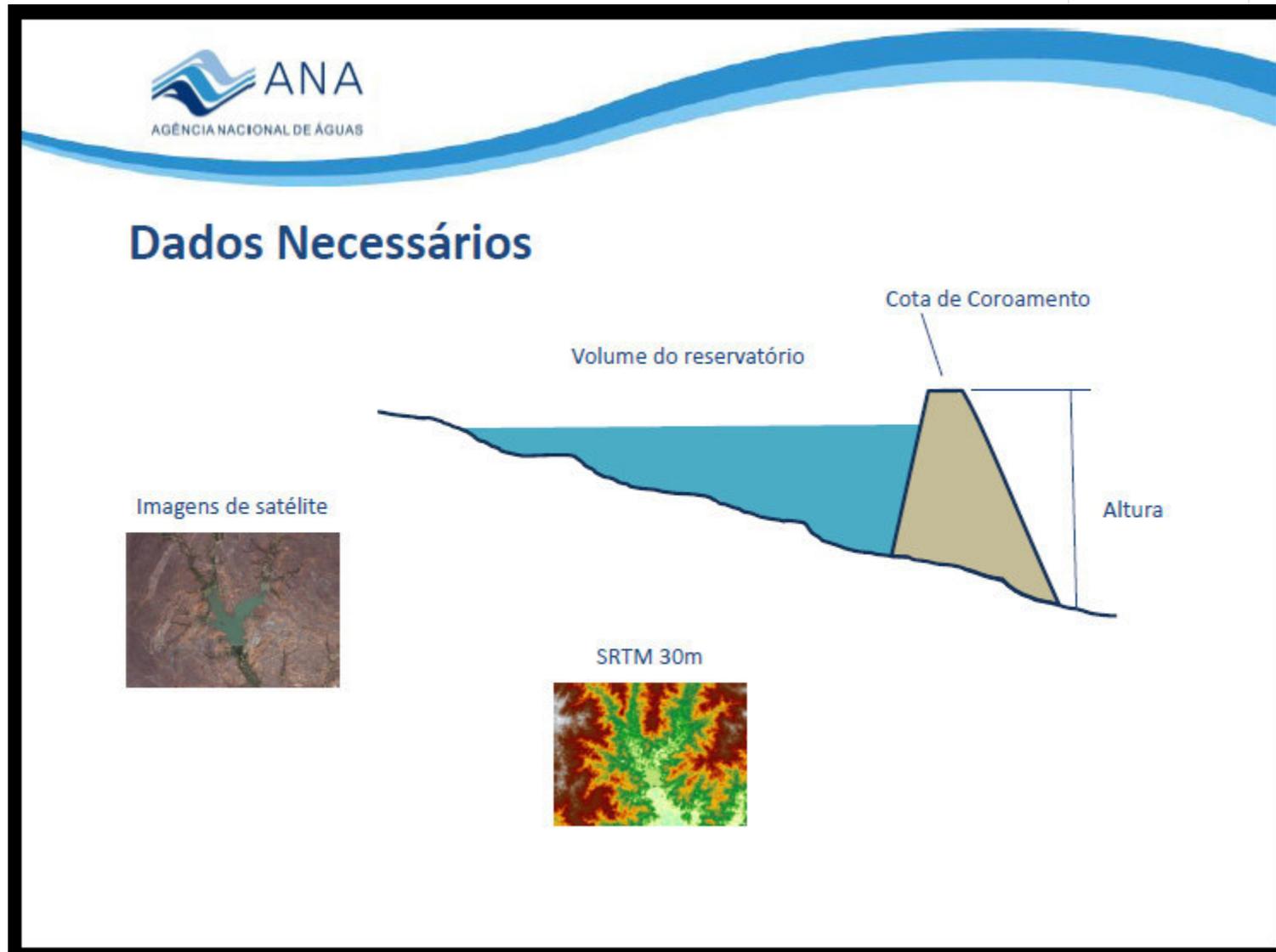


Fundamentos

O que seria necessário para um estudo de rompimento?

- Projeto “como construído” da estrutura da barragem.
- Batimetria do reservatório.
- Modelo Digital de *Terreno* da região a jusante da barragem (acurácia vertical de 0,5m ou melhor).
- Série histórica hidrometeorológica no local da barragem.
- Rugosidades das superfícies a jusante.
- Detalhes das estruturas como pontes, bueiros, etc.
- ...

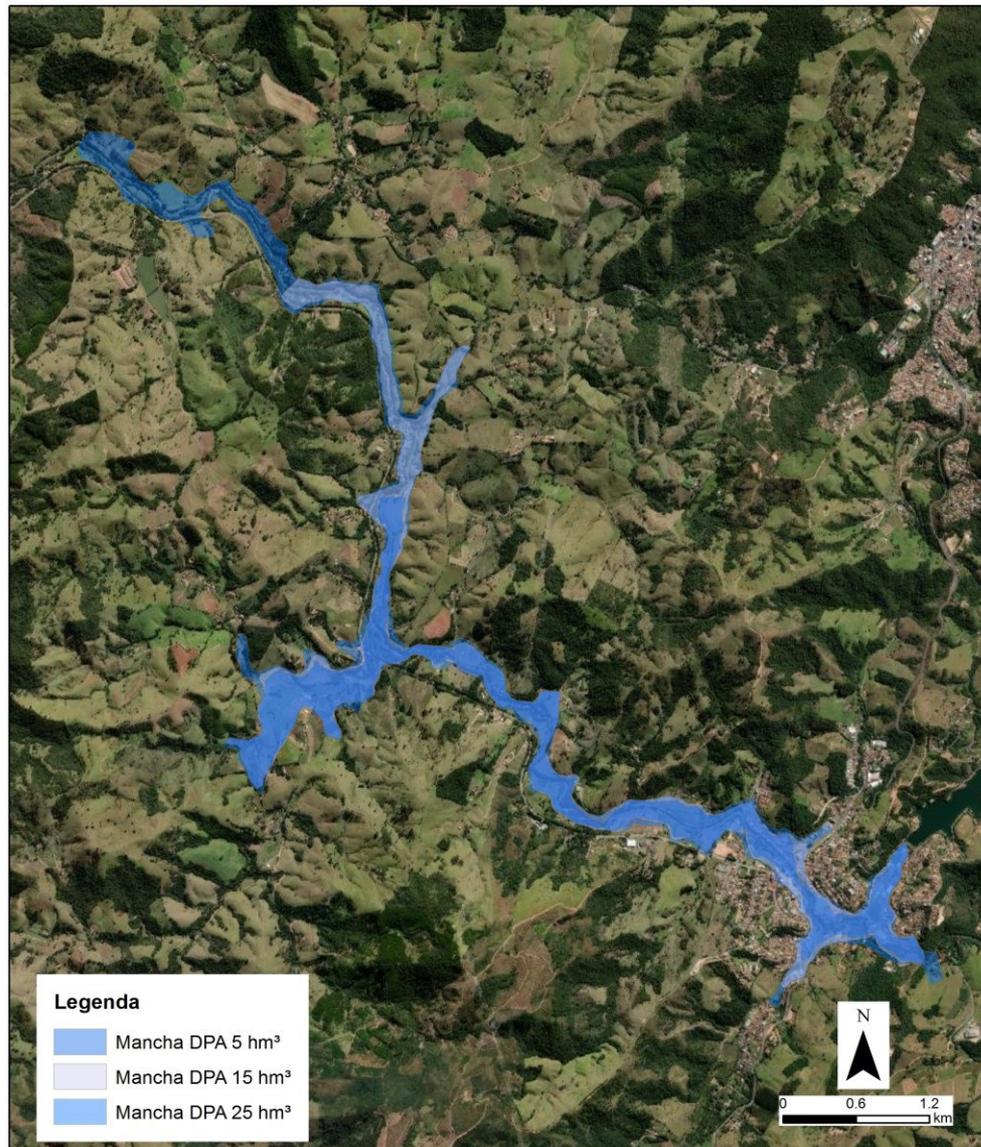
Método simplificado para geração da mancha de inundação: o modelo da ANA/LNEC (USGS e USACE)



Sistema de barragens do Grande Lago - Lindoia/SP



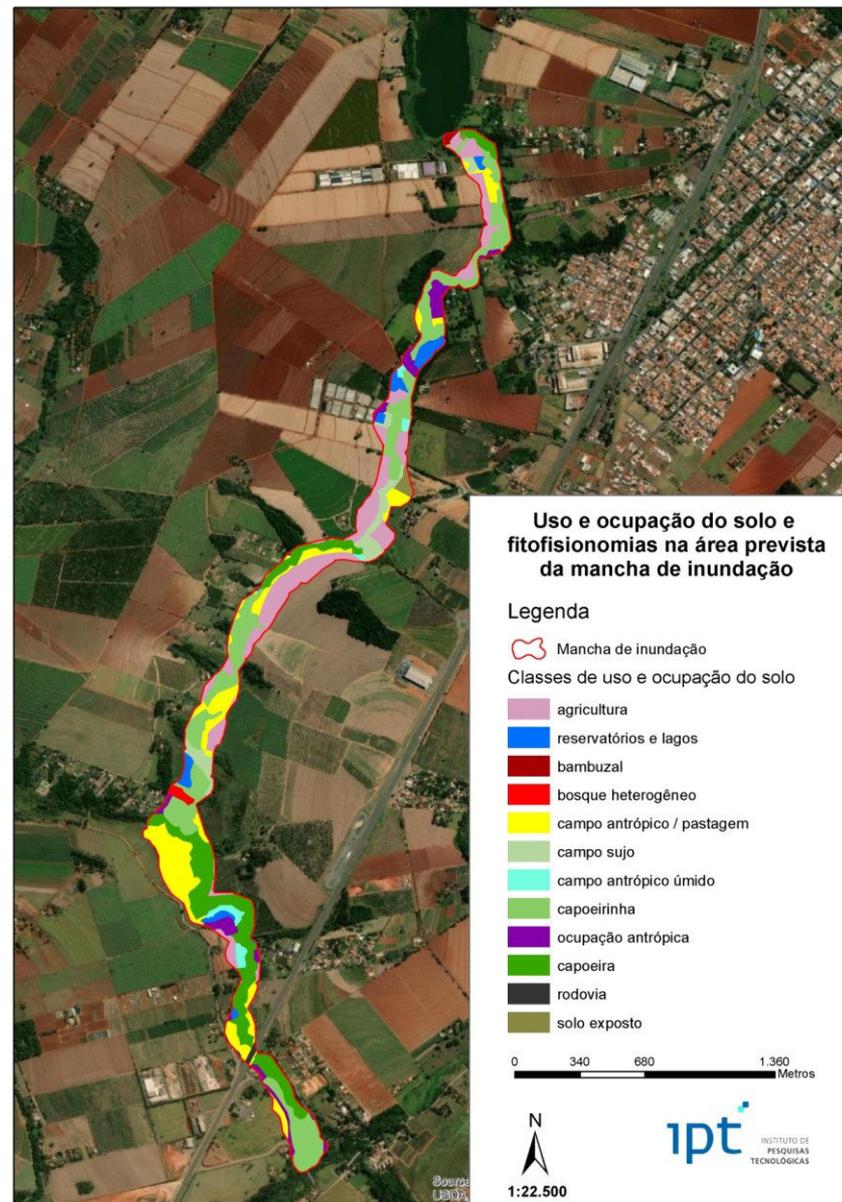
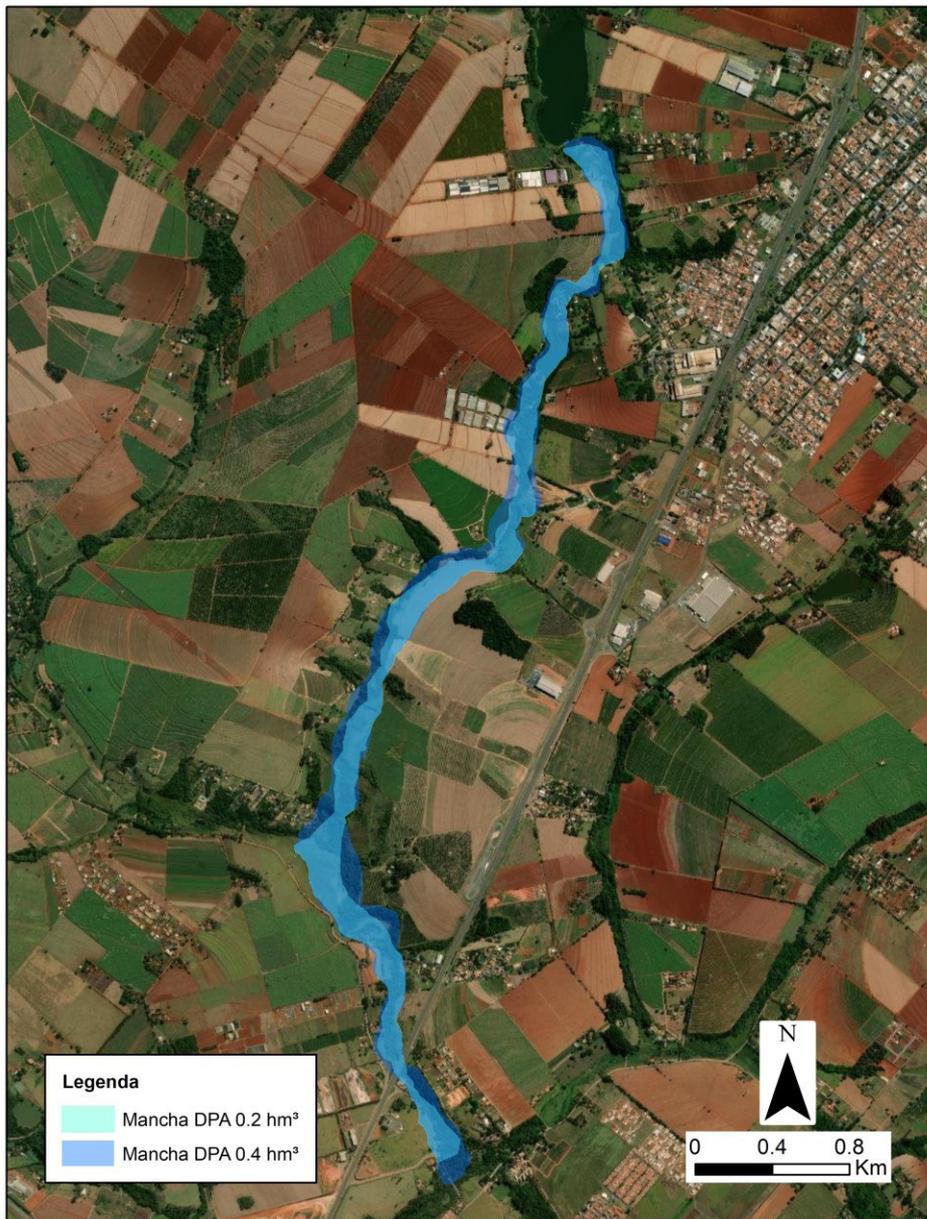
Sistema de barragens do Grande Lago - Lindoia/SP



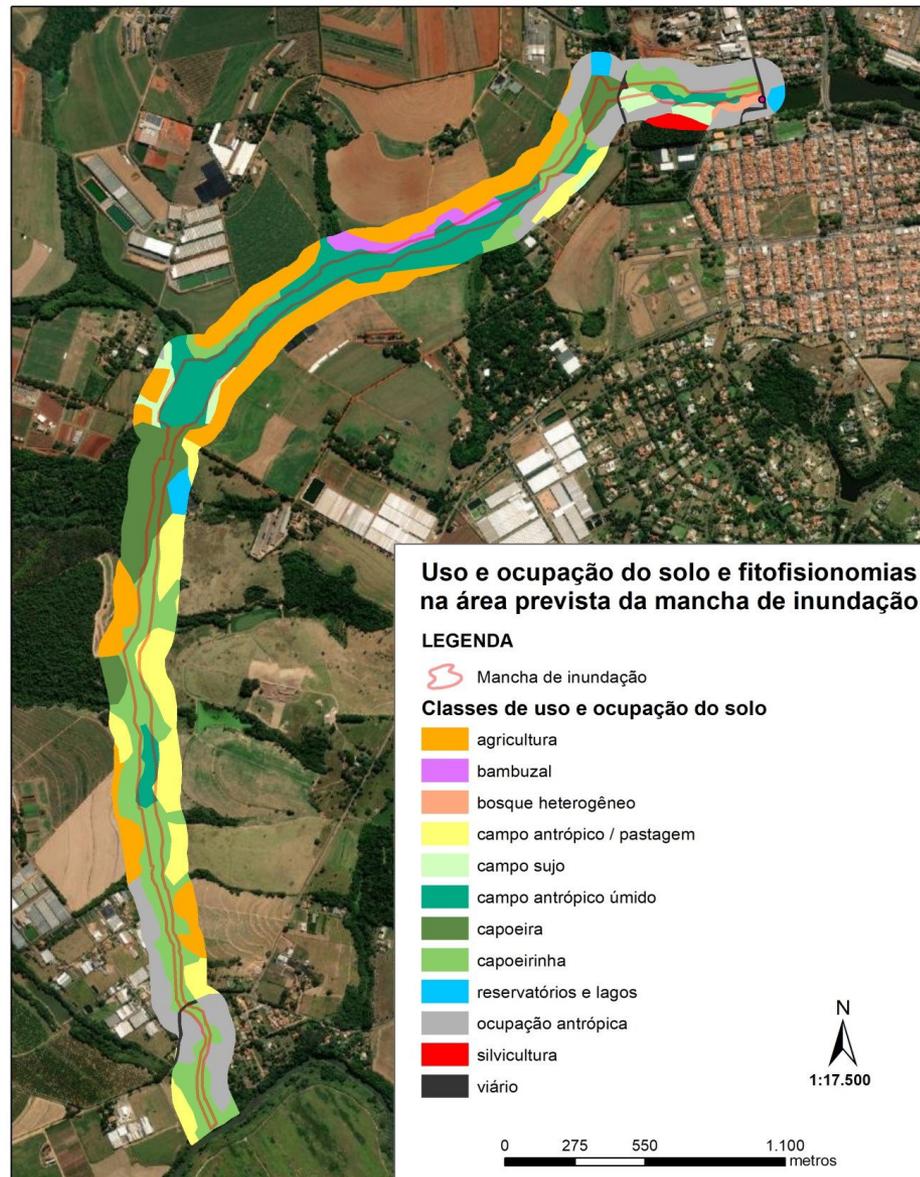
Barragem em Pirassununga/SP

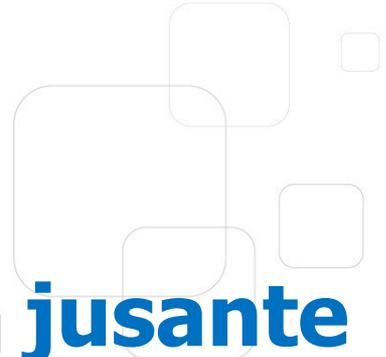


Barragem Cotrins – Artur Nogueira/SP



Barragem Nossa Prainha - Holambra/SP





Avaliação prévia de impactos a jusante de barragens

1. Contextualização
2. Instrumentos disponíveis
3. Bases técnicas para avaliação
- 4. Considerações finais**

Considerações finais

- Os instrumentos disponíveis propiciam informações para prevenção de impactos. Desafio maior parece estar na previsão de magnitudes e significâncias.
- Estudos de *dam break* geram mapas de manchas de inundação e de propagação de ondas, indicando as ZAS e ZSS. O conhecimento dos elementos contidos nelas é base para avaliação prévia de impactos.
- Modelo simplificado para geração da mancha de inundação se mostra útil em análises preliminares, podendo orientar a adoção de medidas preventivas nos casos em que não há estudos detalhados.

WEBINAR: Prevenção de desastres e aspectos técnicos e jurídicos em segurança de barragens de interesse da atuação do MP



Grato pela atenção!

omar@ipt.br