

BARRAGENS DE REJEITO: CLASSIFICAÇÃO DE RISCO E VULNERABILIDADE DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

Fábio Augusto Gomes Vieira Reis

Geólogo e Eng. Civil

Prof. Dr. Departamento de Geologia Aplicada – UNESP – Rio Claro

Contato: fabioreis@rc.unesp.br

CONTEXTUALIZAÇÃO

A sociedade brasileira começou a discutir mais sistematicamente o problema das catástrofes de rompimento de estruturas hidráulicas pela ruptura das seguintes barragens:

- em 2001: Mineração Rio Verde, município de Nova Lima (MG) - 5 pessoas desaparecidas e 12 km a jusante afetados;
- em 2003: Indústria Cataguases de Papel, município de Cataguases (MG) - 900 mil metros cúbicos de um licor negro, material orgânico constituído de lignina e sódio, na Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul
- em 2004: Barragem de Água de Camará, município de Areia (PB) - cinco pessoas e deixou cerca de três mil desabrigados
- embora em 1960 já tivesse ocorrido a ruptura da barragem de Orós, no Ceará, com um número de vítimas não oficial de 1000 pessoas

CONTEXTUALIZAÇÃO

Comitê Brasileiro de Barragens – CBDB

- 1979 e 1983: “Diretrizes para a Inspeção e Avaliação da Segurança de Barragens em Operação”;
- 1986: “Recomendações para a Formulação e Verificação de Critérios e Procedimentos de Segurança de Barragens”;
- 1995: “Cadastro Brasileiro de Deterioração de Barragens e Reservatórios”;
- 1996: “Auscultação e Instrumentação de Barragens no Brasil”;
- 2001: “Guia Básico de Segurança de Barragem”.

CONTEXTUALIZAÇÃO

- **2010: Lei Federal n. 12.334 - Política Nacional de Segurança de Barragens** destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, sendo direcionada à barramentos de médio e grande portes.
- **Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens** para registro informatizado das condições de segurança de barragens em todo o território nacional.

OUTRAS LEGISLAÇÕES

Legislação/Normas Técnicas	Ementa
Âmbito Federal	
Resolução CNRH nº 143, de 10 de julho de 2012	Estabelece critérios gerais de classificação de barragens por categoria de risco, dano potencial associado e pelo volume do reservatório, em atendimento ao art. 7º da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010.
Resolução CNRH nº 144, de 10 de julho de 2012	Estabelece diretrizes para implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens, aplicação de seus instrumentos e atuação do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens, em atendimento ao art. 20 da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que alterou o art. 35 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.
Portaria DNPM nº 416, de 03 de setembro de 2012	Cria o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração e dispõe sobre o Plano de Segurança, Revisão Periódica de Segurança e Inspeções Regulares e Especiais de Segurança das Barragens de Mineração conforme a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que dispõe sobre a Política Nacional de Segurança de Barragens.
Portaria DNPM nº 526, de 09 dezembro de 2013	Estabelece a periodicidade de atualização e revisão, a qualificação do responsável técnico, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Ação de Emergência das Barragens de Mineração (PAEBM), conforme art. 8º, 11 e 12 da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), e art. 8º da Portaria nº 416, de 3 de setembro de 2012.
Âmbito Estadual - MG	
Deliberação Normativa COPAM nº 62, de 17 de dezembro de 2002	Dispõe sobre critérios de classificação de barragens de contenção de rejeitos, de resíduos e de reservatório de água em empreendimentos industriais e de mineração no Estado de Minas Gerais.
Deliberação Normativa COPAM nº 87, de 17 de junho de 2005	Altera e complementa a Deliberação Normativa COPAM nº 62, de 17/12/2002, que dispõe sobre critérios de classificação de barragens de contenção de rejeitos, de resíduos e de reservatório de água em empreendimentos industriais e de mineração no Estado de Minas Gerais.
Deliberação Normativa COPAM nº 124, de 09 de outubro de 2008	Complementa a Deliberação Normativa COPAM nº 87, de 06/09/2005, que dispõe sobre critérios de classificação de barragens de contenção de rejeitos, de resíduos e de reservatório de água em empreendimentos industriais e de mineração no Estado de Minas Gerais.
Âmbito Estadual - SP	
Portaria DAAE nº 3907, de 15 de dezembro de 2015	Aprova os critérios e os procedimentos para a classificação, a implantação e a revisão periódica de segurança de barragens de acumulação de água de domínio do Estado de São Paulo, considerando o disposto na Lei Federal nº 12.334, de 20/09/2010.

Parâmetros para classificação de uma barragem - Deliberação Normativa COPAM nº 62/2002

Desde 2002 a FEAM vem desenvolvendo o Programa de Gestão de Barragens de Rejeitos e Resíduos: Banco de Declarações Ambientais – BDA

- a) Altura do maciço (H), em metros.
- b) Volume do reservatório (V_r), em metros cúbicos.
- c) Ocupação humana a jusante da barragem, à época do cadastro, em três níveis:
 - i - Inexistente: não existem habitações na área a jusante da barragem;
 - ii - Eventual: significa que não existem habitações na área a jusante da barragem, mas existe passagem ou locais de permanência eventual de pessoas;
 - iii - Grande: significa que existem habitações na área a jusante da barragem e, portanto, vidas humanas serão atingidas ou que a barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados como Classe I – Perigosos ou Classe II - Não Inertes, segundo a norma NBR 10.004 da ABNT, ou outra equivalente que vier sucedê-la.

Parâmetros para classificação de uma barragem - Deliberação Normativa COPAM nº 62/2002

d) Interesse ambiental da área a jusante da barragem, em três níveis:

i - Pouco significativo: quando a área a jusante da barragem não representa área de interesse ambiental relevante ou encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais;

ii - Significativo: quando a área a jusante da barragem apresenta interesse ambiental relevante.

iii - Elevado: quando a área a jusante da barragem apresenta interesse ambiental relevante e a barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados como Classe I - Perigosos ou Classe II - Não Inertes, segundo a norma NBR 10.004 da ABNT, ou outra equivalente que vier sucedê-la.

Parâmetros para classificação de uma barragem - Deliberação Normativa COPAM nº 62/2002

e) Instalações na área a jusante da barragem, em três níveis:

i - Inexistente: quando não existem quaisquer instalações na área a jusante da barragem;

ii - Baixa concentração: quando existe pequena concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área a jusante da barragem;

iii - Alta concentração: quando existe grande concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de grande relevância sócio-econômico-cultural na área a jusante da barragem.

CRITÉRIOS PARA CLASSIFICAÇÃO DAS BARRAGENS - MG

ALTURA DO MACIÇO (H em m)	VOLUME DO RESERVATÓRIO ($V_r \times 10^6 \text{ m}^3$)	OCUPAÇÃO HUMANA A JUSANTE DA BARRAGEM	INTERESSE AMBIENTAL A JUSANTE DA BARRAGEM	INSTALAÇÕES A JUSANTE DA BARRAGEM
Pequena ($H < 15\text{m}$) V = 0	Pequeno ($V_r < 0,50$) V = 0	Inexistente V = 0	Pouco significativo V = 0	Inexistente V = 0
Média ($15\text{m} < H < 30\text{m}$) V = 1	Médio ($0,50 < V_r < 5,0$) V = 1	Eventual V = 2	Significativo V = 1	Baixa concentração V = 1
Alta ($H > 30\text{m}$) V = 2	Grande ($V_r > 5,0$) V = 2	Grande V = 3	Elevado V = 3	Alta concentração V = 2

CRITÉRIOS PARA CLASSIFICAÇÃO DAS BARRAGENS – MG

- **Baixo Potencial de Dano Ambiental: Classe I:** quando o somatório dos valores for menor ou igual a dois ($V \leq 2$);
- **Médio Potencial de Dano Ambiental: Classe II:** quando o somatório dos valores for maior que dois e menor ou igual a quatro ($2 < V \leq 4$);
- **Alto Potencial de Dano Ambiental: Classe III:** quando o somatório dos valores for maior que quatro ($V > 4$).

AUDITORIA TÉCNICA DE SEGURANÇA - MG

A Deliberação Normativa COPAM nº 87 de 17 de junho de 2005 estabelece que todas as barragens devem realizar Auditoria Técnica de Segurança conforme disposto no Art. 5º de acordo com a periodicidade que varia em função da classificação da barragem, sendo:

- Auditoria a cada 1 ano para Barragens de Classe III;**
- Auditoria a cada 2 anos para Barragens de Classe II e**
- Auditoria a cada 3 anos para Barragens de Classe I.**

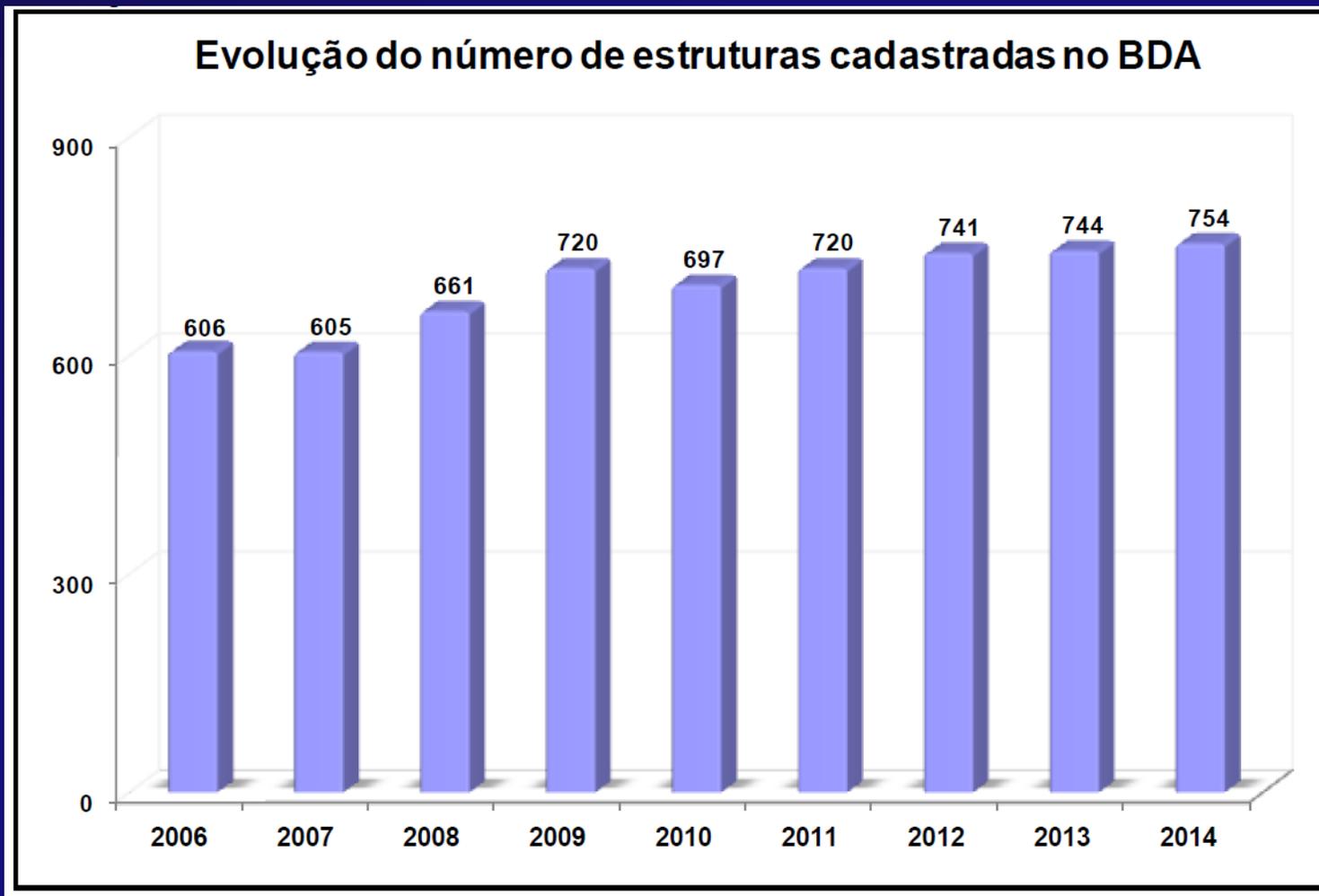
CLASSIFICAÇÃO DE BARRAGENS NO MUNDO

País / Instituição	Critérios para Aplicação da Legislação de Segurança de Barragens
ICOLD	H > 15 m 10 < H < 15 m e L > 500 m ou; V > 1 Hm ³ ou; Q > 2.000 m ³ /s
Argentina	Não foi encontrada referência de critérios de definição de barragens que devem seguir as regulamentações. Todas as concessões privadas são supervisionadas pelo organismo regulador
Austrália	Barragens que entram na regulamentação NRM (2002) Oferecem risco a mais de uma pessoa H > 8 m e V > 0,5 hm ³ H > 8 m, V > 0,25 hm ³ e a bacia de drenagem é a maior que 3 vezes a área do reservatório cheio Essas barragens são divididas em duas categorias, conforme o risco oferecido à população a jusante em caso de ruptura: Categoria 1: 2 a 100 pessoas Categoria 2: mais de 100 pessoas
Canadá	Barragens de alta capacidade H > 1 m e V > 1 hm ³ H > 2,5 m e V > 30.000 m ³ H > 7,5 m
Espanha	Grandes barragens, conforme regras do ICOLD Barragens que apresentam dificuldades especiais em sua fundação ou tenham características não habituais Barragens que se encontrem classificadas nas categorias A ou B de risco potencial, conforme abaixo: Categoria A: Risco a mais de 5 residências habitadas, o que dá um risco potencial média a 12 ou 15 pessoas; Categoria B: de 1 a 5 domicílios
Estados Unidos	H > 7,60 m e V > 61.670 m ³
França	H > 20 m ou barragens que implicam perigo para a população
Itália	H > 15 m e V > 1 hm ³
Portugal	Grandes barragens: H > 15 m; V > 0,1 hm ³ ; ou Risco de perdas humanas ou importantes consequências econômicas
Reino Unido	V > 25.000 m ³
Suíça	H > 10 M ou H > 5 e V > 50.000 m ³ Barragens que representam perigo a pessoas ou bens

ACIDENTES EM CADEIA COM BARRAGENS DE PEQUENO E MÉDIO PORTES

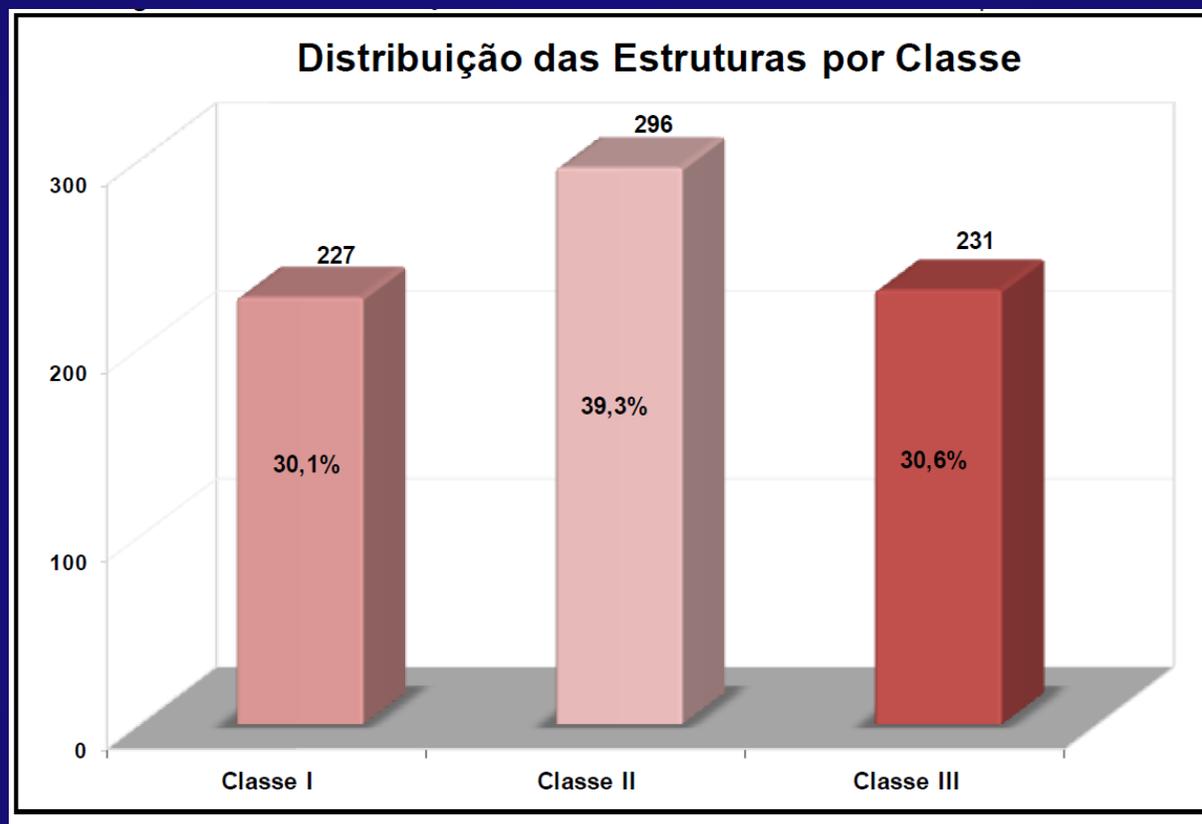
Caso recente que demonstra essa problemática com pequenas barragens em cadeia em uma mesma bacia hidrográfica associada a eventos pluviométricos excepcionais e/ou processos geológicos de dinâmica superficial, foi o rompimento de 9 pequenas e médias, de um total de 27 represas na região do norte do Estado do Colorado, nos EUA, em setembro de 2013, que ocasionou a morte 8 pessoas e mais de 2 bilhões de dólares em prejuízos econômicos.

EVOLUÇÃO DO NÚMERO DE ESTRUTURAS CADASTRADAS NO BANCO DE DECLARAÇÕES AMBIENTAIS - só MG (FEAM, 2014)

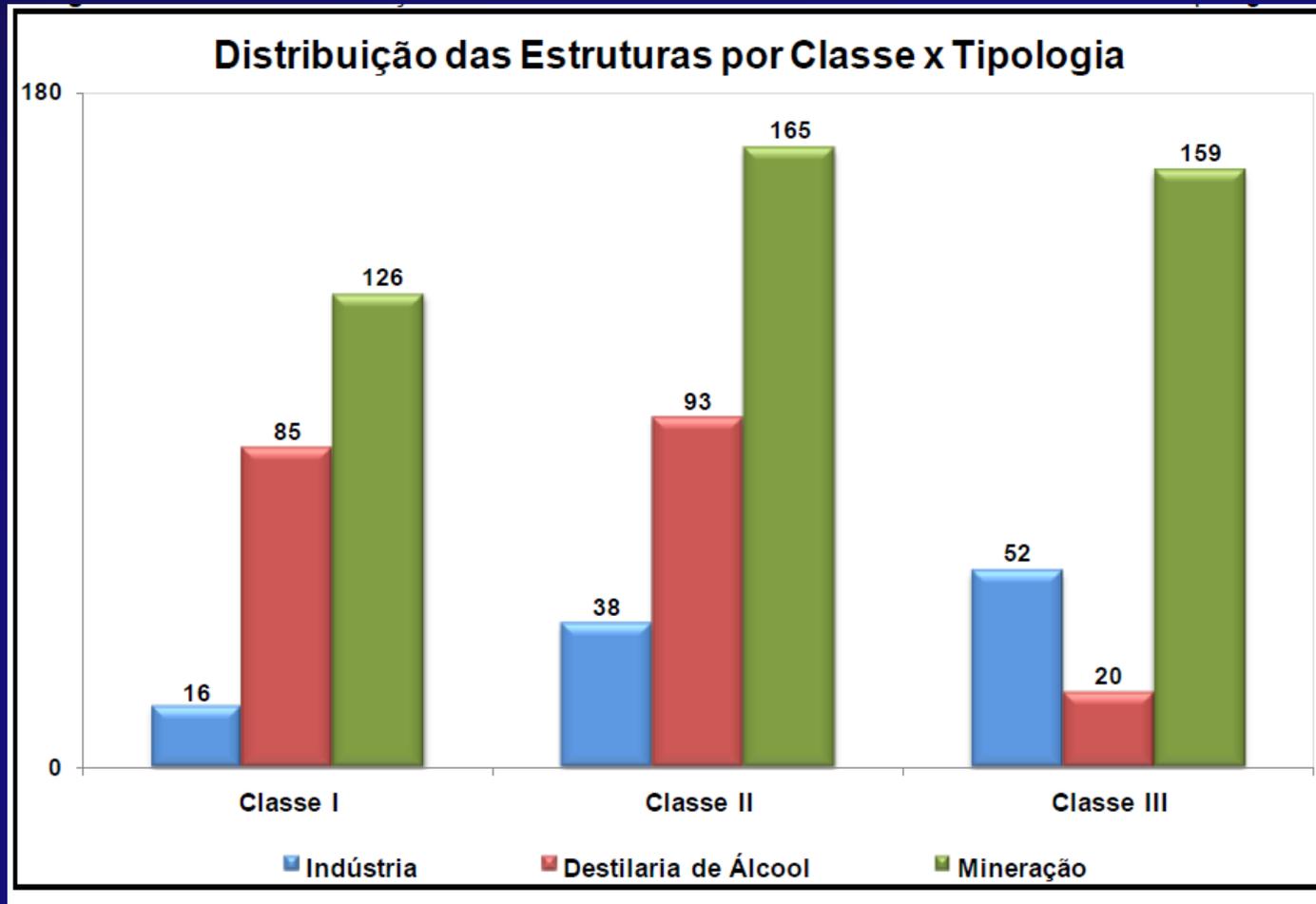


Em 2014, foram contabilizadas 754 estruturas cadastradas no Banco de Declarações Ambientais, sendo assim distribuídas (FEAM, 2014):

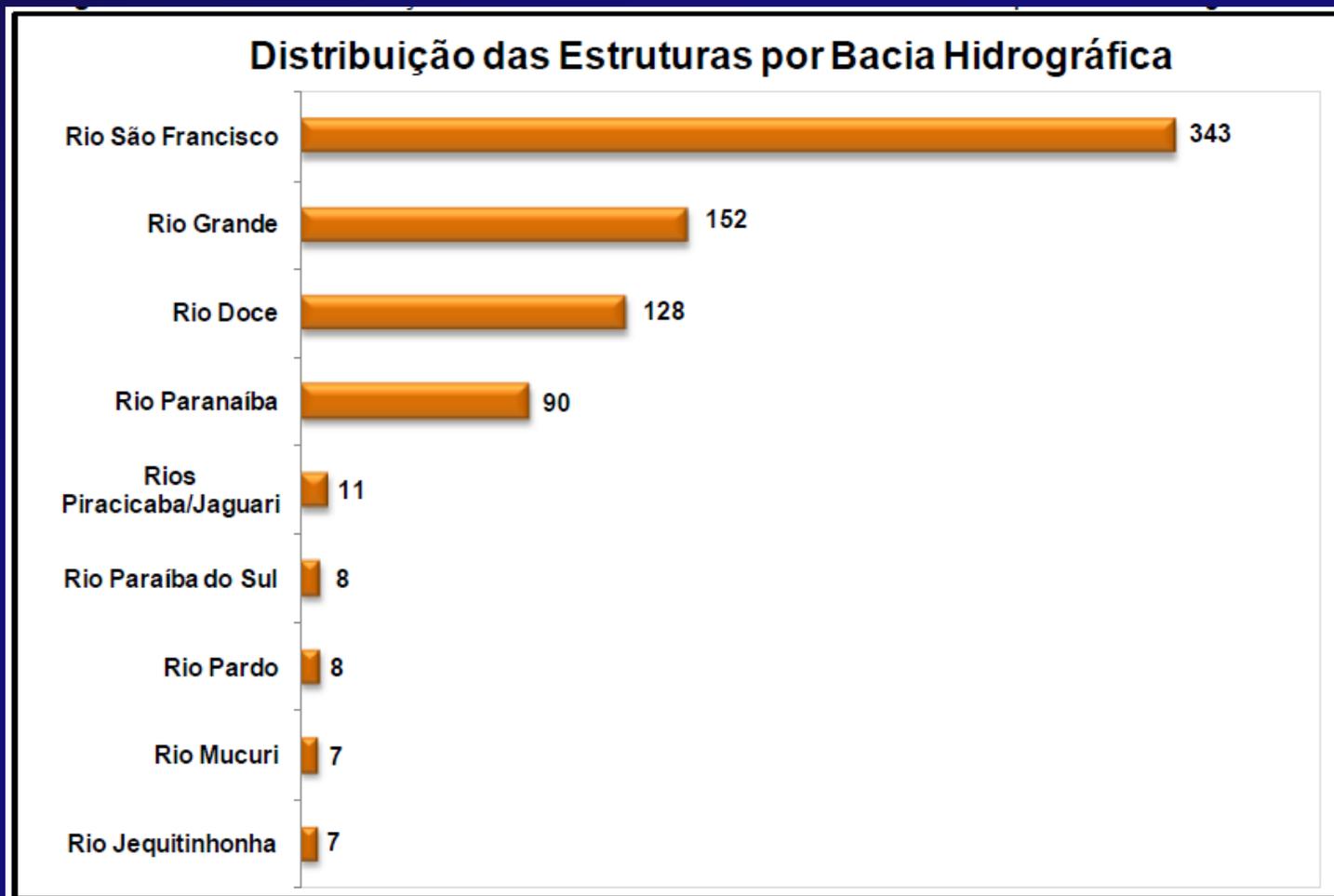
- **227 estruturas Classe I (Baixo Potencial de Dano Ambiental);**
- **296 estruturas Classe II (Médio Potencial de Dano Ambiental); e,**
- **231 estruturas Classe III (Alto Potencial de Dano Ambiental).**



Distribuição Classes e Tipologias das estruturas cadastradas no Banco de Declarações Ambientais (FEAM, 2014):

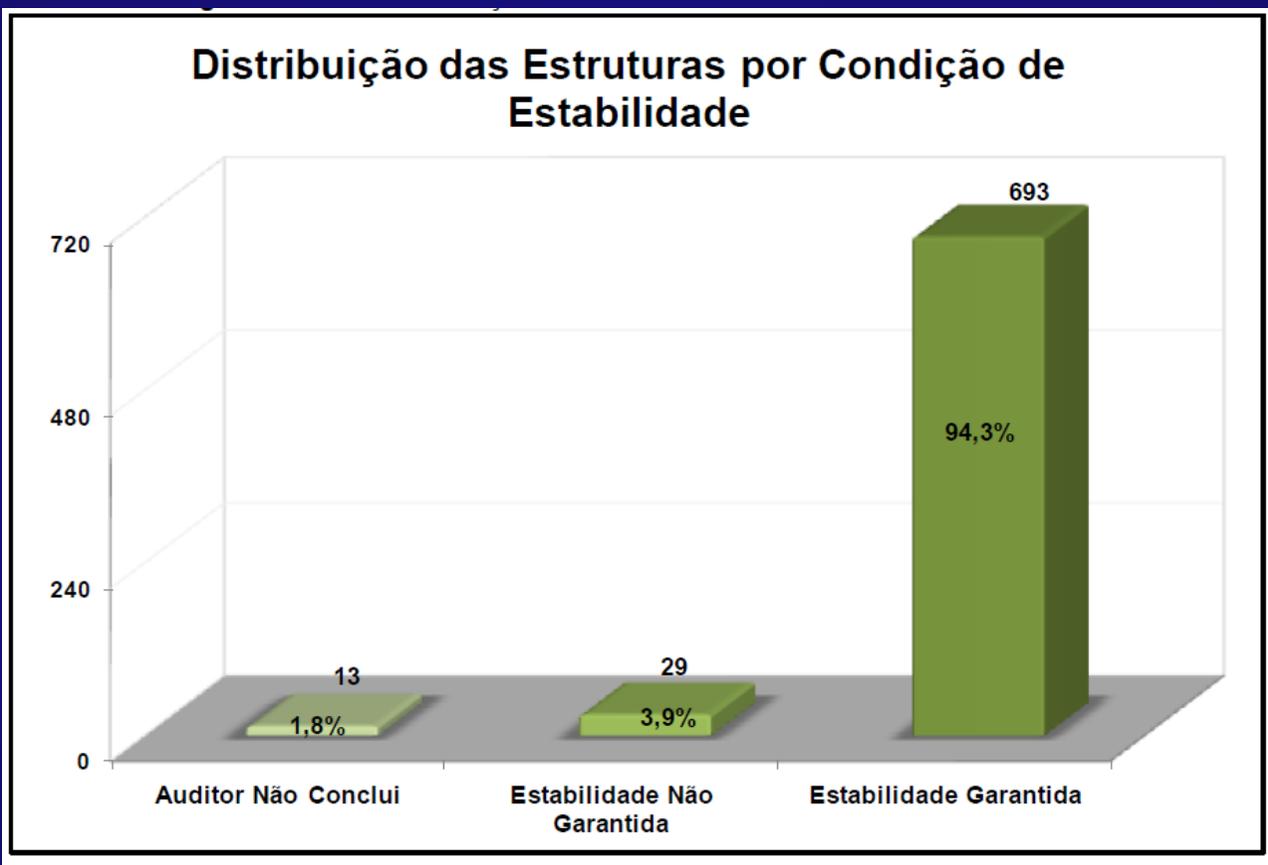


Distribuição por Bacias Hidrográficas das estruturas cadastradas no Banco de Declarações Ambientais (FEAM, 2014):



Pela condição de estabilidade dessas estruturas (FEAM, 2014):

- 693 estruturas pertencem ao grupo A, ou seja, possuem estabilidade garantida pelo auditor, portanto não demonstram, naquele momento, risco iminente de rompimento.
- 13 estruturas pertencem ao grupo B, ou seja, o auditor não conclui sobre a estabilidade por falta de dados e/ou documentos técnicos.
- 29 estruturas pertencem ao grupo C, ou seja, não possuem estabilidade garantida pelo auditor.



DIFERENÇAS ENTRE OS MÉTODOS DE ALTEAMENTO

Método	Vantagens	Desvantagens	Observações
Jusante	<ul style="list-style-type: none"> . Menor probabilidade de ruptura interna. . Superfície provável de ruptura passando sempre ao longo de material resistente e compactado. . Abatimento da linha freática, uma vez que se impõe um sistema de drenagem. 	<ul style="list-style-type: none"> . Custo mais elevado. . Menor aproveitamento da área disponível. . Maior volume de material compactado. 	<ul style="list-style-type: none"> . O alteamento pode ser realizado com o próprio rejeito. No entanto, é mais comum o uso de materiais provenientes de áreas de empréstimo.
Montante	<ul style="list-style-type: none"> . Menor custo. . Maior velocidade de construção. . Melhor aproveitamento da área. . Menor vazão V_{areia} / V_{lama}. . Não existe erosão eólica e hidráulica nos taludes. 	<ul style="list-style-type: none"> . Superfície freática elevada. . Maior risco de ruptura por <i>piping</i>. . Superfície provável de ruptura passando pelo material de baixa resistência ao cisalhamento. . Dificuldade de implementação de sistema de drenagem eficiente. 	<ul style="list-style-type: none"> . Aterro hidráulico com o próprio rejeito bombeado. . Diques geralmente construídos com o rejeito escavado na periferia do lago.
Linha de centro	<ul style="list-style-type: none"> . Economia de espaço físico. . Menor volume de material compactado. . Drenagem interna eficiente. 	<ul style="list-style-type: none"> . Possibilidade de ocorrência de fissuras no corpo da barragem. . Maior risco de ruptura por <i>piping</i>. . Dificuldade de implementação de sistema de drenagem eficiente. 	<ul style="list-style-type: none"> . Caso particular do método à jusante.

ABNT/NBR nº 13.028/2006: Mineração - Elaboração e apresentação de projetos de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água (atualização da norma de 1993).

Estabelece que:

“Não se recomenda o alteamento de barragem pelo método a montante”

Se a própria norma define que não é recomendado o uso do método a montante, por que se usa tanto esse método ?

Critérios gerais para classificação de barragens quanto à categoria de risco (CNRH e DNPM)

Aspectos da Barragem	Critérios Gerais
Características Técnicas (CT)	<ul style="list-style-type: none">a) altura do barramento;b) comprimento do coroamento da barragem;c) tipo de barragem quanto ao material de construção;d) tipo de fundação da barragem;e) idade da barragem;f) tempo de recorrência da vazão de projeto do vertedouro.
Estado de Conservação da Barragem (EC)	<ul style="list-style-type: none">a) confiabilidade das estruturas extravasoras;b) confiabilidade das estruturas de captação;c) eclusa;d) percolação;e) deformações e recalques;f) deterioração dos taludes.
Plano de Segurança da Barragem (PS)	<ul style="list-style-type: none">a) existência de documentação de projeto;b) estrutura organizacional e qualificação dos profissionais da equipe técnica de segurança da barragem;c) procedimentos de inspeções de segurança e de monitoramento;d) regra operacional dos dispositivos de descarga da barragem; ee) relatórios de inspeção de segurança com análise e interpretação.

Critérios, pesos e fórmula de cálculo relativos as características técnicas (CT) para as barragens de rejeitos ou resíduos

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS (BARRAGEM DE REJEITOS OU RESÍDUOS) (CT)		
Altura (a)	Comprimento (b)	Vazão de Projeto (c)
Altura \leq 15 m (Peso 0)	Comprimento \leq 50 m (Peso 0)	CMP (Cheia Máxima Provável) ou Decamilenar (Peso 0)
15 m < Altura < 30 m (Peso 1)	50 m < Comprimento < 200 m (Peso 1)	Milenar (Peso 2)
30 m \leq Altura \leq 60 m (Peso 4)	200 m \leq Comprimento \leq 600 m (Peso 2)	TR = 500 anos (Peso 5)
Altura > 60 m (Peso 7)	Comprimento > 600 m (Peso 3)	TR < 500 anos ou desconhecida ou estudo não confiável (Peso 10)
CT = a + b + c		

Critérios, pesos e fórmula de cálculo relativos ao estado de conservação (EC) para barragens de rejeitos ou resíduos e de acumulação de água.

ESTADO DE CONSERVAÇÃO (EC)			
Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (d)	Percolação (e)	Deformações e Recalques (f)	Deterioração dos Taludes / Paramentos (g)
Estruturas civis bem mantidas e em operação normal /barragem sem necessidade de estruturas extravasoras (Peso 0)	Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (Peso 0)	Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (Peso 0)	Não existe deterioração de taludes e paramentos (Peso 0)
Estruturas com problemas identificados e medidas corretivas em implantação (Peso 3)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados (Peso 3)	Existência de trincas e abatimentos com medidas corretivas em implantação (Peso 2)	Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de vegetação arbustiva (Peso 2)
Estruturas com problemas identificados e sem implantação das medidas corretivas necessárias (Peso 6)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes ou ombreiras sem implantação das medidas corretivas necessárias (Peso 6)	Existência de trincas e abatimentos sem implantação das medidas corretivas necessárias (Peso 6)	Erosões superficiais, ferragem exposta, presença de vegetação arbórea, sem implantação das medidas corretivas necessárias. (Peso 6)
Estruturas com problemas identificados, com redução de capacidade vertente e sem medidas corretivas (Peso 10)	Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente ou infiltração do material contido, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (Peso 10)	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (Peso 10)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura. (Peso 10)
EC = d + e + f + g			

Critérios, pesos e fórmula de cálculo relativos ao plano de segurança (PS) para barragens de rejeitos ou resíduos e de acumulação de água.

PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM - PS				
Documento de Projeto (h)	Estrutura Organizacional e Qualificação dos Profissionais na Equipe de Segurança da Barragem (i)	Manuais de Procedimentos para Inspeções de Segurança e Monitoramento (j)	Plano de Ação Emergencial – PAE (quando exigido pelo órgão fiscalizador) (k)	Relatórios de Inspeção e Monitoramento da Instrumentação e de Análise de Segurança (l)
Projeto executivo e “como construído” (Peso 0)	Possui unidade administrativa com profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (Peso 0)	Possui manuais de procedimentos para inspeção, monitoramento e operação (Peso 0)	Possui PAE (Peso 0)	Emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento com base na instrumentação e de Análise de Segurança (Peso 0)
Projeto executivo ou “como construído” (Peso 2)	Possui profissional técnico qualificado (próprio ou contratado) responsável pela segurança da barragem (Peso 1)	Possui apenas manual de procedimentos de monitoramento (Peso 2)	Não possui PAE (não é exigido pelo órgão fiscalizador) (Peso 2)	Emite regularmente apenas relatórios de Análise de Segurança (Peso 2)
Projeto básico (Peso 5)	Possui unidade administrativa sem profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (Peso 3)	Possui apenas manual de procedimentos de inspeção (Peso 4)	PAE em elaboração (Peso 4)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção e monitoramento (Peso 4)
Projeto conceitual (Peso 8)	Não possui unidade administrativa e responsável técnico qualificado pela segurança da barragem (Peso 6)	Não possui manuais ou procedimentos formais para monitoramento e inspeções (Peso 8)	Não possui PAE (quando for exigido pelo órgão fiscalizador) (Peso 8)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção visual (Peso 6)
Não há documentação de projeto (Peso 10)	-	-	-	Não emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento e de Análise de Segurança (Peso 8)

PS = h + i + j + k + l

Critérios, pesos e fórmula de cálculo relativos ao dano potencial associado (DPA) para barragens de rejeitos ou resíduos

DANO POTENCIAL ASSOCIADO – DPA (BARRAGEM DE REJEITO OU RESÍDUOS)			
Volume Total do Reservatório (a)	Existência de população a jusante (b)	Impacto ambiental (c)	Impacto socioeconômico (d)
MUITO PEQUENA Vol. Total ≤ 500 mil m ³ (Peso 1)	INEXISTENTE (não existem pessoas permanentes/residentes ou temporárias/transitando na área afetada a jusante da barragem) (Peso 0)	INSIGNIFICANTE (área afetada a jusante da barragem encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais e a estrutura armazena apenas resíduos Classe II B - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (Peso 0)	INEXISTENTE (não existem quaisquer instalações na área afetada a jusante da barragem) (Peso 0)
PEQUENA 500 mil m ³ a 5 milhões m ³ (Peso 2)	POUCO FREQUENTE (não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (Peso 3)	POUCO SIGNIFICATIVO (área afetada a jusante da barragem não apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APPs, e armazena apenas resíduos Classe II B - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (Peso 2)	BAIXO (existe pequena concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância socioeconômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (Peso 1)
MÉDIA 5 milhões m ³ a 25 milhões m ³ (Peso 3)	FREQUENTE (não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal ou estadual ou federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas) (Peso 5)	SIGNIFICATIVO (área afetada a jusante da barragem apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APPs, e armazena apenas resíduos Classe II B - Inertes , segundo a NBR 10.004 da ABNT) (Peso 6)	MÉDIO (existe moderada concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância socioeconômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (Peso 3)
GRANDE 25 milhões m ³ a 50 milhões m ³ (Peso 4)	EXISTENTE (existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (Peso 10)	MUITO SIGNIFICATIVO (barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na Classe II A - Não Inertes, segundo a NBR 10004 da ABNT) (Peso 8)	ALTO (existe alta concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância socioeconômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (Peso 5)
MUITO GRANDE Vol. Total > 50 milhões m ³ (Peso 5)	-	MUITO SIGNIFICATIVO AGRAVADO (barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na Classe I- Perigosos segundo a NBR 10004 da ABNT) (Peso 10)	-

DPA = a + b + c + d

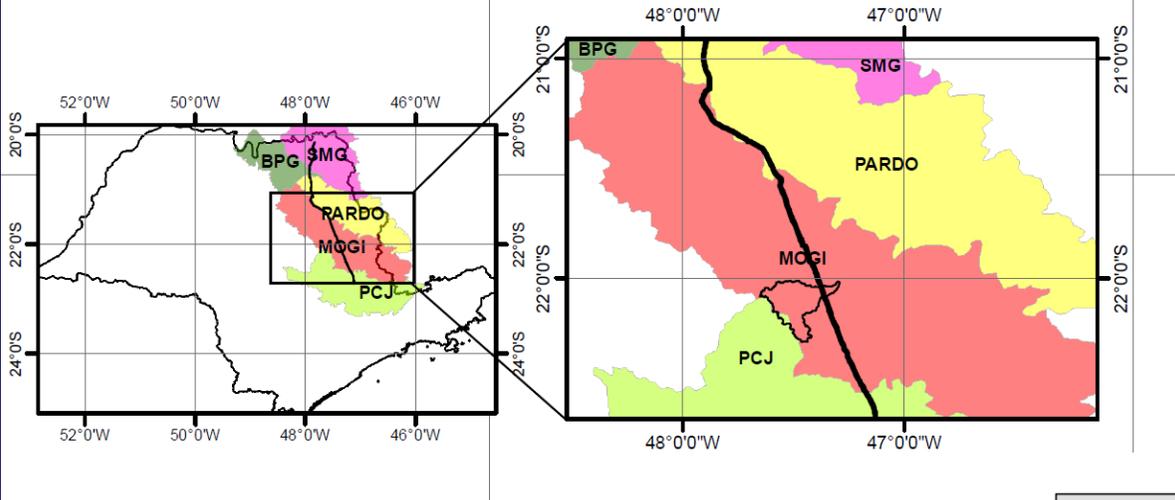
Classificação final da categoria de risco e dano potencial associado das barragens para disposição de rejeitos ou resíduos

CLASSIFICAÇÃO DE BARRAGENS PARA DISPOSIÇÃO DE REJEITOS OU RESÍDUOS	
Categoria de Risco	CRI PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PS
ALTO	≥ 60 ou $EC^* = 10$
MÉDIO	$35 < CRI < 60$
BAIXO	≤ 35
Dano Potencial Associado	DPA
ALTO	≥ 13
MÉDIO	$7 < DPA < 13$
BAIXO	≤ 13

(*) Pontuação (10) em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTA e necessidade de providências imediatas pelo responsável da barragem.

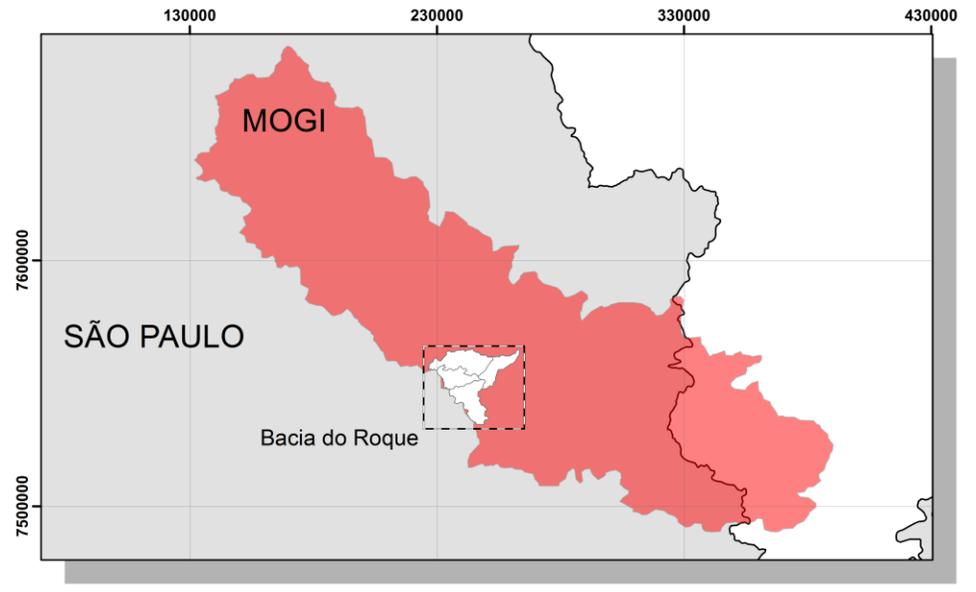
Fonte: Brasil (2012a).

Mapa de Situação:

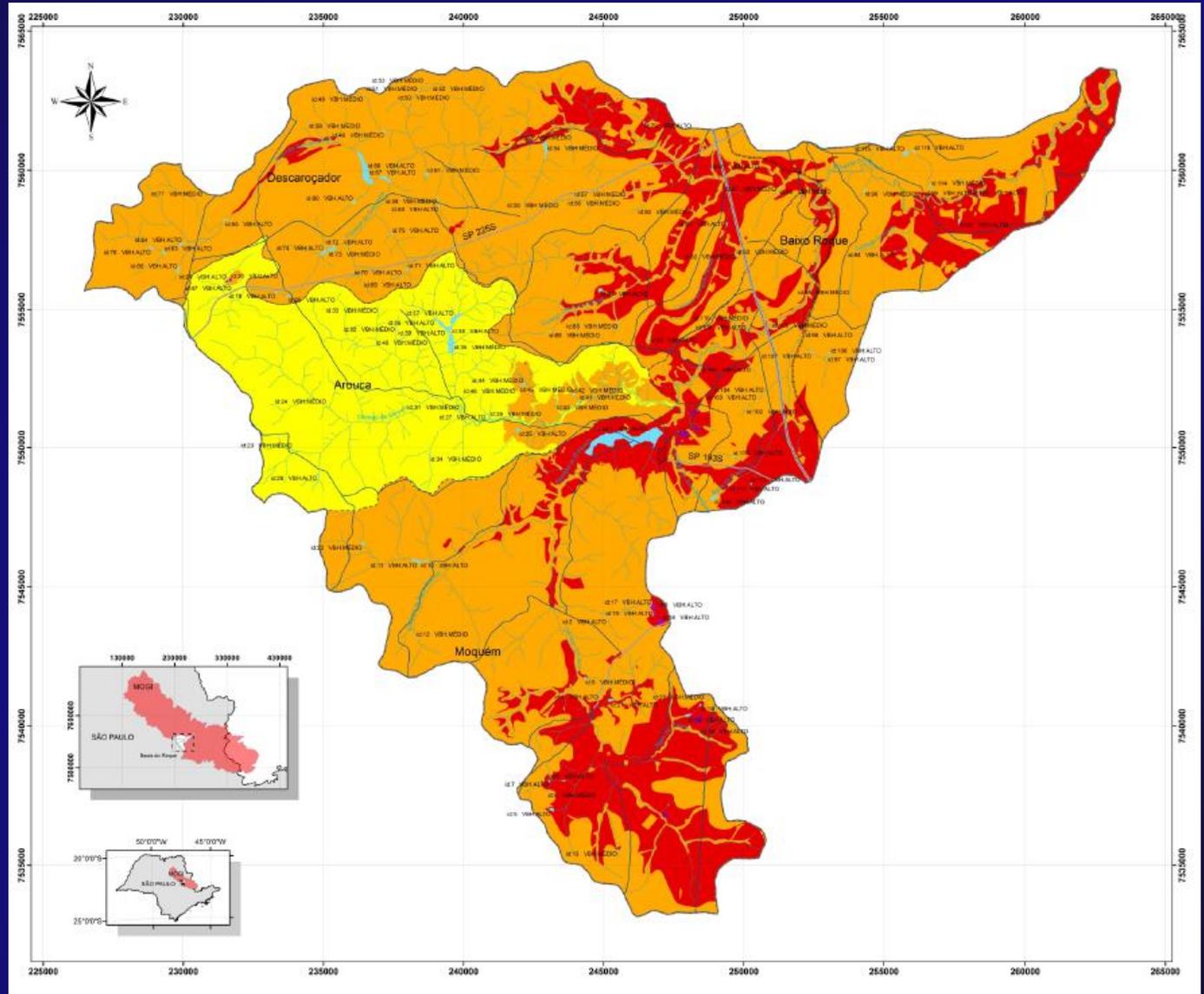


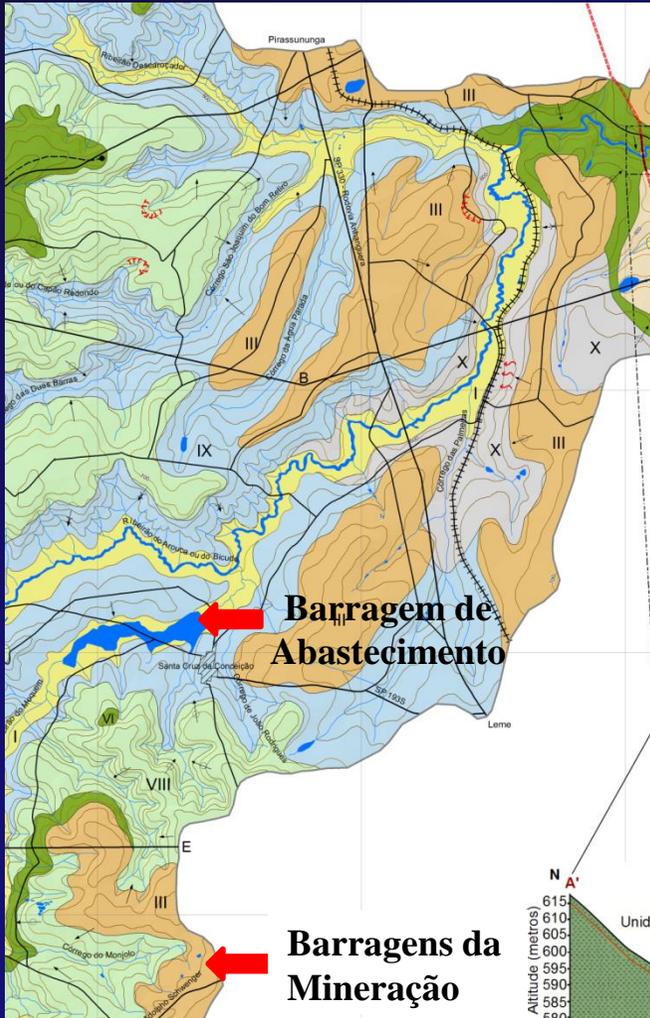
ÁREA DE ESTUDO

Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão do Roque (SP)



**Sub-bacia
hidrográfica do
Ribeirão do Roque
(SP)**



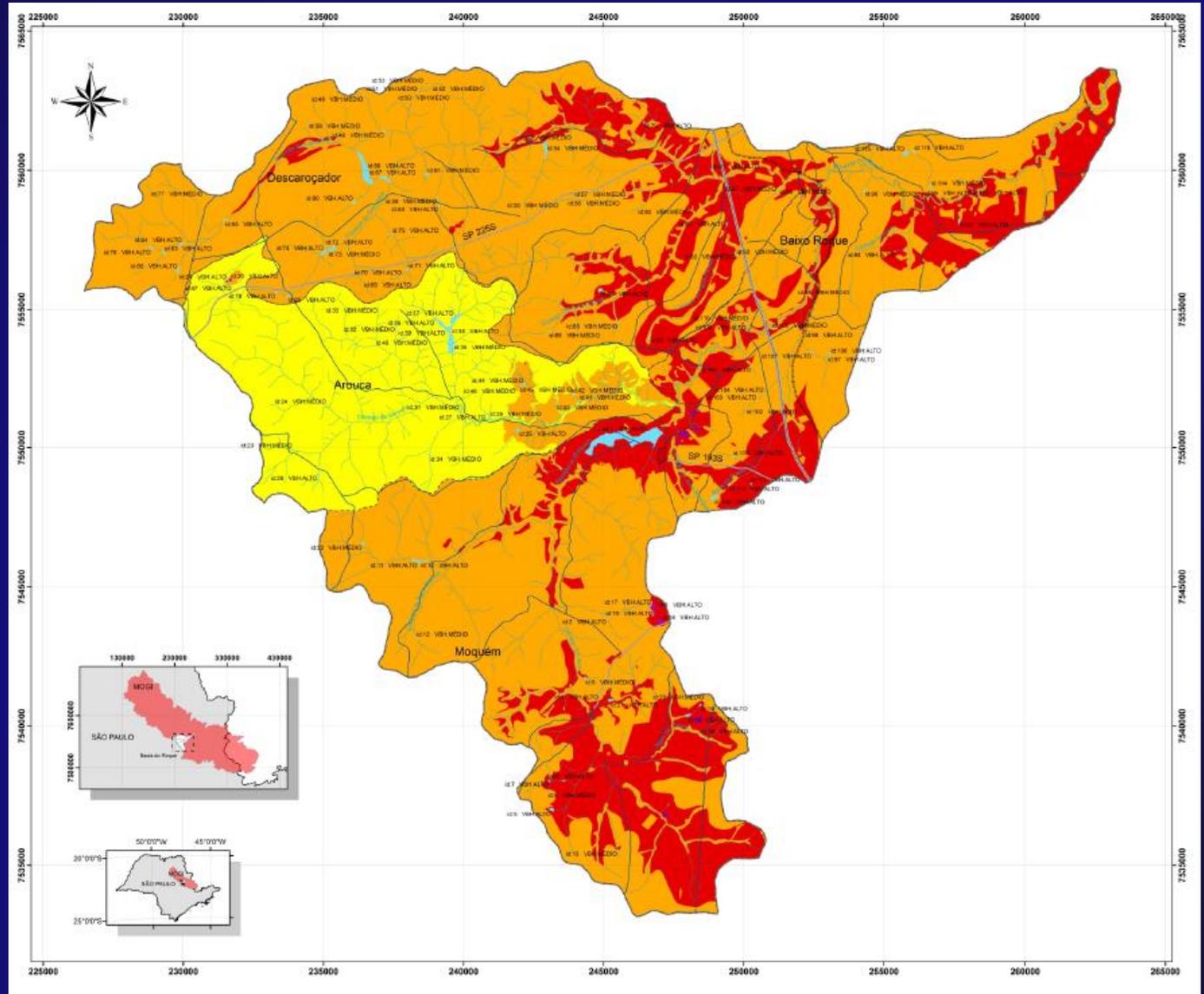


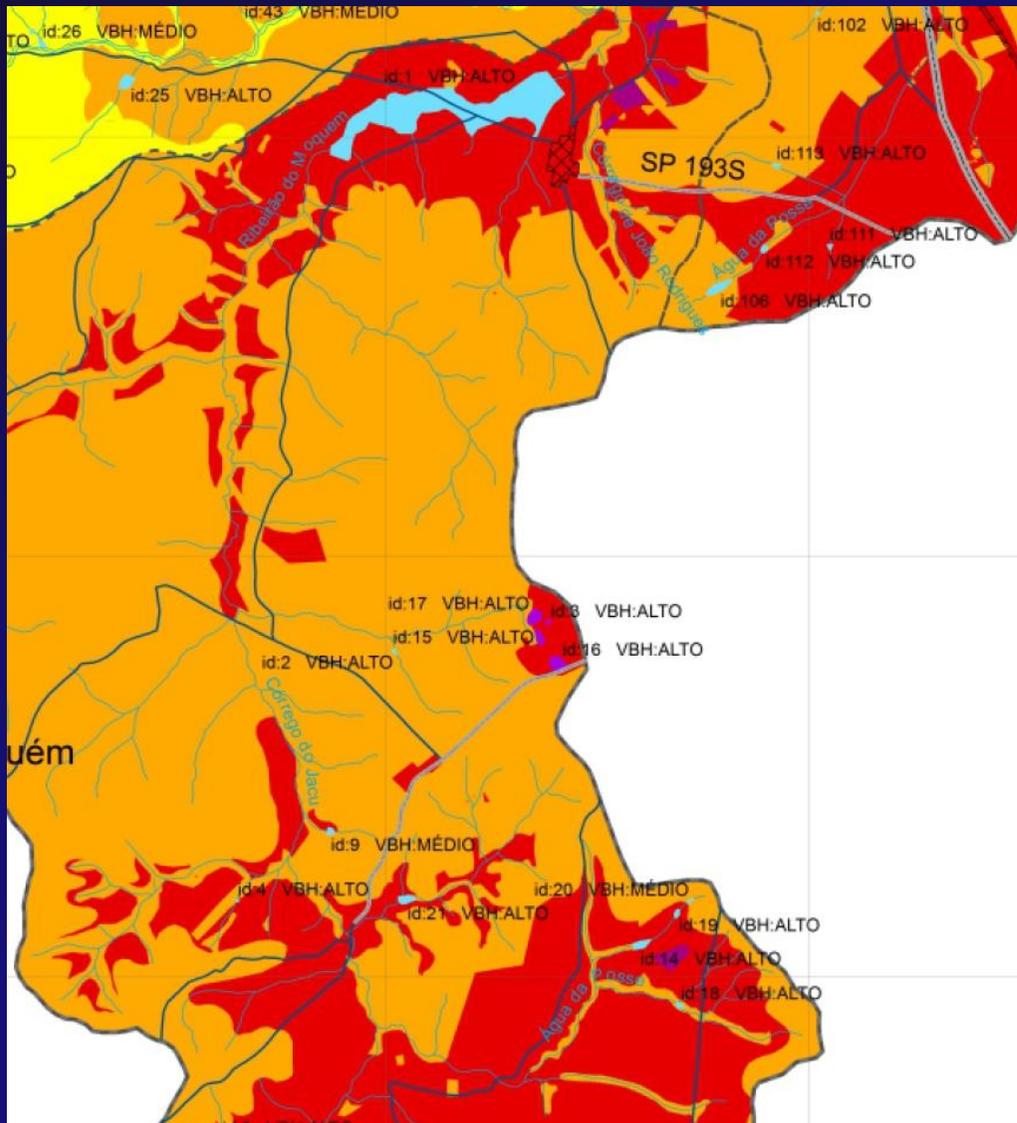
Método Vulnerabilidade da Bacia Hidrográfica ao Rompimento de Barragens (VBH)

Vulnerabilidade da Barragem à Segurança (VBS)	Intervalos da Somatória do VBS	CRI	DPA
ALTO	5 a 6	ALTO (3)	ALTO (3)
MÉDIO	3 a 4	MÉDIO (2)	MÉDIO (2)
BAIXO	2	BAIXO (1)	BAIXO (1)
Vulnerabilidade da Barragem à Processos (VBP)	Suscetibilidade à Processos		
MUITO ALTO	Caso a barragem presente, pelo menos, classe muito alto para suscetibilidade de um dos processos (ondas de cheia, corridas de massa e/ou escorregamentos)		
ALTO	Caso a barragem presente no máximo e pelo menos classe alto para suscetibilidade de um dos processos (ondas de cheia, corridas de massa e/ou escorregamentos)		
MÉDIO	Caso a barragem presente no máximo e pelo menos classe médio para suscetibilidade de um dos processos (ondas de cheia, corridas de massa e/ou escorregamentos)		
BAIXO	Caso a barragem presente classe baixo para suscetibilidade para todos os processos (ondas de cheia, corridas de massa e/ou escorregamentos)		
Vulnerabilidade da Bacia Hidrográfica ao Rompimento de Barragens (VBH)	Intervalo de Valores	VBS	VBP
ALTO *	7 a 6	ALTO (3)*	MUITO ALTO (4)
MÉDIO	5 a 4	MÉDIO (2)	ALTO (3)
BAIXO	3 a 2	BAIXO (1)	MÉDIO (2)
			BAIXO (1)

Obs: * sempre que a Vulnerabilidade da Barragem à Segurança (VBS) for alta, a Vulnerabilidade da Bacia Hidrográfica ao Rompimento de Barragens (VBH) será Alta

**Sub-bacia
hidrográfica do
Ribeirão do Roque
(SP)**





Vulnerabilidade da Bacia Hidrográfica ao Rompimento de Barragens (VBH)

ASPECTOS QUE PRECISAM MELHORAR NAS LEGISLAÇÕES DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

- Nenhuma das legislações de segurança de barragens analisa aspectos relacionados aos processos de dinâmica superficial, que podem ocorrer na bacia montante e condicionar o rompimento da barragem.
- Analisando os históricos de acidentes, existe uma associação bastante estreita entre os processos de dinâmica superficial (movimentos de massa, ondas de cheia) e acidentes com barragens;
- Nenhuma legislação nacional considera as barragens situadas a montante nos critérios de classificação da categoria de risco;
- A maior parte das legislações nacionais são feitas para estabelecer a classificação de médias e grandes barragens, desconsiderando que rompimento em cadeia de pequenas barragens podem gerar grandes acidentes ou mesmo que uma pequena barragem a montante pode colocar em risco um barragem a jusante;
- A existência de vários órgãos, de nível federal e estadual (CNRH, DNPM, ANA, DAEE, FEAM, IGAM, entre outros), fiscalizando e legislando sobre a segurança de barragens, é um outro ponto negativo quando se pensa na gestão das bacias hidrográficas e dos próprios empreendimentos em específico.

PAPEL DAS ENTIDADES NACIONAIS E SISTEMA CONFEA/CREA

- Desenvolvimento e atualização de políticas públicas a partir de estudos técnicos e a experiência adquirida ao longo do tempo;
- Treinamento de profissionais de empresas e órgãos públicos;
- O Sistema CONFEA/CREA precisa ser menos fiscalizador e mais educador, educando os profissionais a utilizar as boas práticas da engenharia;



“um país que se baseia na fiscalização e não na educação, é um país moralmente falido”

MUITO OBRIGADO !!

Contato: fabioeis@rc.unesp.br