



REUNIÃO ORDINÁRIA DA COMAT

BARRAGENS E OBRAS DE INFRAESTRUTURA: ASPECTOS TÉCNICOS

Leonardo Braga Passos

Engenheiro civil, mestre em Engenharia de estruturas pela UFMG

Sócio / Diretor da PI-Engenharia

Vice Presidente de Marketing Nacional ABECE - 2019-2020

07 de Fevereiro de 2019

TEMAS A SEREM ABORDADOS

- Regulamentação
- Modelos de Barragens
- Possíveis causas de rompimentos
- Inspeções de elementos estruturais em concreto

REGULAMENTAÇÃO



LEI DEDERAL Nº 12.334

Lei de 20 de setembro de 2010 que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) destinadas à:

- acumulação de água para quaisquer usos;
- disposição final ou temporária de rejeitos;
- acumulação de resíduos industriais.

Criou o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB).

A Lei aplica-se a barragens que apresentem pelo menos uma das seguintes características:

- altura do maciço, contada do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a 15m;
- capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000m³;
- reservatório que contenha resíduos perigosos;
- categoria de dano potencial associado, médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais, ou de perda de vidas humanas.

Objetivos da PNSB

I - garantir a observância de padrões de segurança de barragens de maneira a reduzir a possibilidade de acidente e suas consequências;

II - regulamentar as ações de segurança a serem adotadas nas fases de planejamento, projeto, construção, primeiro enchimento e primeiro vertimento, operação, desativação e de usos futuros de barragens em todo o território nacional;

III - promover o monitoramento e o acompanhamento das ações de segurança empregadas pelos responsáveis por barragens;

IV - criar condições para que se amplie o universo de controle de barragens pelo poder público, com base na fiscalização, orientação e correção das ações de segurança;

V - coligir informações que subsidiem o gerenciamento da segurança de barragens pelos governos;

VI - estabelecer conformidades de natureza técnica que permitam a avaliação da adequação aos parâmetros estabelecidos pelo poder público;

VII - fomentar a cultura de segurança de barragens e gestão de riscos.

SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO

As barragens são classificadas pelos **agentes fiscalizadores**:

- Por dano potencial associado (DPA);
- Por categoria de risco;
- Pelo volume.

Baseando-se na Resolução nº 143 de Julho de 2012 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH).

PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM

Art. 11. O órgão fiscalizador poderá determinar a elaboração de PAE em função da categoria de risco e do dano potencial associado à barragem, devendo exigí-lo sempre para a barragem classificada como de dano potencial associado alto.

Art. 12. O PAE estabelecerá as ações a serem executadas pelo empreendedor da barragem em caso de situação de emergência, bem como identificará os agentes a serem notificados dessa ocorrência, devendo contemplar, pelo menos:

I - identificação e análise das possíveis situações de emergência;

II - procedimentos para identificação e notificação de mau funcionamento ou de condições potenciais de ruptura da barragem;

III - procedimentos preventivos e corretivos a serem adotados em situações de emergência, com indicação do responsável pela ação;

IV - estratégia e meio de divulgação e alerta para as comunidades potencialmente afetadas em situação de emergência.

Parágrafo único. O PAE deve estar disponível no empreendimento e nas prefeituras envolvidas, bem como ser encaminhado às autoridades competentes e aos organismos de defesa civil.

Deve compreender no mínimo:

I - identificação do empreendedor;

II - dados técnicos referentes à implantação do empreendimento, inclusive, no caso de empreendimentos construídos após a promulgação desta Lei, do projeto como construído, bem como aqueles necessários para a operação e manutenção da barragem;

III - estrutura organizacional e qualificação técnica dos profissionais da equipe de segurança da barragem;

IV - manuais de procedimentos dos roteiros de inspeções de segurança e de monitoramento e relatórios de segurança da barragem;

V - regra operacional dos dispositivos de descarga da barragem;

VI - indicação da área do entorno das instalações e seus respectivos acessos, a serem resguardados de quaisquer usos ou ocupações permanentes, exceto aqueles indispensáveis à manutenção e à operação da barragem;

VII - Plano de Ação de Emergência (PAE), quando exigido;

VIII - relatórios das inspeções de segurança;

IX - revisões periódicas de segurança.

DAS COMPETÊNCIAS

Órgão Fiscalizador:

I - manter cadastro das barragens sob sua jurisdição, com identificação dos empreendedores, para fins de incorporação ao SNISB;

II - exigir do empreendedor a anotação de responsabilidade técnica, por profissional habilitado pelo Sistema Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (Confea) / Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (Crea), dos estudos, planos, projetos, construção, fiscalização e demais relatórios citados nesta Lei;

III - exigir do empreendedor o cumprimento das recomendações contidas nos relatórios de inspeção e revisão periódica de segurança;

IV - articular-se com outros órgãos envolvidos com a implantação e a operação de barragens no âmbito da bacia hidrográfica;

V - exigir do empreendedor o cadastramento e a atualização das informações relativas à barragem no SNISB.

§ 1º O órgão fiscalizador deverá informar imediatamente à Agência Nacional de Águas (ANA) e ao Sistema Nacional de Defesa Civil (Sindec) qualquer não conformidade que implique risco imediato à segurança ou qualquer acidente ocorrido nas barragens sob sua jurisdição.

§ 2º O órgão fiscalizador deverá implantar o cadastro das barragens a que alude o inciso I no prazo máximo de 2 (dois) anos, a partir da data de publicação desta Lei.

Empreendedor:

I - prover os recursos necessários à garantia da segurança da barragem;

II - providenciar, para novos empreendimentos, a elaboração do projeto final como construído;

III - organizar e manter em bom estado de conservação as informações e a documentação referentes ao projeto, à construção, à operação, à manutenção, à segurança e, quando couber, à desativação da barragem;

IV - informar ao respectivo órgão fiscalizador qualquer alteração que possa acarretar redução da capacidade de descarga da barragem ou que possa comprometer a sua segurança;

V - manter serviço especializado em segurança de barragem, conforme estabelecido no Plano de Segurança da Barragem;

VI - permitir o acesso irrestrito do órgão fiscalizador e dos órgãos integrantes do Sindec ao local da barragem e à sua documentação de segurança;

VII - providenciar a elaboração e a atualização do Plano de Segurança da Barragem, observadas as recomendações das inspeções e as revisões periódicas de segurança;

VIII - realizar as inspeções de segurança previstas no art. 9º desta Lei;

IX - elaborar as revisões periódicas de segurança;

X - elaborar o PAE, quando exigido;

XI - manter registros dos níveis dos reservatórios, com a respectiva correspondência em volume armazenado, bem como das características químicas e físicas do fluido armazenado, conforme estabelecido pelo órgão fiscalizador;

XII - manter registros dos níveis de contaminação do solo e do lençol freático na área de influência do reservatório, conforme estabelecido pelo órgão fiscalizador;

XIII - cadastrar e manter atualizadas as informações relativas à barragem no SNISB.

DELIBERAÇÃO NORMATIVA COPAM Nº 87 / 2005 - MG

Critérios de Classificação de barragens de contenção de rejeitos, de resíduos e de reservatório de água para indústrias e mineração em Minas Gerais.

Quadro 1 – Critérios para definição do porte da barragem e do porte do reservatório

Porte da Barragem	Altura da Barragem H (m)	Porte do Reservatório	Volume do Reservatório Vr (m ³)
Pequeno	$H < 15$	Pequeno	$Vr < 500.000$
Médio	$15 \leq H \leq 30$	Médio	$500.000 \leq Vr \leq 5.000.000$
Grande	$H > 30$	Grande	$Vr > 5.000.000$

Da ocupação humana a jusante da barragem:

i. Inexistente: não existem habitações na área a jusante da barragem;

i.i. Eventual: significa que não existem habitações na área a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal ou rodovia municipal ou estadual ou federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas (exemplo: indústria, mina operante, planta de beneficiamento, escritórios, etc.);

i.i.i. Existente: significa que existem habitações na área a jusante, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas, sendo que a barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na Classe II B – Inertes, segundo a NBR 10.004/2004 da ABNT;

i.v. Grande: significa que existem habitações na área a jusante, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas, com o agravante de que a barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados como Classe I – Perigosos ou Classe II A - Não Inertes, segundo a NBR 10.004/2004 da ABNT.

Da classificação das barragens – Dano Ambiental:

I. Baixo potencial de dano ambiental - Classe I: quando o somatório dos valores for menor ou igual a dois ($V \leq 2$);

II. Médio potencial de dano ambiental - Classe II: quando o somatório dos valores for maior que dois e for menor ou igual a cinco ($2 < V \leq 5$);

III. Alto potencial de dano ambiental - Classe III: quando o somatório dos valores for maior que cinco ($V > 5$).

Quadro 2 – Critérios para classificação das barragens (*)

Altura da barragem H (m)	Volume do Reservatório ($\times 10^6 \text{ m}^3$)	Ocupação humana a jusante	Interesse ambiental a jusante	Instalações na área de jusante
$H < 15$ V=0	$V_r < 0,5$ V=0	Inexistente V=0	Pouco significativo V=0	Inexistente V=0
$15 < = H < = 30$ V=1	$0,5 < = V_r < = 5$ V=1	Eventual V=2	Significativo V=1	Baixa concentração V=1
$H > 30$ V=2	$V_r > 5$ V=2	Existente V=3	Elevado V=3	Alta concentração V=2
-	-	Grande V=4	-	-

Das Auditorias Técnicas de Segurança:

- a) Barragens Classe III, auditoria a cada 1 ano;
- b) Barragens Classe II, auditoria a cada 2 anos;
- c) Barragens Classe I, auditoria a cada 3 anos.

§ 1º - As Auditorias Técnicas de Segurança devem ser independentes, ou seja, devem ser feitas por profissionais externos ao quadro de funcionários da empresa, para garantir clareza e evitar conflito de interesses, e executadas por especialistas em segurança de barragens.

§ 2º - Para auditorias em barragens de rejeito/resíduo perigoso ou não perigoso, quando necessário, o empreendedor deverá solicitar apoio técnico de profissional habilitado na avaliação da fonte geradora do rejeito/resíduo, para considerar a influência das características físico-químicas do material nas barragens de contenção e no reservatório.

PORTARIA Nº 70.389 DE 2017 - DNPM

Datada de 17 de Maio de 2017, do Departamento Nacional e Produção Mineral – Substituída pela ANM (Agência Nacional de Mineração) em 2017.

Responsável por criar:

- Cadastro Nacional de Barragens de Mineração;
- Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Barragens de Mineração;
- Estabelecer: periodicidade de execução ou atualização; qualificação dos responsáveis técnicos; conteúdo mínimo e nível de detalhamento do PSB, das inspeções de segurança, revisão periódica de segurança e Plano de Ação de Emergência para barragem de mineração.

Da Periodicidade máxima da Revisão Periódica de Segurança de Barragem de acordo com o Dano Potencial Associado:

- I. DPA alto: a cada 3 (três) anos;
- II. DPA médio: a cada 5 (cinco) anos; e
- III. DPA baixo: a cada 7 (sete) anos.

§ 1º Sempre que ocorrerem modificações estruturais, como alteamentos ou modificações na classificação dos rejeitos depositados na barragem de mineração de acordo com a NBR ABNT nº 10.004, no prazo de seis meses contados da conclusão da modificação, o empreendedor ficará obrigado a executar e concluir nova RPSB.

§ 2º Para o caso de barragens de mineração alteadas continuamente, independente do DPA, a RPSB será executada a cada dois anos ou a cada 10 metros alteados, prevalecendo o que ocorrer antes, com prazo máximo de seis meses para a conclusão da citada Revisão.

§ 3º No caso de retomada de Barragens de Mineração por processo de reaproveitamento de rejeitos, o empreendedor deverá executar previamente a RPSB, sob pena de interdição imediata da estrutura.

Da matriz de Classificação:

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

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 de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTA e necessidade providências imediatas pelo responsável da barragem.

QUADRO 2 - MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO À CATEGORIA DE RISCO (RESÍDUOS E REJEITOS)

1.1 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS (CT)

Altura (a)	Comprimento (b)	Vazão de Projeto (c)	Método Construtivo (d)	Auscultação (e)
Altura ≤ 15m (0)	Comprimento ≤ 50m (0)	CMP (Cheia Máxima Provável) ou Decamilenar (0)	Etapa única (0)	Existe instrumentação de acordo com o projeto técnico (0)
15m < Altura < 30m (1)	50m < Comprimento < 200m (1)	Milênar (2)	Alteamento a jusante (2)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto, porém em processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (2)
30m ≤ Altura ≤ 60m (4)	200 ≤ Comprimento ≤ 600m (2)	TR = 500 anos (5)	Alteamento por linha de centro (5)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto sem processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (6)
Altura > 60m (7)	Comprimento > 600m (3)	TR Inferior a 500 anos ou Desconhecida/ Estudo não confiável (10)	Alteamento a montante ou desconhecido ou que já tenha sido alteada a montante ao longo do ciclo de vida da estrutura (10)	Barragem não instrumentada em desacordo com o projeto (8)
CT = ∑ (a até e)				

QUADRO 3 - MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO À CATEGORIA DE RISCO (RESÍDUOS E REJEITOS)
1.2 - ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC

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

QUADRO 4 - MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO À CATEGORIA DE RISCO (RESÍDUOS E REJEITOS)
1.3 - PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM - OS

Documentação de Projeto (j)	Estrutura Organizacional e Qualificação dos Profissionais na Equipe de Segurança da Barragem (k)	Manuais de Procedimentos para Inspeções de Segurança e Monitoramento (l)	Plano de Ação Emergencial - PAE (quando exigido pelo órgão fiscalizador) (m)	Relatórios de Inspeção e monitoramento da Instrumentação e de Análise de Segurança (n)
Projeto executivo e "como construído" (0)	Possui unidade administrativa com profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (0)	Possui manuais de procedimentos para inspeção, monitoramento e operação (0)	Possui PAE (0)	Emitte regularmente relatórios de inspeção e monitoramento com base na instrumentação e de Análise de Segurança (0)
Projeto executivo ou "como construído" (2)	Possui profissional técnico qualificado (próprio ou contratado) responsável pela segurança da barragem (1)	Possui apenas manual de procedimentos de monitoramento (2)	Não possui PAE (não é exigido pelo órgão fiscalizador) (2)	Emitte regularmente apenas relatórios de Análise de Segurança (2)
Projeto "como está" (3)	Possui unidade administrativa sem profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (3)	Possui apenas manual de procedimentos de inspeção (4)	PAE em elaboração (4)	Emitte regularmente apenas relatórios de inspeção e monitoramento (4)
Projeto básico (5)	Não possui unidade administrativa e responsável técnico qualificado pela segurança da barragem (6)	Não possui manuais ou procedimentos formais para monitoramento e inspeções (8)	Não possui PAE (quando for exigido pelo órgão fiscalizador) (8)	Emitte regularmente apenas relatórios de inspeção visual (6)
Projeto conceitual (8)	-	-	-	Não emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento e de Análise de Segurança (8)
Não há documentação de projeto (10)	-	-	-	-
PS = $\sum (j \text{ até } n)$				

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		

QUADRO 5 - CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO DANO POTENCIAL ASSOCIADO - DPA (RESÍDUOS E REJEITOS)

Volume Total do Reservatório (a)	Existência de população a jusante (b)	Impacto ambiental (c)	Impacto sócio-econômico (d)
Muito Pequeno <= 500 mil m ³ (1)	INEXISTENTE (não existem pessoas permanentes/residentes ou temporárias/transitando na área afetada a jusante da barragem) (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) (0)	INEXISTENTE (não existem quaisquer instalações na área afetada a jusante da barragem) (0)
Pequeno 500 mil a 5 milhões m ³ (2)	POUCO FREQUENTE (não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (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) (2)	BAIXO (existe pequena concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (1)
Médio 5 milhões a 25 milhões m ³ (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) (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) (6)	MÉDIO (existe moderada concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (3)
Grande 25 milhões a 50 milhões m ³ (4)	EXISTENTE (existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (10)	MUITO SIGNIFICATIVO (barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na Classe II A - Não Inertes, segundo a NBR 10004 da ABNT) (8)	ALTO (existe alta concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (5)
Muito Grande >= 50 milhões m ³ (5)	-	MUITO SIGNIFICATIVO AGRAVADO (barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na Classe I- Perigosos segundo a NBR 10004 da ABNT) (10)	-
DPA= ∑ (a até d)			

ANEXO III – DECLARAÇÃO DE CONDIÇÃO DE ESTABILIDADE

Competência:(*semestre*) /(*ano*)

Empreendedor:

Nome da Barragem:

Dano Potencial Associado:

Categoria de Risco:

Classificação da barragem:

Município/UF:

Data da última inspeção:

Declaro para fins de acompanhamento e comprovação junto ao DNPM, que realizei Inspeção de Segurança Regular de Barragem na estrutura acima especificada conforme Relatório de Inspeção de Segurança Regular de Barragem, elaborado em(*dia*) /(*mês*) /(*ano*), e (*não*) atesto a estabilidade da mesma em consonância com a Lei n.º 12.334, de 20 de setembro de 2010, e Portarias DNPM vigentes.

DECRETO Nº 46.993 / 2016 - MG

Institui a Auditoria Técnica Extraordinária de Segurança de Barragens – **Para barragens com alteamento para montante.**

Deverá ser apresentada, pelo empreendedor a Declaração Extraordinária de Condição de Estabilidade da barragem e o Plano de Ação para Adequação das Condições de Estabilidade e Operação de Barragem que deverá conter as ações emergenciais para minimizar os riscos de acidentes e incidentes.

O COPAM (Conselho Estadual de Política Ambiental) deve analisar e definir critérios e procedimentos adicionais após a entrega desta Declaração.



AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Agência Nacional de Mineração



Departamento Nacional de Produção Mineral



DANO POTENCIAL ASSOCIADO ANM

CATEGORIA DE RISCO	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTO	A	B	C
MÉDIO	B	C	D
BAIXO	B	C	E

DANO POTENCIAL ASSOCIADO ANA

CATEGORIA DE RISCO	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTO	A	B	C
MÉDIO	A	C	D
BAIXO	A	D	D

DANO POTENCIAL ASSOCIADO ANEEL

CATEGORIA DE RISCO	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTO	A	B	B
MÉDIO	B	C	C
BAIXO	B	C	C



MODELOS DE BARRAGENS

Definições de acordo com a Lei 12.334:

I - barragem: qualquer estrutura em um curso permanente ou temporário de água para fins de contenção ou acumulação de substâncias líquidas ou de misturas de líquidos e sólidos, compreendendo o barramento e as estruturas associadas;

II - reservatório: acumulação não natural de água, de substâncias líquidas ou de mistura de líquidos e sólidos;

Classificação:

- Hidráulico: Vertedoura ou não;
- Estrutural: Estruturada ou de gravidade;
- Materiais de construção: Concreto, alvenaria, terra, rejeito e CCR;
- Armazenamento: rejeito, contenção de cheias, desvio de fluxos e água;



BARRAGEM DE REJEITO

O Que são?

São barragens utilizadas para reter resíduos sólidos e águas resultantes de processo de extração de minérios. São iniciadas construindo um dique inicial (partida) geralmente compactado.

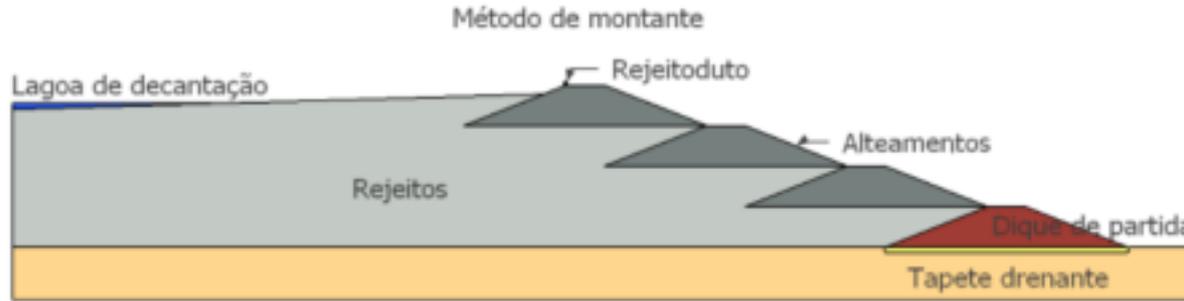
Os rejeitos apresentam características diversas no que se refere a granulometria, materiais (siltes, argila, minério, areia), plasticidade, compressibilidade, resistência, dentre outros.

Tipos de barragens de rejeito:

- Alçamento a montante;
- Alçamento a jusante;
- Alçamento a linha de centro.

Alteamento a montante

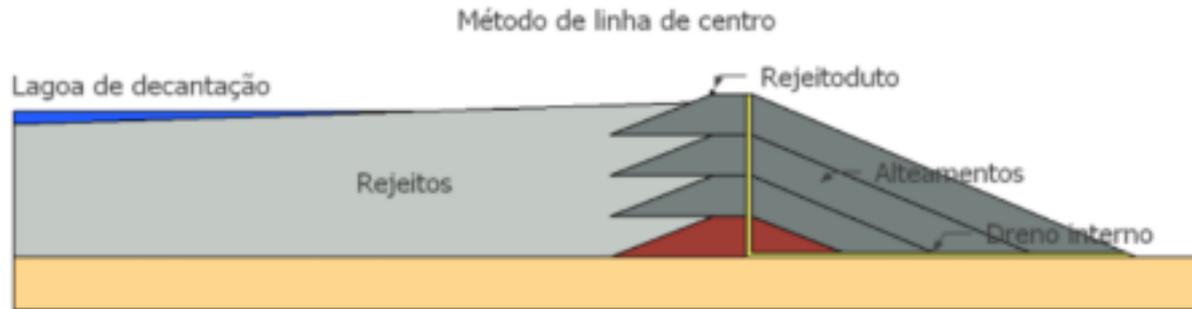
Alteamentos (degraus) realizados com os próprios rejeitos acima do dique de partida. Método construtivo mais empregado, maior velocidade e utilização de poucos equipamentos de terraplanagem. Impróprio para locais com atividades sísmicas e capacidade de liquefação.



Fonte: VALERIUS, 2014, p. 9.

Alteamento a linha de centro

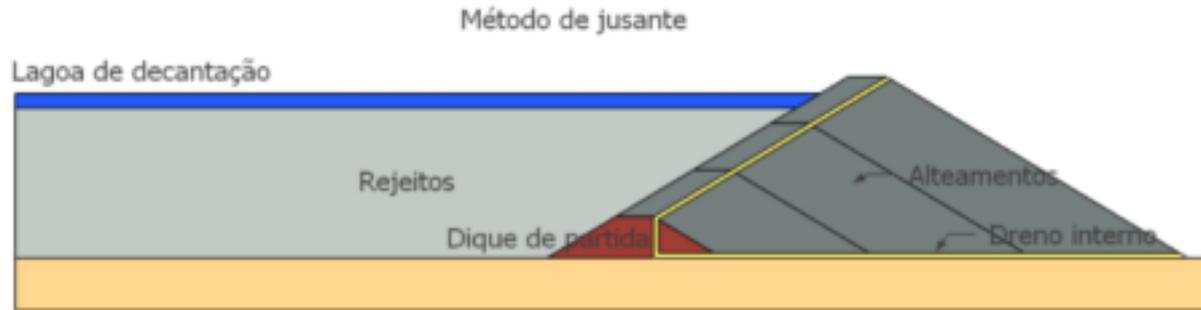
Alteamentos (degraus) realizados exatamente sobre o eixo dos degraus anteriores. Método construtivo intermediário em relação o a jusante e a montante. Tem sido utilizado em locais susceptíveis à ocorrência de sismos. Requer a utilização de hidrociclones para deposição dos rejeitos.



Fonte: VALERIUS, 2014, p. 9.

Alteamento a jusante

Alteamentos (degraus) realizados com materiais mistos, solo e rejeito compactado ou apenas solo compactado. Método construtivo menos econômico (em relação ao a montante e a linha de centro), onde o avanço da construção dos diques é no sentido de jusante. Este método leva a alguns transtornos (destruição da instrumentação e perdas de áreas úteis). Dique deve possuir drenagem interna e talude a montante deve ser impermeabilizado (argila ou materiais sintéticos).



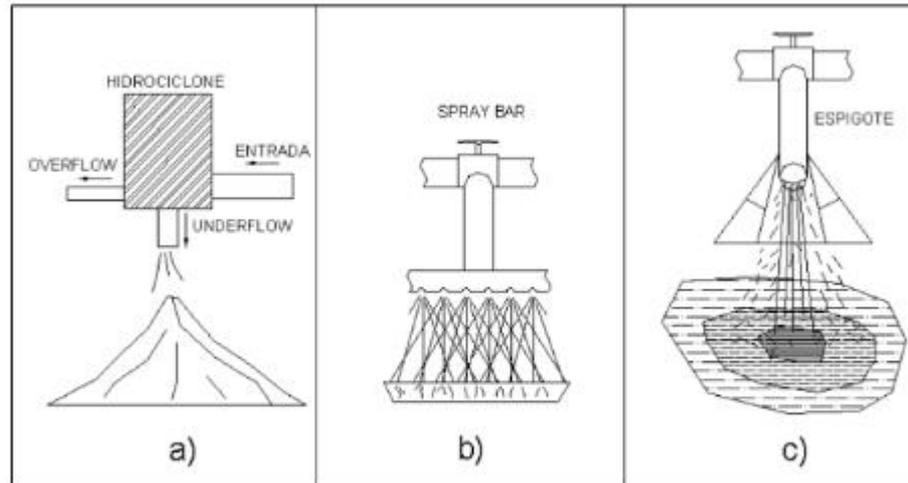
Fonte: VALERIUS, 2014, p. 9.

SISTEMAS DE LANÇAMENTOS DE REJEITO

O lançamento pode ser feito na superfície da praia (rejeito mais grosseiro) ou dentro de água (rejeito mais fino ou inadequado para utilização nos diques). O sistema pode ser bombeado para o transporte da polpa.

Para a deposição do rejeito pode-se utilizar:

- Hidrociclones;
- Espigotes;
- Spray bars.



Fonte: SILVA, 2010, p. 57.

Hidrociclones:

- mais adequados;
- separa por granulometria o material fino chamado de “Overflow” do material mais grosseiro chamado de “Underflow”;
- Underflow é utilizado nos diques e os mais finos lançados dentro de água no reservatório.



Espigote:

- mais simples de instalar;
- operação mais complexa;
- pode conduzir a sérios problemas na formação da praia (não uniformidade nos pontos de lançamento, formação de poças de lama e água e aumento da variabilidade dos parâmetros de resistência, deformabilidade e condutividade hidráulica).



Spray bars:

- são tubos locados longitudinalmente na praia com pequenos furos ao longo de seu comprimento;
- proporciona uma maior declividade e uniformidade a praia em relação ao espigotamento.



POSSÍVEIS CAUSAS DE ROMPIMENTOS DE BARRAGENS

- Erros de projetos;
- Erros de execução;
- Erosão;
- Problemas na fundação;
- Percolação;
- Sismos;
- Liquefação estática e dinâmica;
- Falta de manutenção;
- Alçamento acima do especificado em projeto.

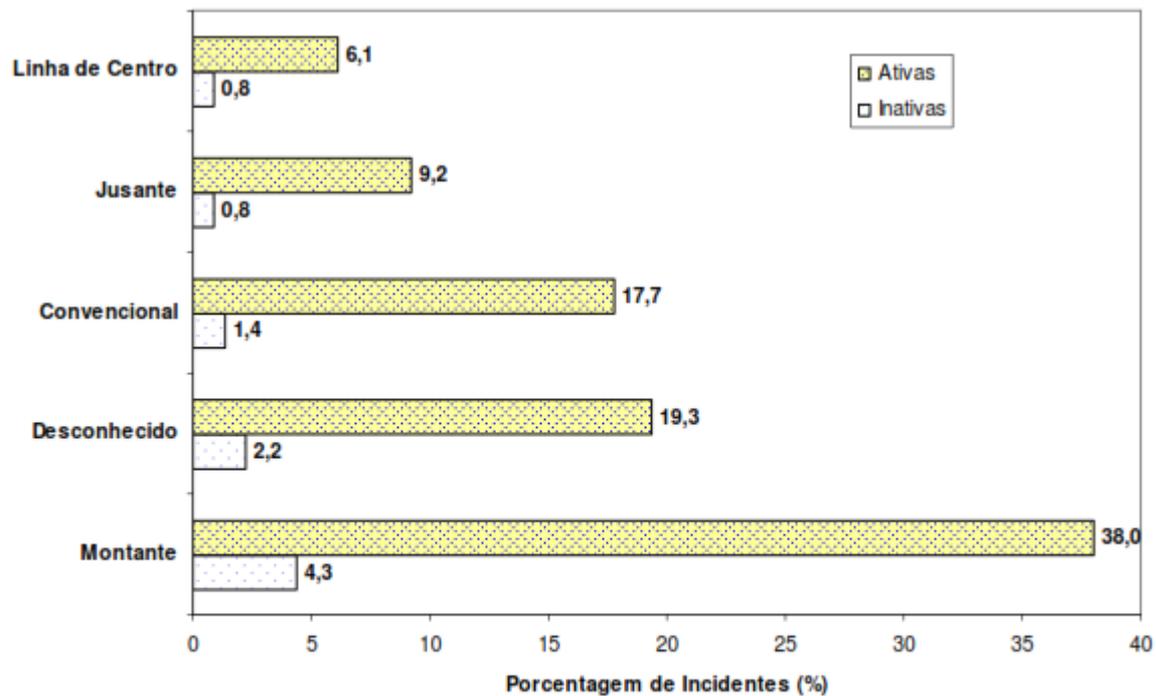


Figura 3 – Classificação de 199 incidentes de barragens de rejeito por tipo e por condição (ativa ou inativa). Traduzido de Stranchan (2002).

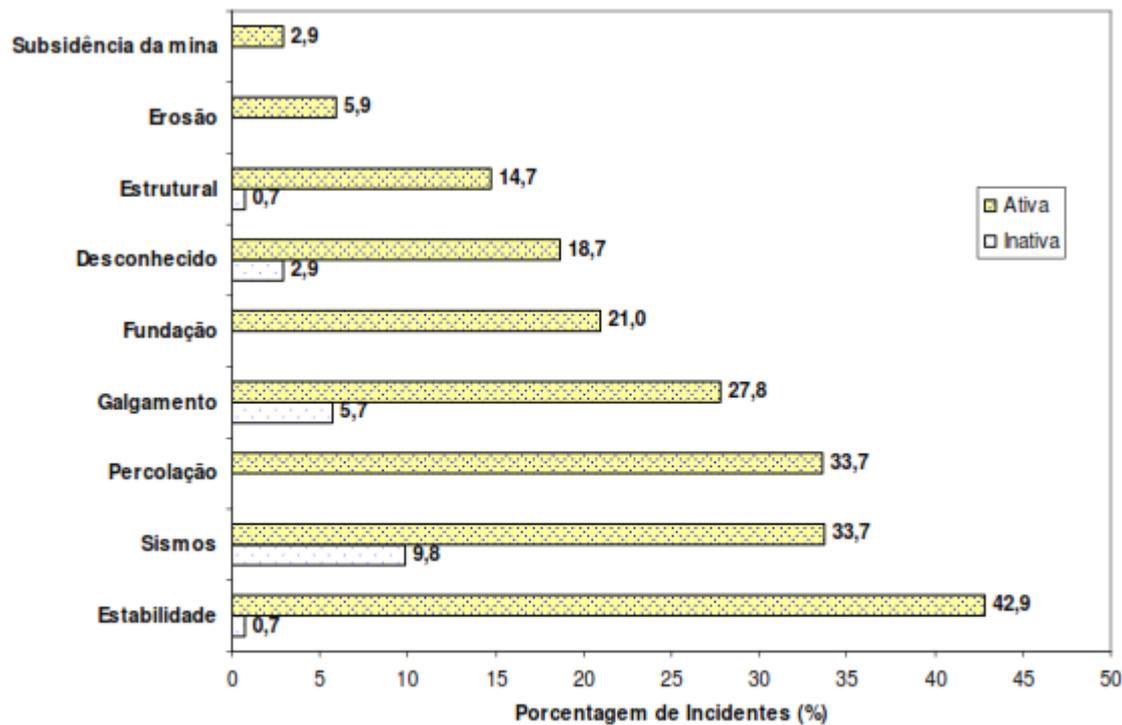


Figura 4 – Número incidentes em barragens de rejeitos (199 casos) classificados por causa de ruptura e por condição (ativa ou inativa). Modificado de (Strachan, 2002).

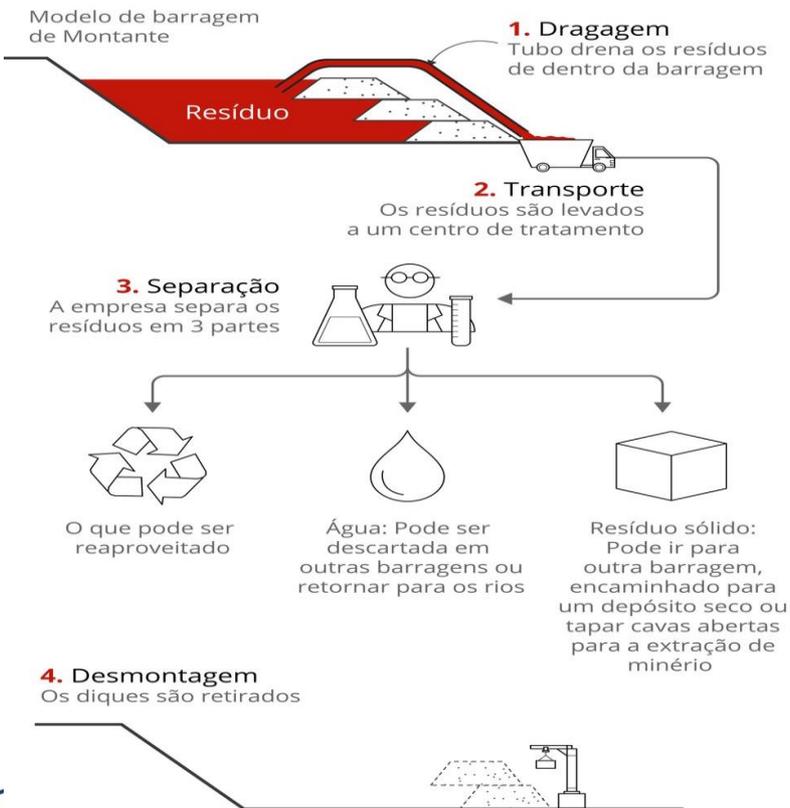
Estatísticas de rupturas

Ano	Barragem	Localização	Nº de Mortes
2009	Algodões 1 (PI)	Brasil	
2008	Espora (GO) e Apertadinho (RO)	Brasil	
2007	Rio Pomba (MG)	Brasil	
2004	Camará	Brasil	
2003	Rio Pomba-Cataguazes (MG)	Brasil	
2001	B1 Rio Verde (MG)	Brasil	5
1995	Placer	Filipinas	12
1994	Merriespruit	África do Sul	17
1986	Fernandinho	Brasil	7
1985	Stava	Itália	269
1978	Arcturus	Zimbabwe	1
1976	Teton	USA	11
1974	Bakofeng	África do Sul	12
1972	Buffalo Creek	USA	125
1970	Mufilira	Zâmbia	89
1963	Vajont / Baldwin Hills	Itália / USA	~3.000 / 5
1959	Malpasset / Vega de Tera	França / Espanha	421 / 150

O que é descomissionamento

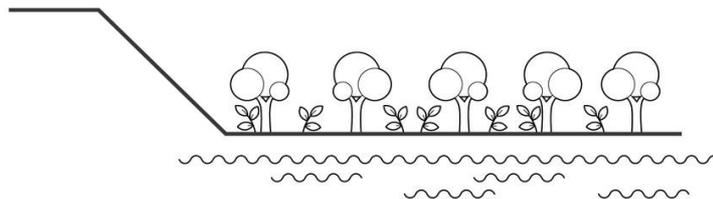
Especialistas explicam que há diferentes formas para 'eliminar' uma barragem

Um método: esvaziamento



5. Reflorestamento

A empresa faz um trabalho de recuperação do solo e reflorestamento. Se rios foram desviados, eles são redirecionados ao seu curso natural



Outra possibilidade: aterro

Método mais barato em que a terra é colocada por cima da barragem e é feito o reflorestamento.



Fonte: Miguel Fernandes Felipe, professor do Departamento de Geociências da UFJF, e Paulo Lanzarotto, professor de engenharia da FAAP



Infográfico elaborado em: 29/01/2019

Reutilização na construção civil:

- Confeção de tijolos;
- Pavimentos;
- Cimento.

INSPEÇÕES DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS EM CONCRETO



Alguns elementos de concreto que devem ser inspecionados:

- Galerias de drenagem e de adução;
- Pontes;
- Tomada D'água;
- Vertedouro;
- Barragem (no caso de ser em concreto);
- Dentre outros.



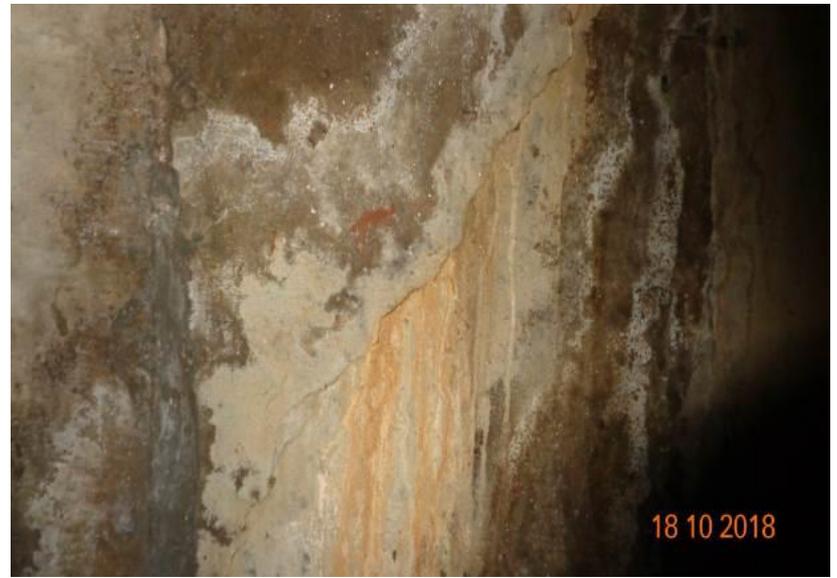




O que deve ser analisado:

- Fissuras, trincas, rachaduras;
- Armadura exposta;
- Abrasão;
- Juntas;
- Deslocamentos;
- Lixiviação;
- Carbonatação;
- Carreamento de material (solo, rejeito);
- Infiltrações e percolações.







MATRIZ GUT

É uma ferramenta para auxílio na priorização de resolução de problemas (ações e intervenções construtivas), baseando-se em três fatores de classificação: **G**ravidade, **U**rgência e **T**endência.

- **Gravidade:** É analisada pela consideração da intensidade ou impacto que o problema pode causar se não for solucionado;
- **Urgência:** É analisada pela pressão do tempo que existe para resolver determinada situação;
- **Tendência:** É analisada pelo padrão ou tendência de evolução da situação.

GRAVIDADE

1	Dano Desprezível (sem gravidade)
2	Dano Leve (pouco grave, limitrofe)
3	Dano Grave (Regular ou mediano, crítico)
4	Dano Muito Grave (Extenso, crítico a catastrófico)
5	Dano Extremamente Grave (Catastrófico)

URGÊNCIA

1	Prazo Confortável (não há pressa, acima de 5 anos)
2	Prazo Pouco Confortável (ainda podemos aguardar 3 anos)
3	Prazo Médio (crítico, o mais rápido possível, cerca de 2 anos)
4	Prazo Curto Médio (com certa urgência, 1 ano)
5	Imediato (não se pode esperar, variáveis já otimizadas)

TENDÊNCIA

1	Não piorará, podendo até reverter e tender a desaparecer
2	Piorará a longo prazo ou a redução será mínima
3	Piorará a médio prazo ou permanecerá como está
4	Piorará a curto prazo elevando o Grau do Problema
5	Piorará muito e rapidamente (variáveis já otimizadas)



OBRIGADO PELA ATENÇÃO!

site.abece.com.br

pi@piengenharia.com.br

Tel: 31-3426-6308