



NOÇÕES SOBRE INSPEÇÃO E SEGURANÇA DE BARRAGENS



Roney Gomes Nascimento
Engenheiro Civil

Sumário

- Legislação
- Conceitos Básicos de Barragens
- Tipos de Barragens
- Elementos Básicos de uma Barragem
- Anomalias em Barragens
- Fotos diversas

LEI Nº 12.334, DE 20 DE SETEMBRO DE 2010.

Estabelece a 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, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4º da Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000.

Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12334.htm. Acesso em 13 de novembro de 2018.

DISPOSIÇÕES GERAIS

Art. 1º Esta Lei estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) e cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB).

Parágrafo único. Esta Lei aplica-se a barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais...

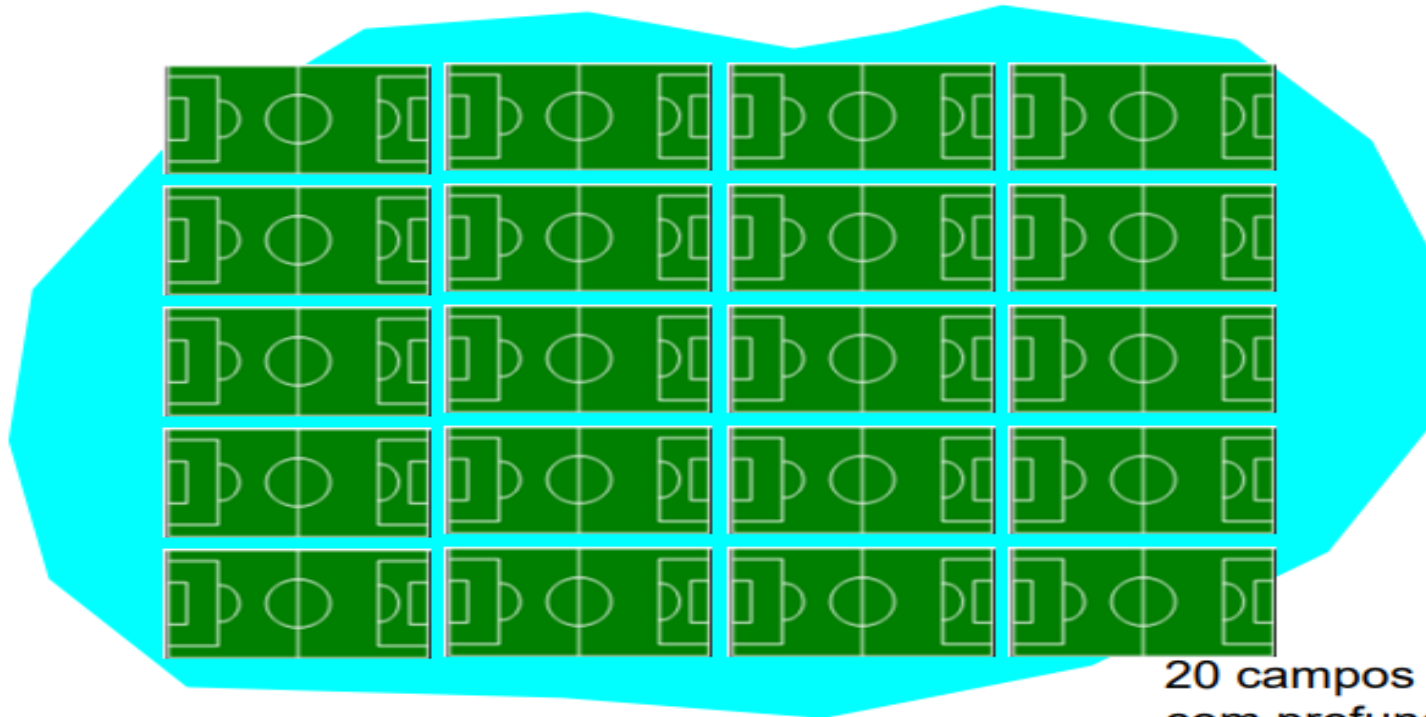


I - altura do maciço, contada do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a **15m (quinze metros)**;



Barragens que se enquadram na Lei 12.334

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



20 campos de futebol
com profundidade média
de 15 m

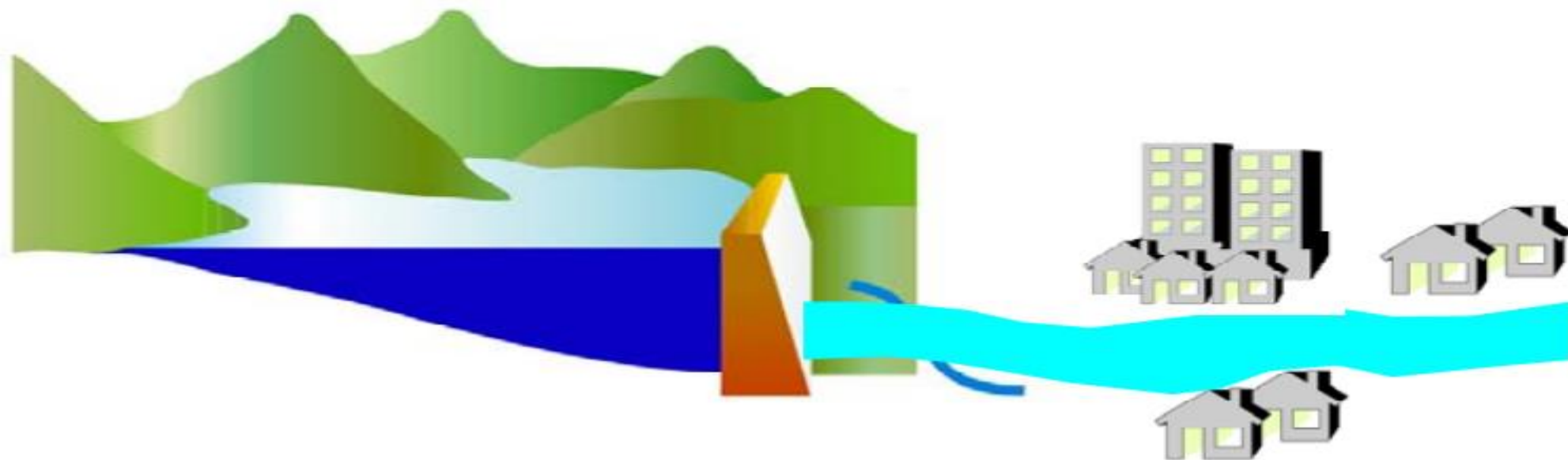
Barragens que se enquadram na Lei 12.334

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



Barragens que se enquadram na Lei 12.334

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





Art. 3º São objetivos da Política Nacional de Segurança de Barragens (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.

LEI No. 12.334



LEI No. 12.334

Art. 4º São fundamentos da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB):

I - a segurança de uma barragem deve ser considerada nas suas fases de planejamento, projeto, construção, primeiro enchimento e primeiro vertimento, operação, desativação e de usos futuros;

II - a população deve ser informada e estimulada a participar, direta ou indiretamente, das ações preventivas e emergenciais;

III - o empreendedor é o responsável legal pela segurança da barragem, cabendo-lhe o desenvolvimento de ações para garanti-la;

IV - a promoção de mecanismos de participação e controle social;

V - a segurança de uma barragem influi diretamente na sua sustentabilidade e no alcance de seus potenciais efeitos sociais e ambientais.

Art. 6º São instrumentos da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB):

I - o sistema de classificação de barragens por categoria de risco e por dano potencial associado;

II - o Plano de Segurança de Barragem;

PSB

III - o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB);

IV - o Sistema Nacional de Informações sobre o Meio Ambiente (Sinima);

V - o Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental;

VI - o Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais;

VII - o Relatório de Segurança de Barragens.

LEI No. 12.334

Art. 8º O Plano de Segurança da Barragem deve compreender, no mínimo, as seguintes informações:

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.

PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA (PAE)

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;

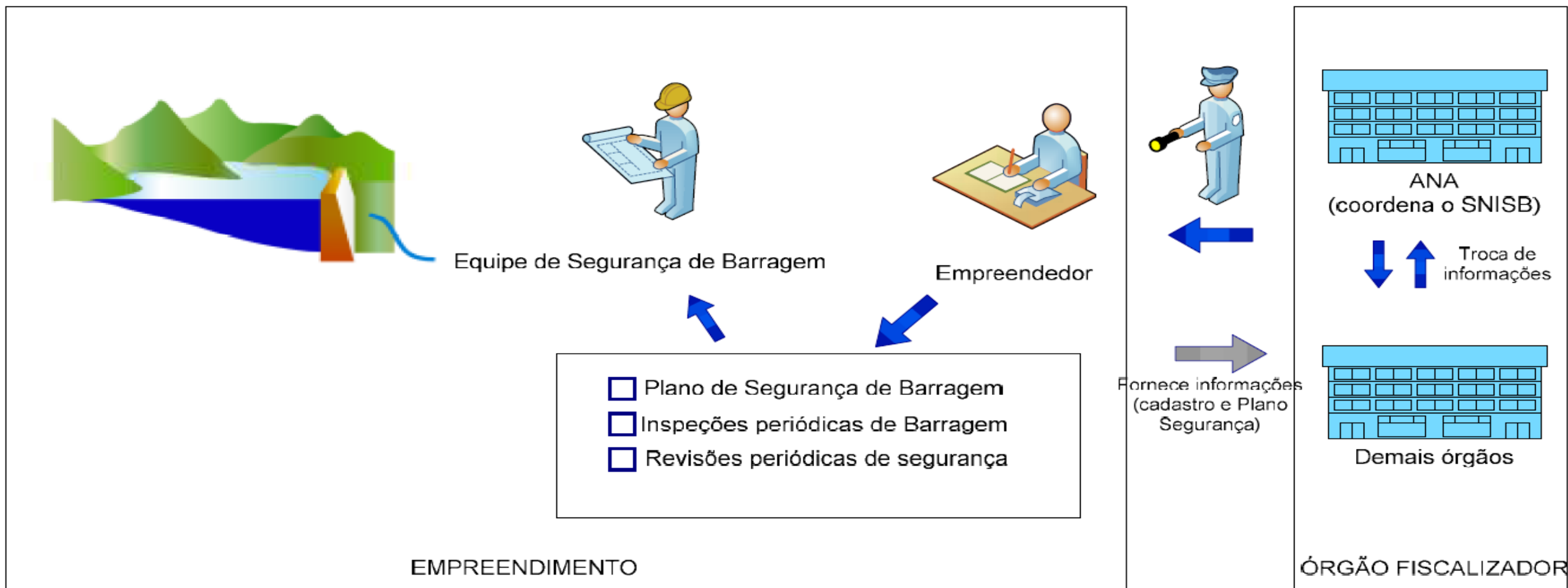
III - procedimentos preventivos e corretivos a serem adotados em situações de emergência, com indicação do responsável pela ação;

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.



O empreendedor é o responsável legal pela segurança da barragem!!!





Empreendedor

Agente privado ou governamental:

- com direito real sobre as terras onde se localizam a barragem e o reservatório; ou
- que explore a barragem para benefício próprio ou da coletividade.

Mudança de atitude e cultura dos empreendedores, públicos ou privados! (Responsabilização x \$\$\$)

Responsabilidades do Empreendedor

LEI No. 12.334

Art. 17. O empreendedor da barragem obriga-se a:

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;

Responsabilidades do Empreendedor

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.

Parágrafo único. Para reservatórios de aproveitamento hidrelétrico, a alteração de que trata o inciso IV também deverá ser informada ao Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

Órgãos Fiscalizadores

- 4 Órgãos federais:

- ANA
- ANEEL
- IBAMA
- DNPM

- 27 órgãos gestores estaduais de RH

- 16 órgãos ambientais estaduais (meio ambiente separado de recursos hídricos)

47 órgãos
Federais
+
Estaduais

Órgãos Fiscalizadores / Missões

- **Fiscalizar** as questões relativas a segurança de barragens
- Exigir **ART/CREA** dos documentos relativos a segurança de barragens
- Exigir do empreendedor o **cumprimento das recomendações** dos documentos de **segurança de barragens**
- Manter **cadastro (base de dados)** de barragens sob sua jurisdição
- Regulamentar:
 - Planos de Segurança de Barragens
 - Planos de Ações Emergenciais
 - Relatórios de inspeções de barragens
 - Revisões periódicas de barragens.
- **Informar imediatamente** à ANA e à Defesa Civil qualquer não conformidade que implique **risco** imediato à segurança ou qualquer **acidente** ocorrido nas barragens sob sua jurisdição (art.16 par. 1º)

Órgãos Fiscalizadores / ANA

- Todas dos demais órgãos fiscalizadores

E ainda:

- organizar, implantar e gerir o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB);
- promover a articulação entre os órgãos fiscalizadores de barragens;
- coordenar a elaboração do Relatório de Segurança de Barragens e encaminhá-lo, anualmente, ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), de forma consolidada.



Co-responsabilidade
com os demais órgãos
fiscalizadores



BARRAGEM

Estrutura construída transversalmente ao leito de um rio ou talvegue, com a finalidade de se criar um reservatório de acumulação de água, seja para regularização de vazão, seja para abastecimento, ou para outro fim.

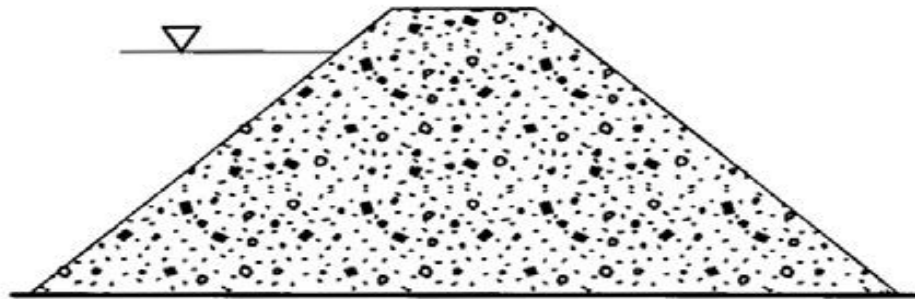
Estrutura construída em um vale e que o fecha transversalmente, dando um represamento de água.

TIPOS DE BARRAGENS

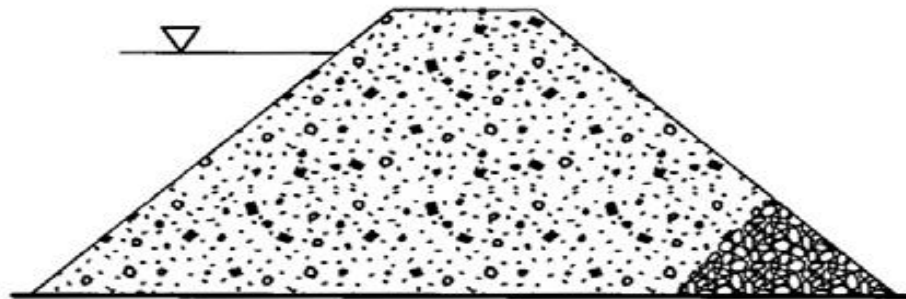
- Barragens de Aterro
 - Terra
 - Enrocamento
 - Face de Concreto
 - Núcleo Impermeável
 - Zoneadas
- Barragens Rígidas
 - Alvenaria
 - Concreto
 - Convencional
 - Compactado a Rolo (CCR)
 - Ciclópico



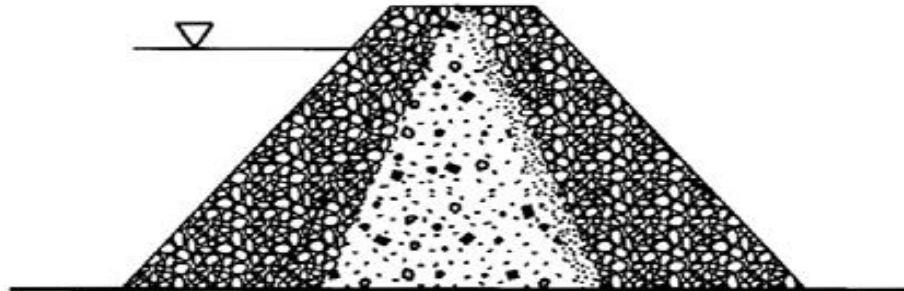
Barragens de Terra



Barragem Homogênea



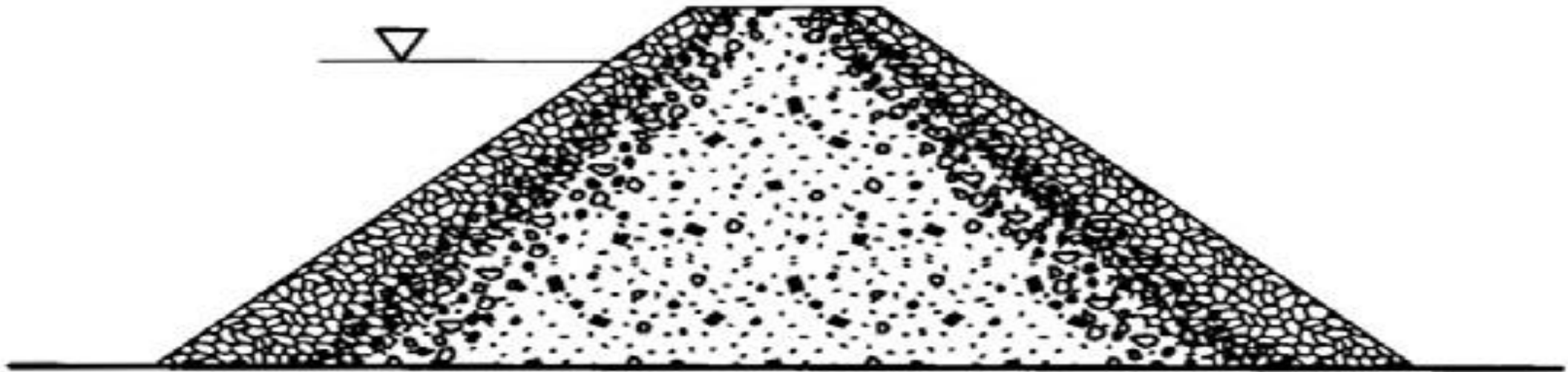
Barragem Homogênea Modificada



Barragem Zoneada

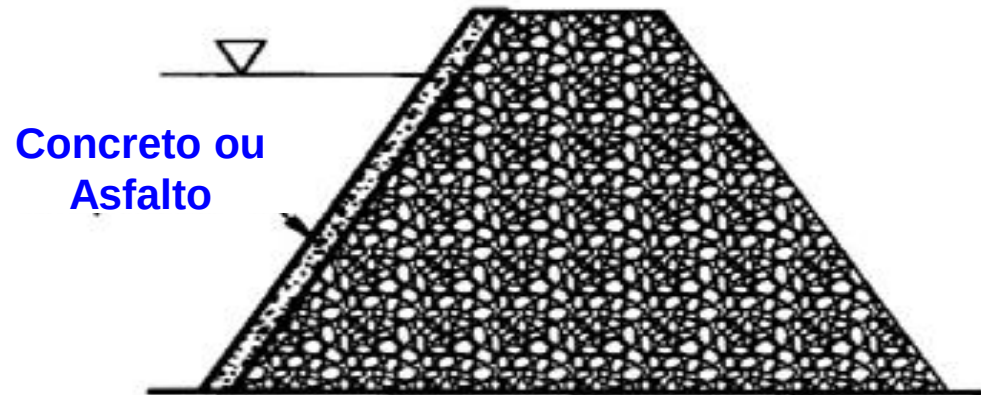


Barragens de Aterro Hidráulico



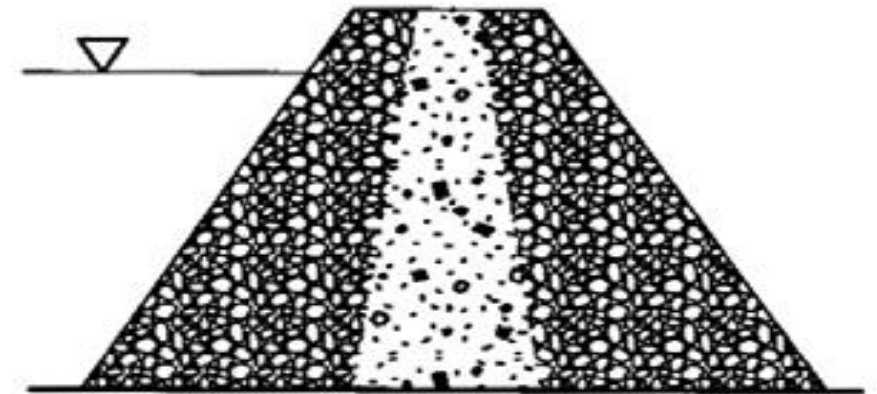


Barragens de Enrocamento



Concreto ou
Asfalto

Barragem de Enrocamento
Face de Concreto ou Asfalto



Barragem de Enrocamento
Com Núcleo Central

BARRAGEM ZONEADA – AÇUDE ARNEIROZ – CE/BR



BARRAGENS FURNAS - MG



Barragem de Enrocamento com Núcleo de Argila

Siga  [defesacivil.ES](#) Curta  [defesacivileS](#)

www.bombeiros.es.gov.br | www.defesacivil.es.gov.br | SOMOSTODOSNÓS

BARRAGEM MARIBONDO – SP/MG



Barragem Homogênea de Argila

Siga  [defesacivil.ES](#) Curta  [defesacivilES](#)

www.bombeiros.es.gov.br | www.defesacivil.es.gov.br | SOMOSTODOSNÓS



Estruturas de Concreto

Itapebi – Rio Jequitinhonha
Itapebi - Bahia - Brasil

Enrocamento com
Face de Concreto



BARRAGEM RÍGIDA



Barragem Composta Terra e Gravidade

Estruturas de Concreto

Itumbiara – Rio Paranaíba
Araporã–Minas Gerais - Brasil

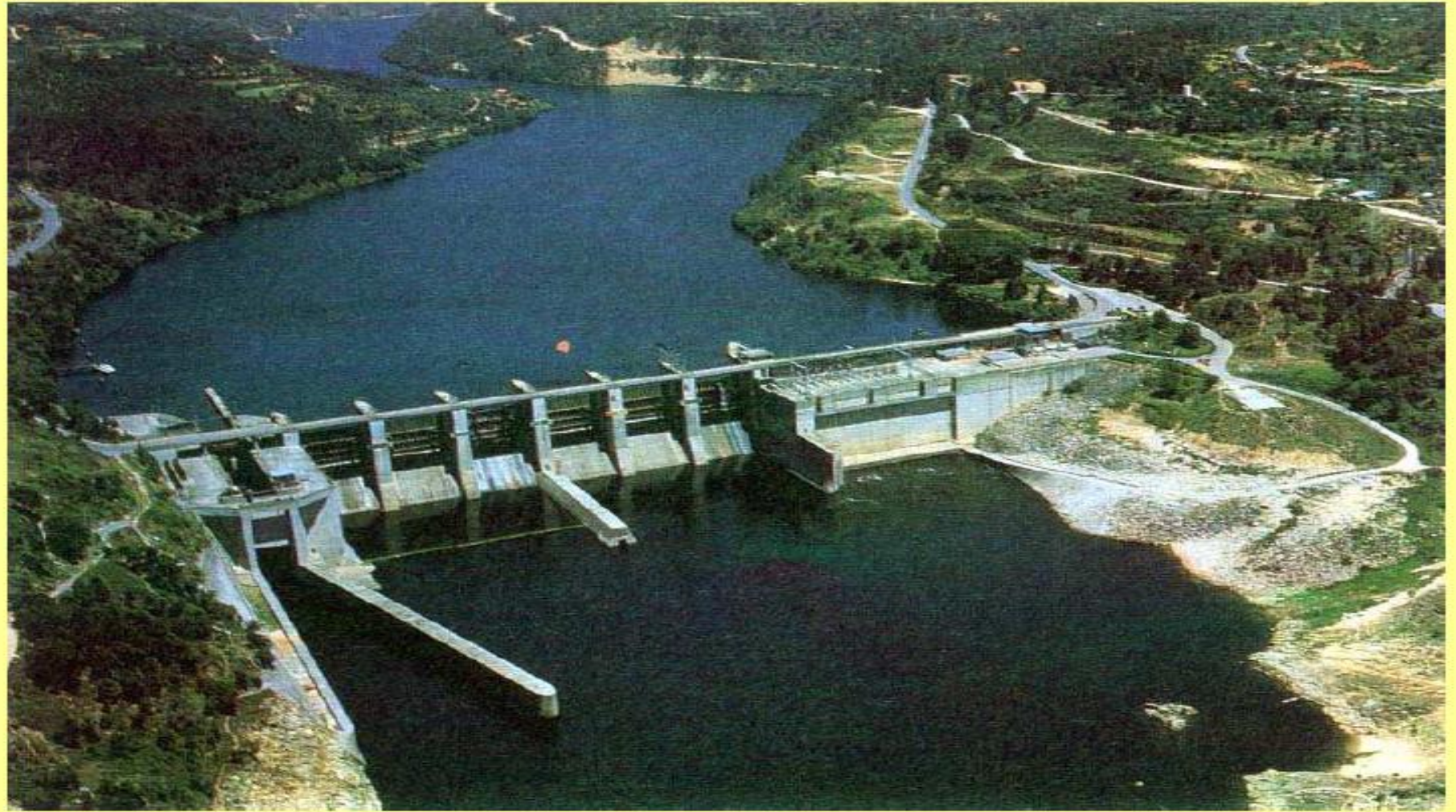




Estruturas de Concreto

Carrapatelo – Rio Douro
Distrito de Viseu - Portugal

Barragem Gravidade



Barragem Gravidade Aliviada

Estruturas de Concreto

Itaipu - Rio Paraná
Foz do Iguaçu - Brasil/Paraguai



Barragem de Contrafortes

Estruturas de Concreto

Pracana - Rio Ocreza
Castelo Branco - Portugal





Barragem em Arco Dupla Curvatura

Estruturas de Concreto

Funil – Rio Paraíba do Sul
Itatiaia - Rio de Janeiro - Brasil



Estruturas de Concreto

Bemposta - Rio Douro
Bragança - Portugal

Barragem em Arco
Gravidade

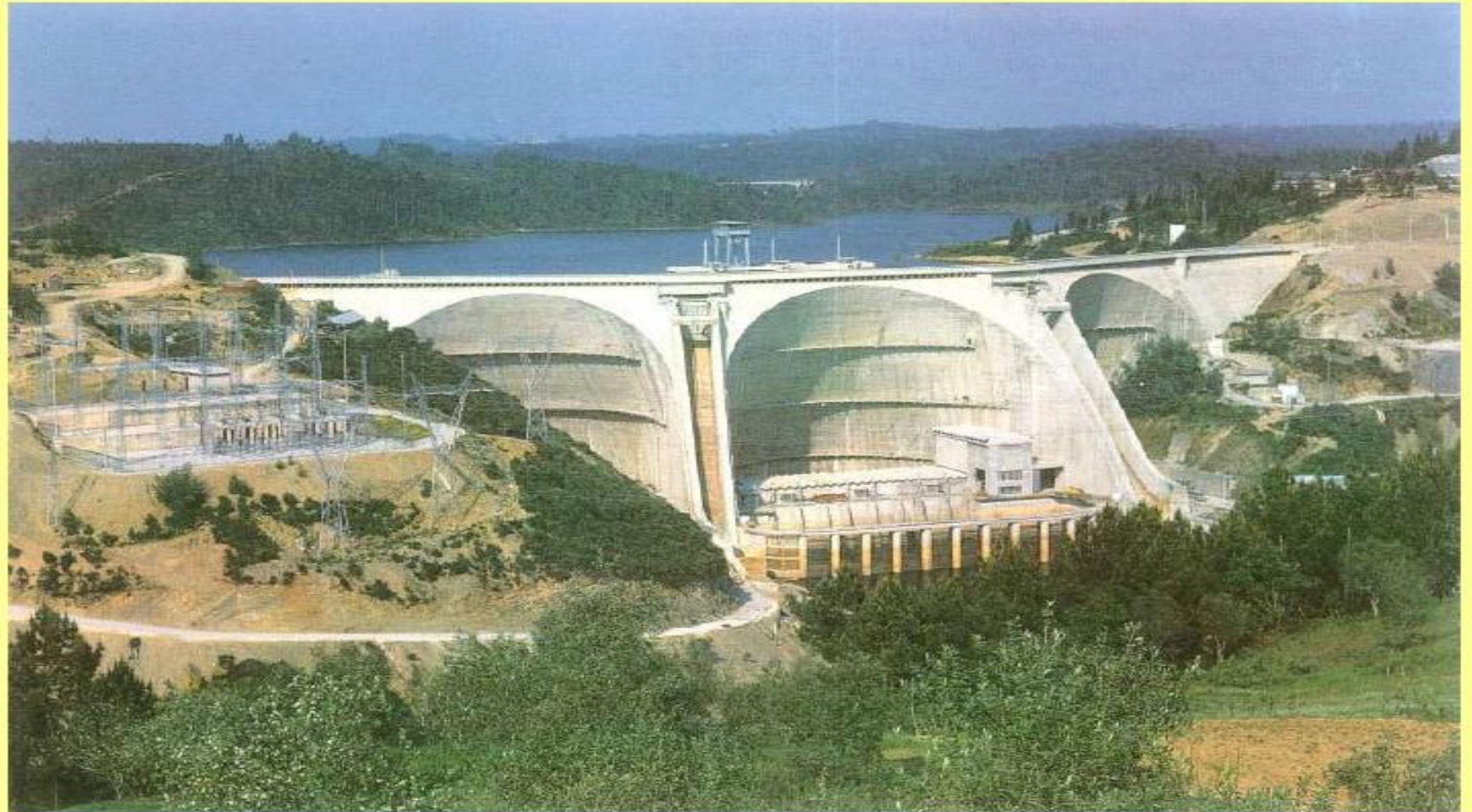




Estruturas de Concreto

Aguieira - Rio Mondego
Coimbra - Portugal

Barragem em Arco
Contraforte

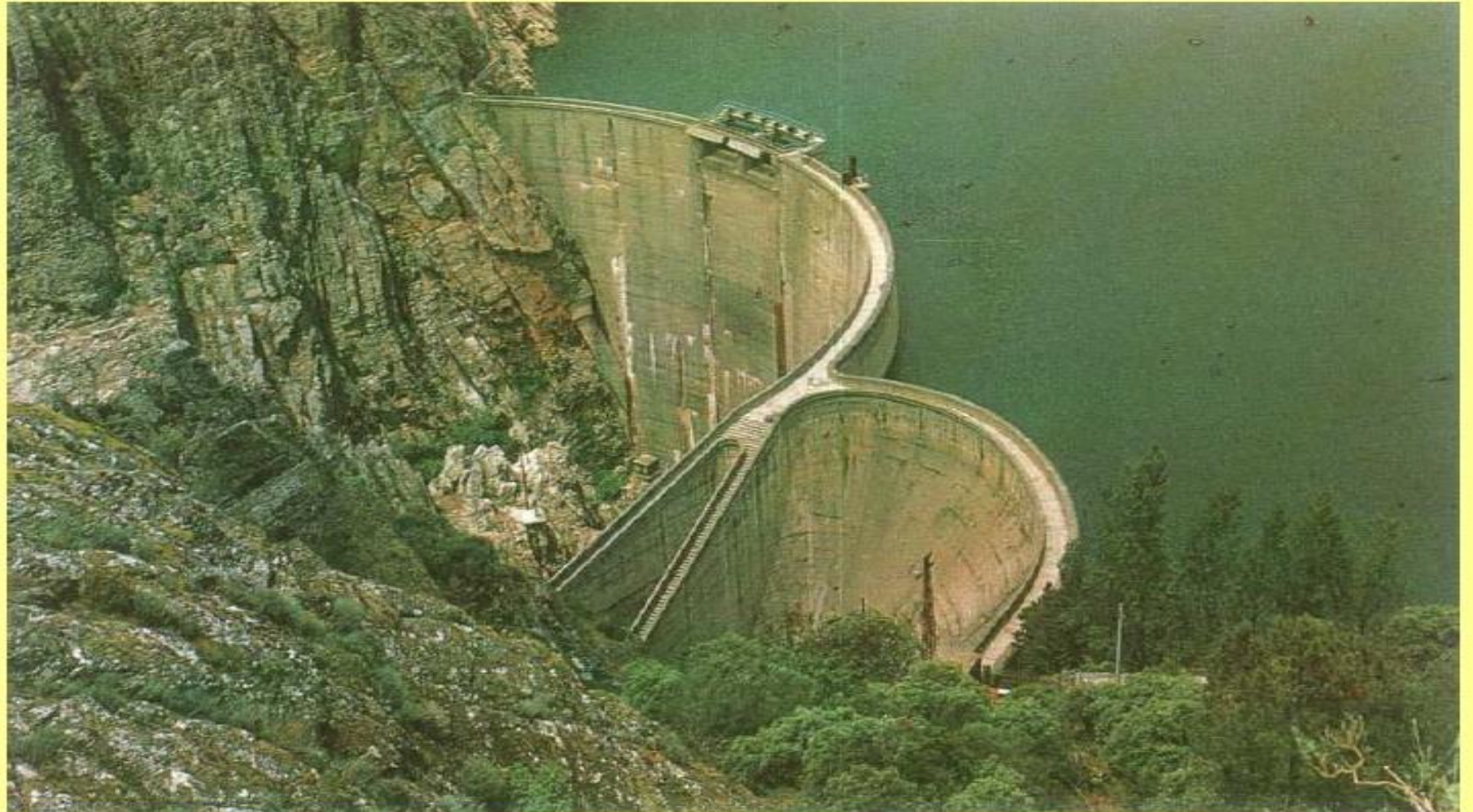




Estruturas de Concreto

Luzia - Rio Unhais
Coimbra - Portugal

Barragem em Arco
Duplo - Contraforte

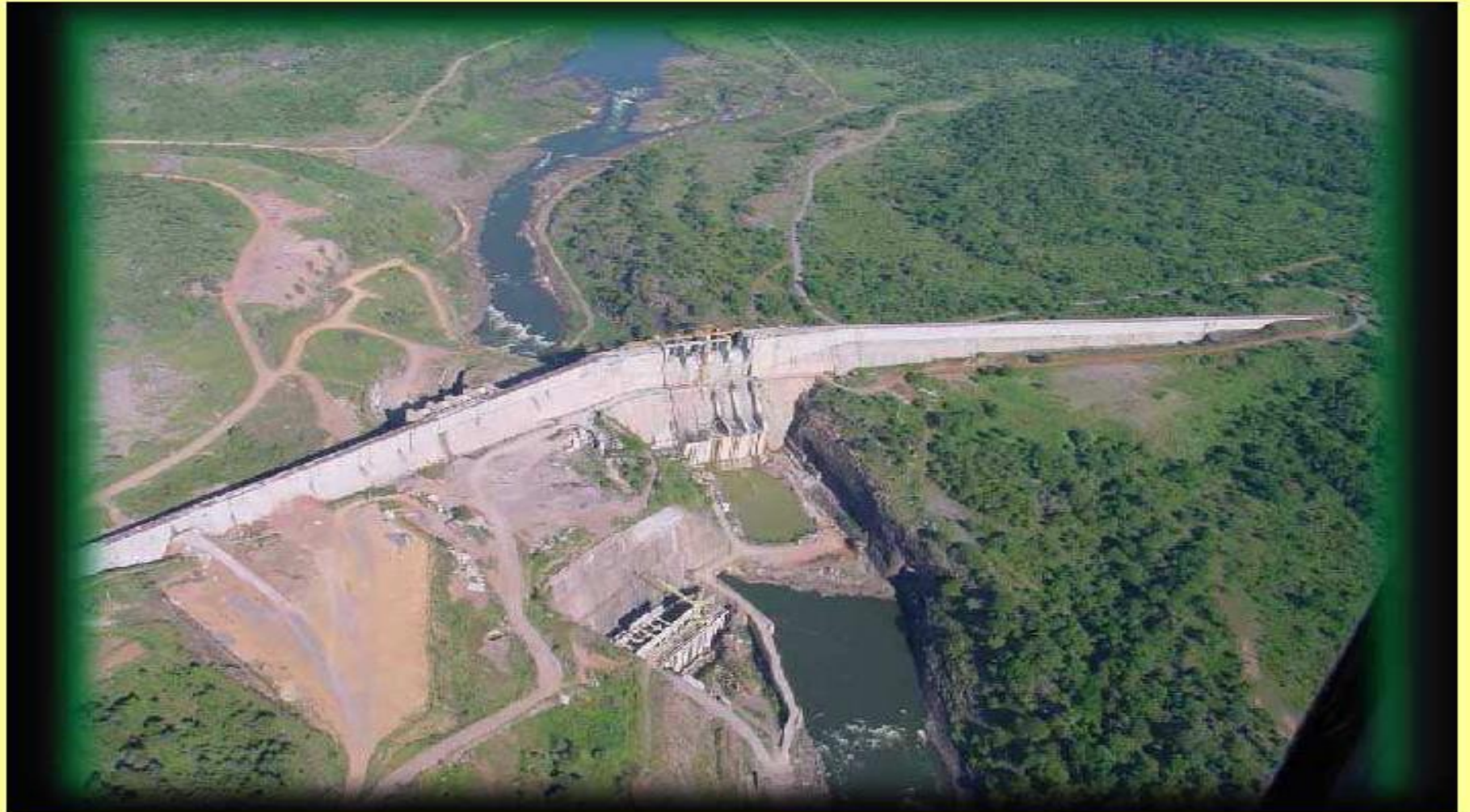




Estruturas de Concreto

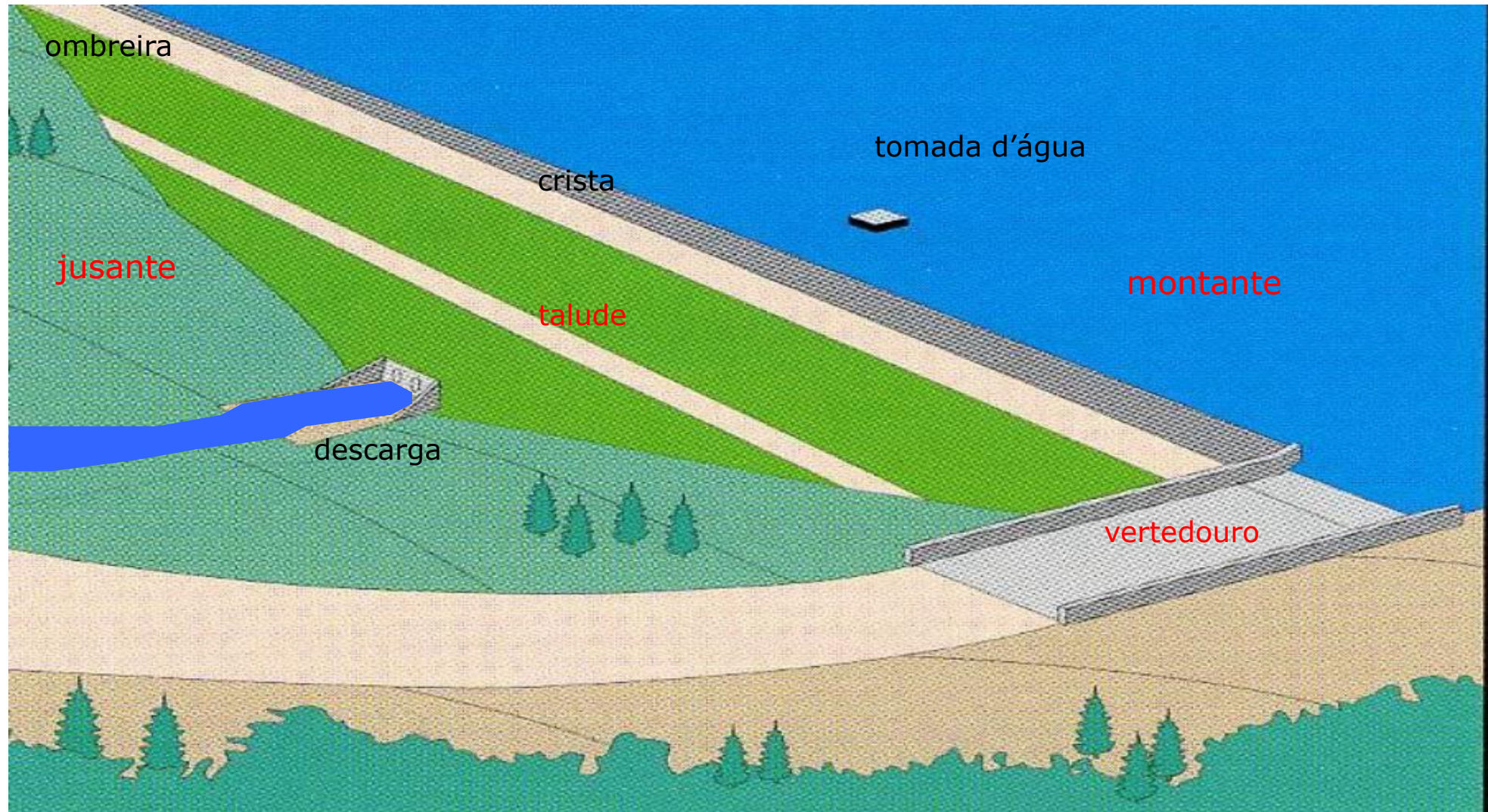
Capanda - Rio Kwanza
Capanda - Angola

Barragem em CCR



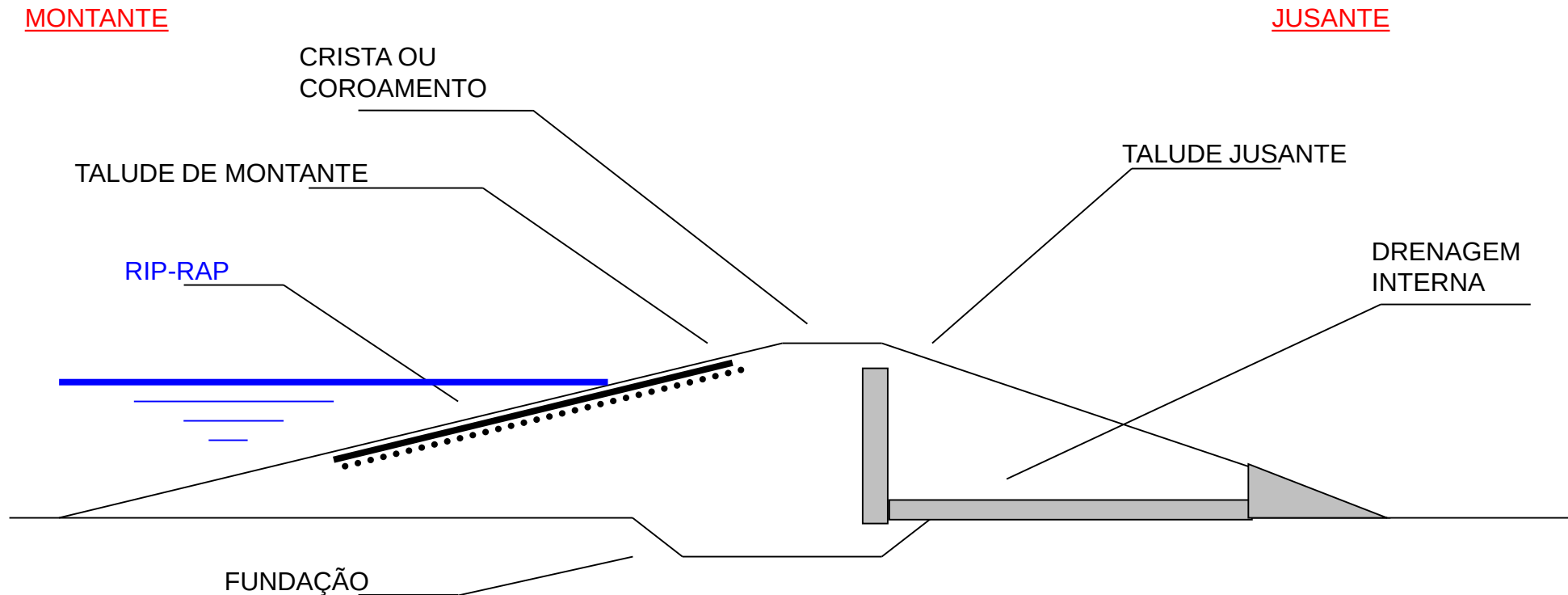
BARRAGEM DE CAPANDA - CONGO







BARRAGEM DE TERRA



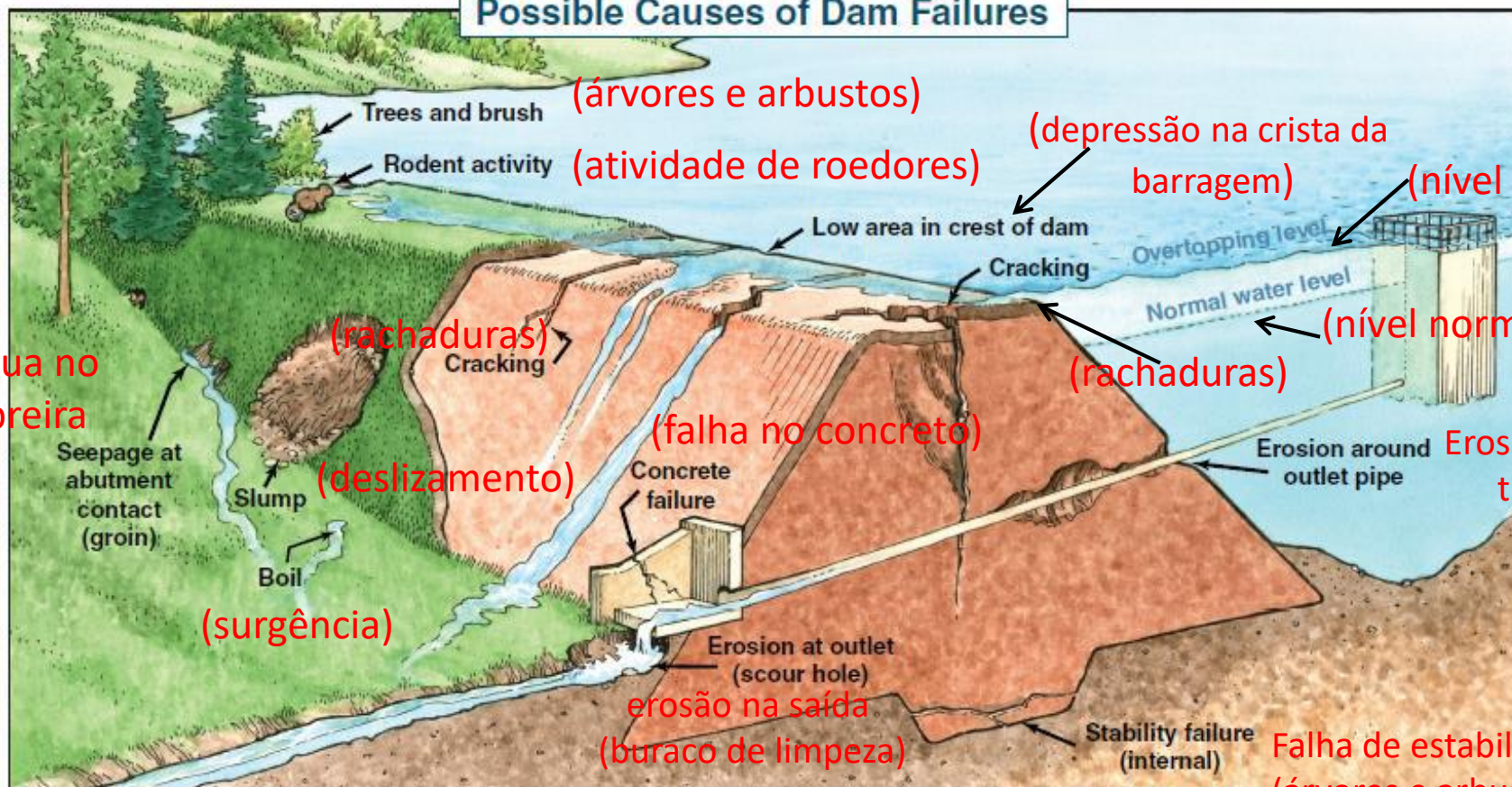
A Figura ao lado mostra uma barragem de terra com seus dois taludes protegidos, sendo o de montante com enrocamento e o de jusante com leivas de grama.



Fonte: CMB Consultoria, disponível em
(<http://www.cmbconsultoria.com.br/servicos/monitoramento/ecovillas/agosto-2007/>)



Possible Causes of Dam Failures



Surgência d'água no contato c/ombreira

(surgência)

(rachaduras)

(deslizamento)

(árvores e arbustos)

(atividade de roedores)

(depressão na crista da barragem)

(nível de galgamento)

(rachaduras)

(falha no concreto)

Erosão em torno do tubo de saída

erosão na saída (buraco de limpeza)

Falha de estabilidade (árvores e arbustos)

View the Online Training and the Pocket Safety Guide:
<http://www.fs.fed.us/eng/dams>



For more information, contact:
National Technology & Development Program
5785 Hwy. 10 West
Missoula, MT 59808-9361
Phone: 406-329-3900



Riscos associados à construção de barragens

Um evento de ruptura de uma Barragem, quase sempre, constitui numa catástrofe que envolve:

- Perdas de vidas humanas.
- Danos morais quase sempre não quantificáveis.
- Impactos ambientais muitas vezes irreversíveis.
- Perdas materiais de inúmeras naturezas.
- Impactos severos em Barragens a jusante.
- Perda de credibilidade do Proprietário, Construtor, Projetista e demais envolvidos.
- Perda da produção prevista para tal empreendimento.

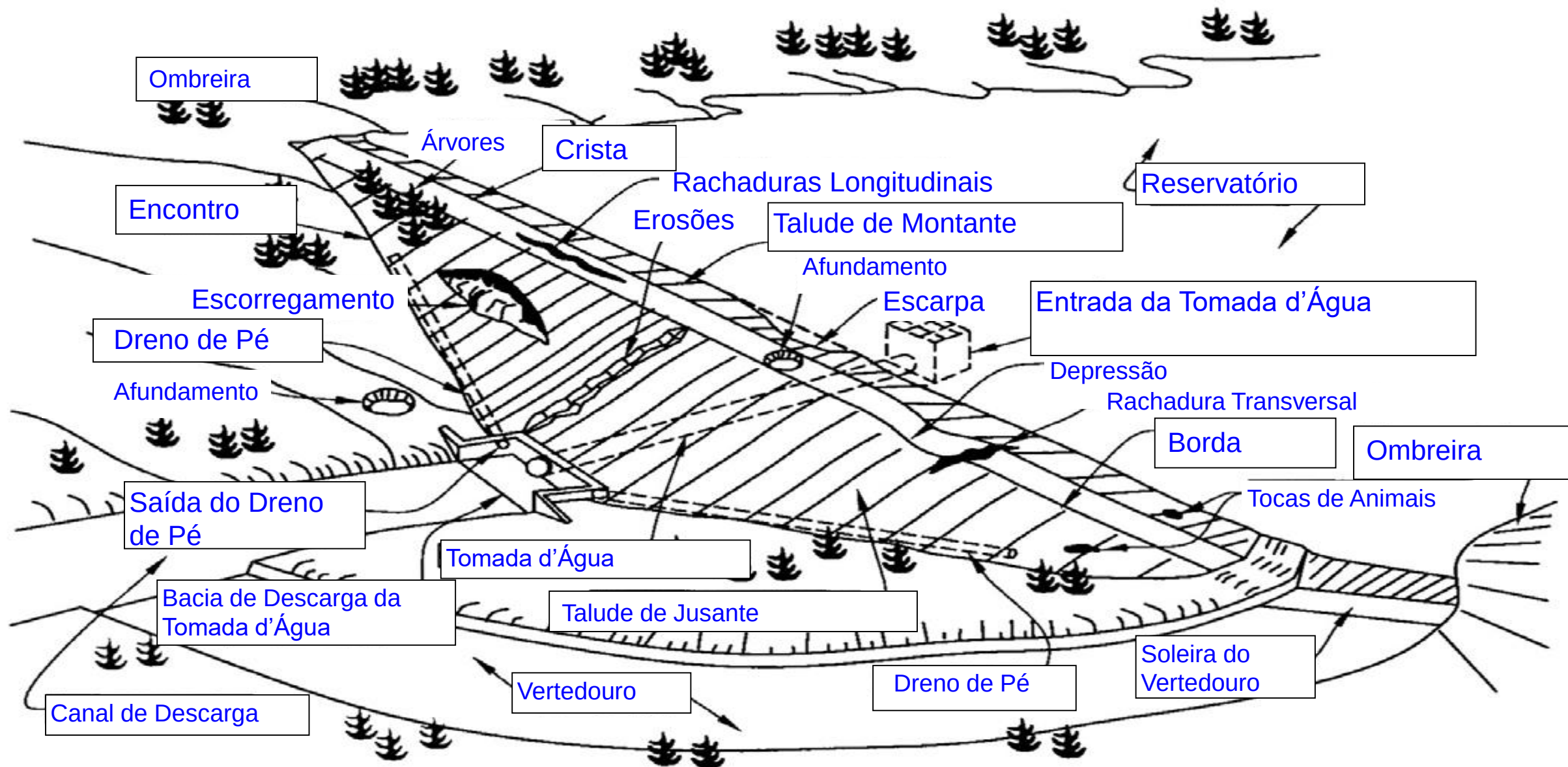
- Na vida:
O risco é inerente a qualquer atividade humana.

- Na Engenharia Civil:

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



Fonte: José Marques Filho (membro da Comissão Técnica de Barragens de Concreto)





BARRAGEM DE ATERRO







TALUDE DE MONTANTE / JUSANTE



Material do Aterro	H ≤ 5,00 metros	5,00 < H ≤ 10 metros
Solos Argilosos	Montante - 1 : 2 Jusante - 1 : 1,75	Montante - 1 : 2,75 Jusante - 1 : 2,25
Solos Arenosos	Montante - 1 : 2,25 Jusante - 1 : 2,00	Montante - 1 : 3,00 Jusante - 1 : 2,25
Areias e Cascalhos	Montante - 1 : 2,75 Jusante - 1 : 2,25	Montante - 1 : 3,00 Jusante - 1 : 2,50
Pedras de mão (barragens mistas)	Montante - 1 : 1,35 Jusante - 1 : 1,30	Montante - 1 : 1,50 Jusante - 1 : 1,40

Tabela IV.3.1- Inclinação de taludes (Vertical : Horizontal) em função do tipo de solo e altura da barragem (Eletrobrás, 2000).

Quadro 6. Manutenção de barragens de aterro.

1. Principais anomalias:
Surgências devido à percolação.
Fissuras.
Instabilidade dos taludes dos paramentos.
Depressões (recalques e afundamentos).
Deficiências nas proteções dos taludes de montante e de jusante.
Erosões devido à ação da água da chuva.
Crescimento excessivo da vegetação.
Buracos abertos por animais.
2. Ações de manutenção corrente:
Talude de montante (rip-rap):
Arranque ou remoção de vegetação.
Recargas e regularização de material de proteção.
Substituição de material degradado.
Crista da barragem:
Reparação do pavimento.
Reparação do sistema de drenagem.
Corte de vegetação.
Talude de jusante e área adjacente:
Corte de vegetação excessiva.
Reposição de vegetação (regiões áridas) ou de outro material.
Reparação do sistema de drenagem.
Colmatação de tocas e túneis de animais.
Vedação à passagem ou pastagem de animais.
Reparação dos acessos aos equipamentos e à instrumentação da barragem.

Barragem de Concreto Compactado a Rolo - CCR



Barragem de Terra Homogênea



Fonte: CEMIG GT

Siga @defesacivil.ES curta defesacivil.ES

www.bombeiros.es.gov.br | www.defesacivil.es.gov.br | SOMOSTODOSNÓS

Barragem de Enrocamento



Fonte: CEMIG GT

Barragem de Enrocamento com Face de Concreto

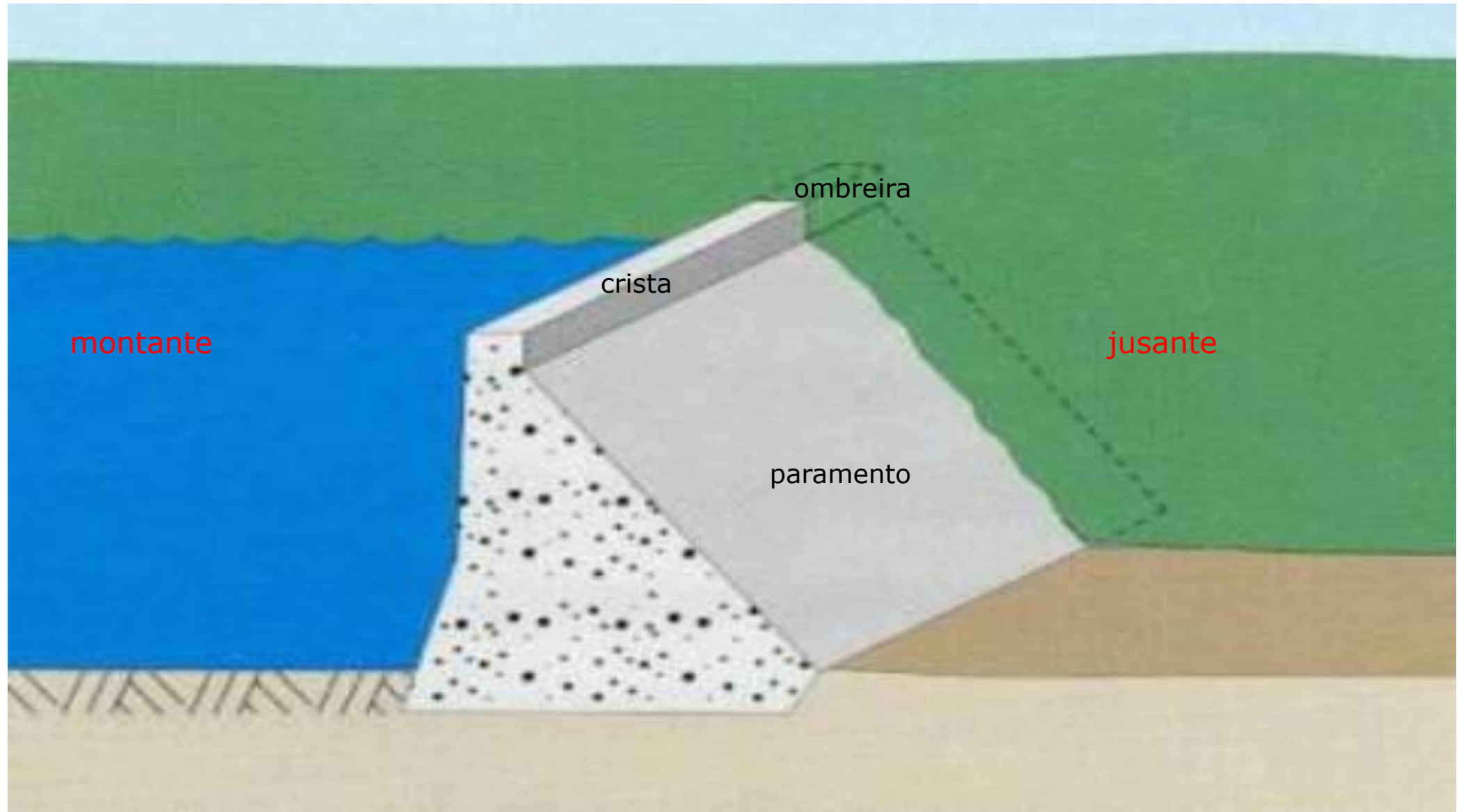




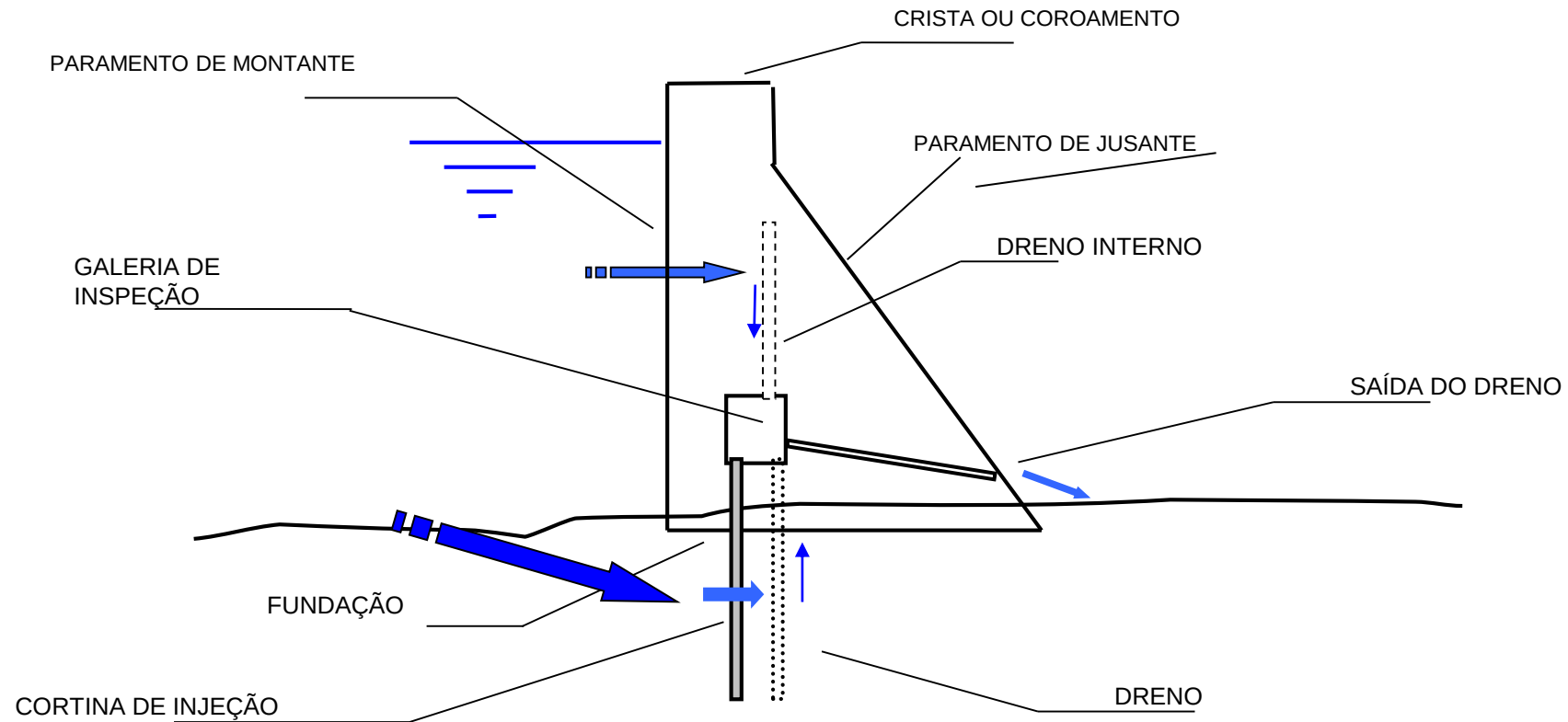


BARRAGEM RÍGIDA



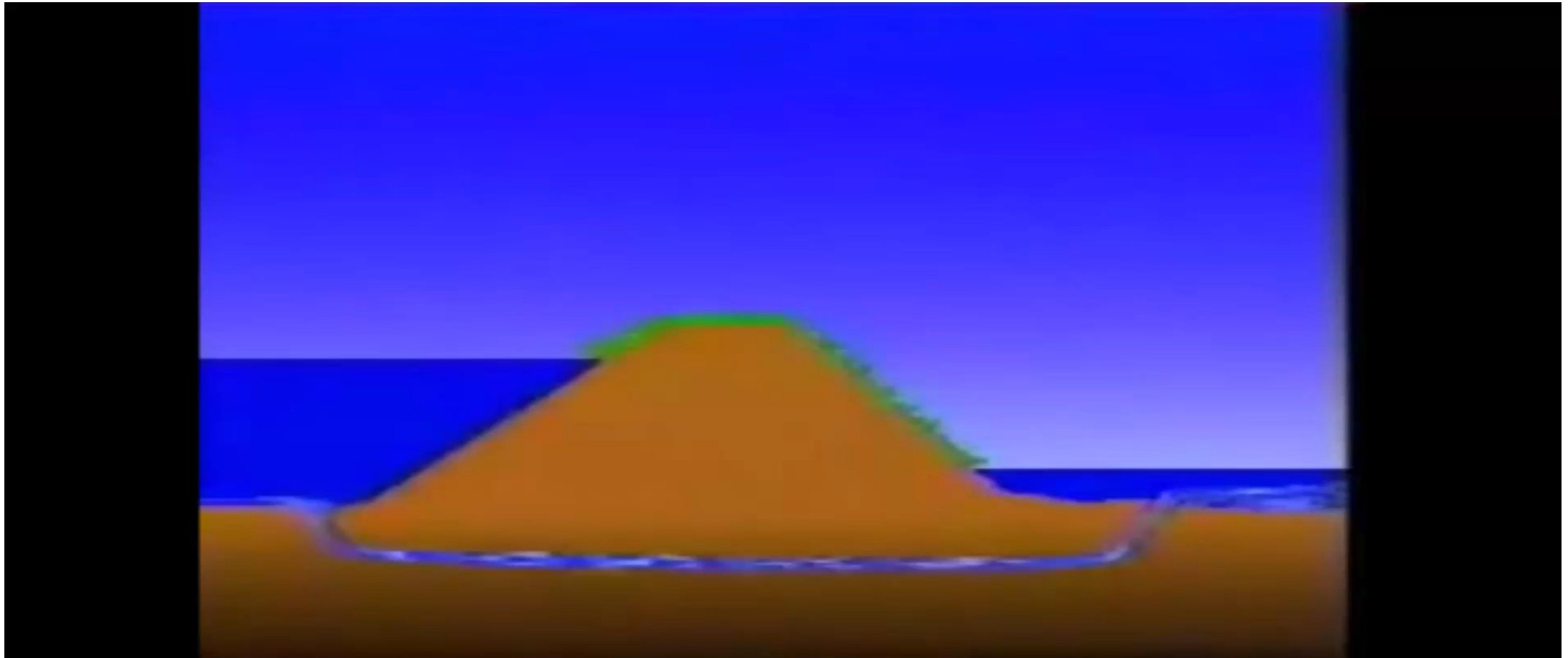


BARRAGEM DE GRAVIDADE





PIPING





ANOMALIAS EM BARRAGENS

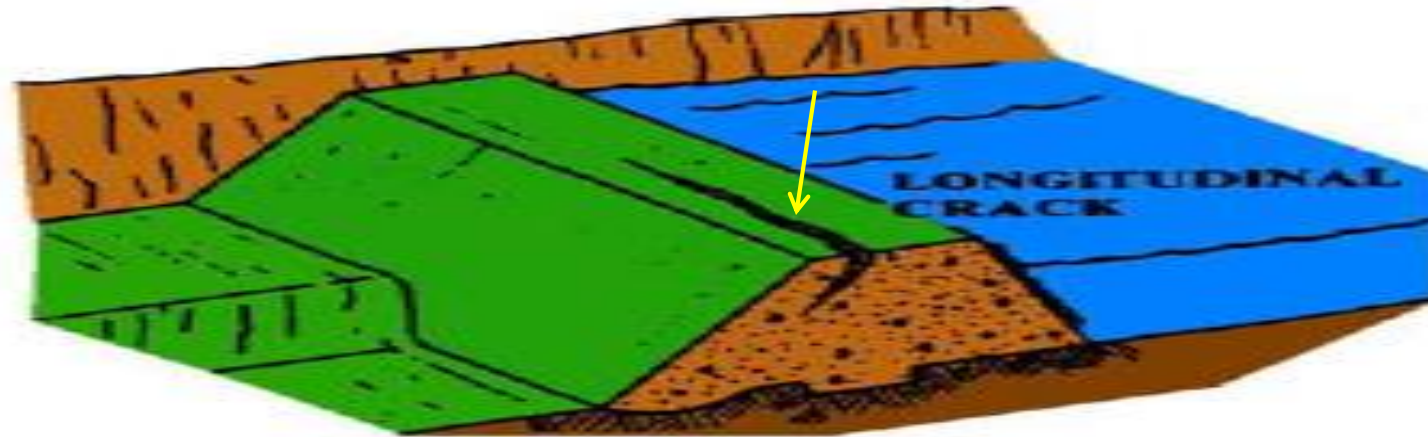
- ANOMALIA
- CAUSA PROVÁVEL
- POSSÍVEL CONSEQÜÊNCIA

ANOMALIAS EM BARRAGENS

CRISTA



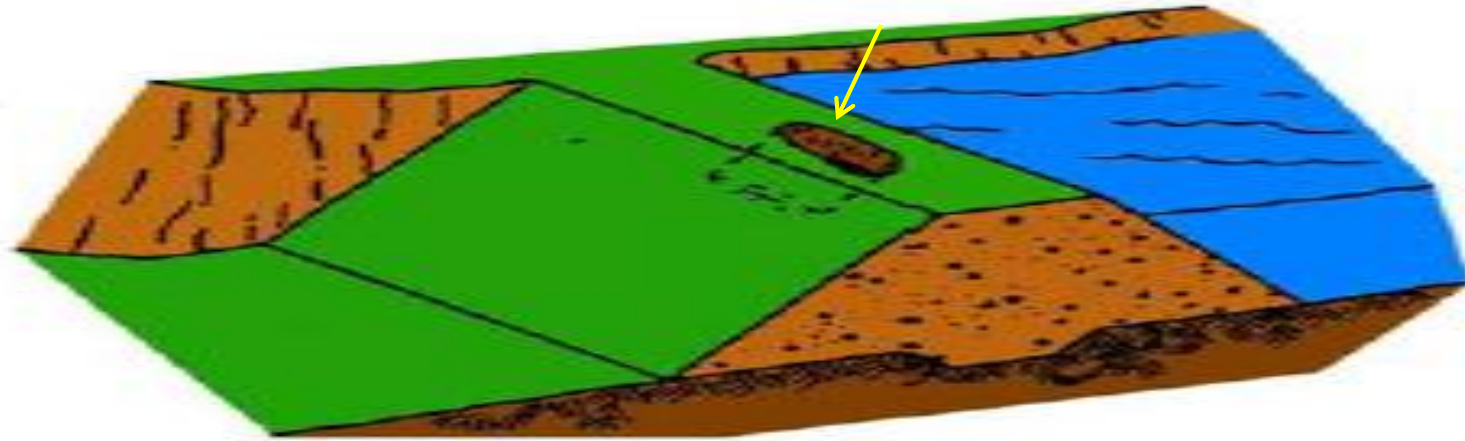
RACHADURA LONGITUDINAL



- Assentamentos diferentes entre seções adjacentes ou zonas do maciço da barragem.
- Falha na fundação causando perda de suporte do maciço.
- Estágios iniciais de deslizamento do maciço.



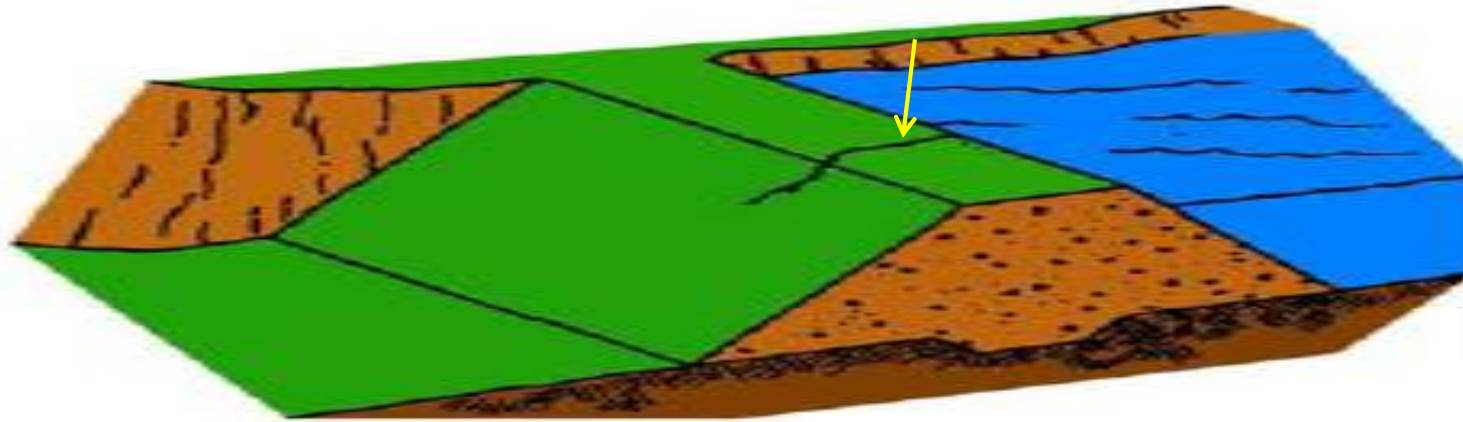
DESABAMENTOS NA CRISTA



- Atividade de roedores.
- Furos na tubulação da tomada d'água estão causando erosão na barragem.
- Erosão interna do maciço devido a infiltração.
- Carreamento de argila dispersiva no interior do maciço, pela água de percolação.



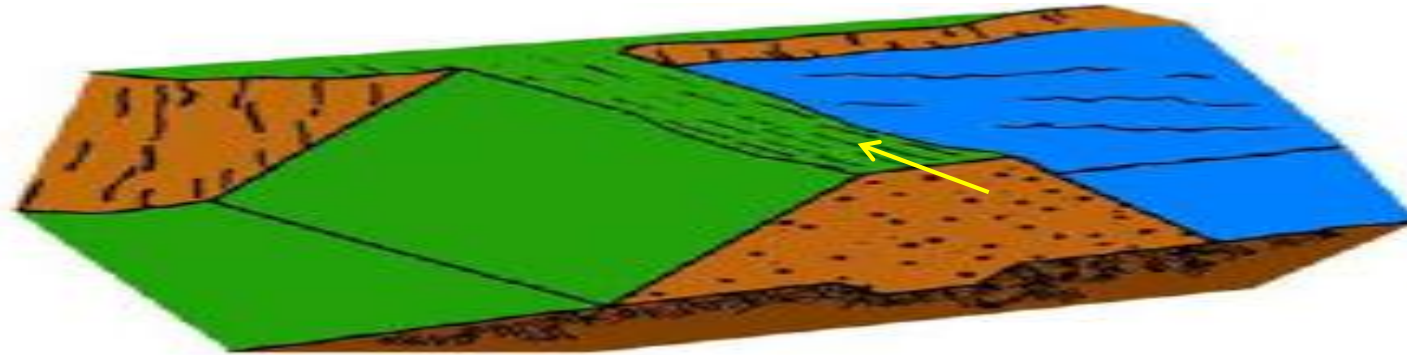
RACHADURAS TRANSVERSAIS



- Movimentos desiguais das partes adjacentes do maciço.
- Deformação causada por tensões ou instabilidade do maciço.

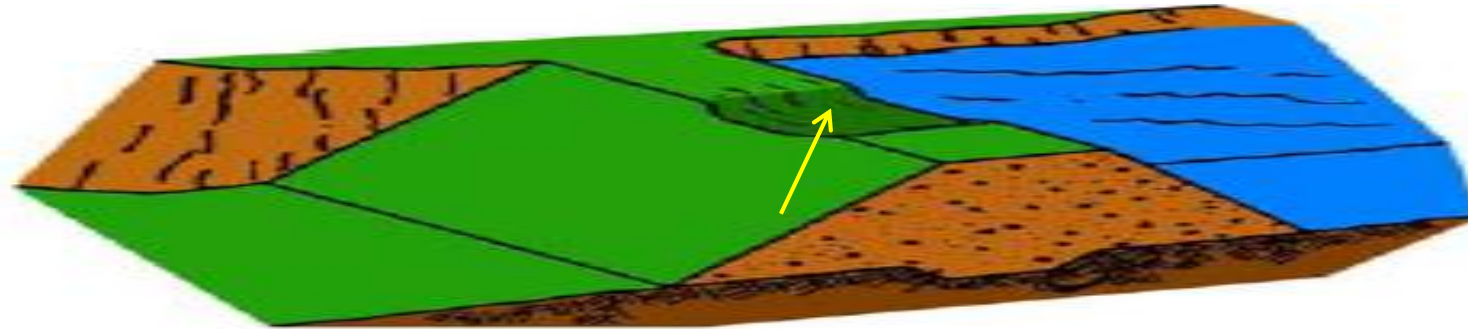


CRISTA DESALINHADA



- Movimentos entre partes adjacentes do maciço.
- Deformação estrutural ou ruptura próxima a área do desalinhamento.

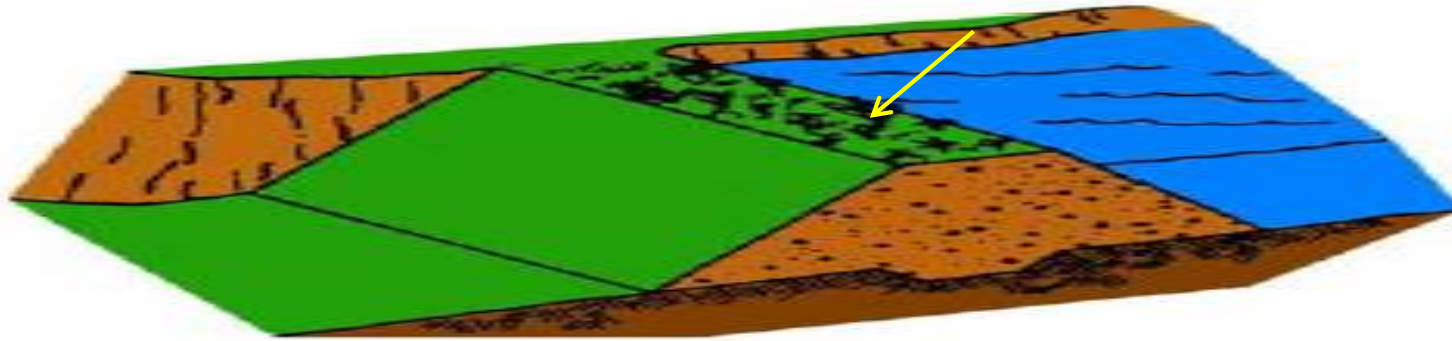
DEPRESSÕES NA CRISTA DA BARRAGEM



- Assentamento excessivo no maciço ou fundação abaixo da área da depressão.
- Erosão interna do maciço da barragem.
- Erosão pelo vento contínuo na área da crista.
- Terraplanagem final inadequada .



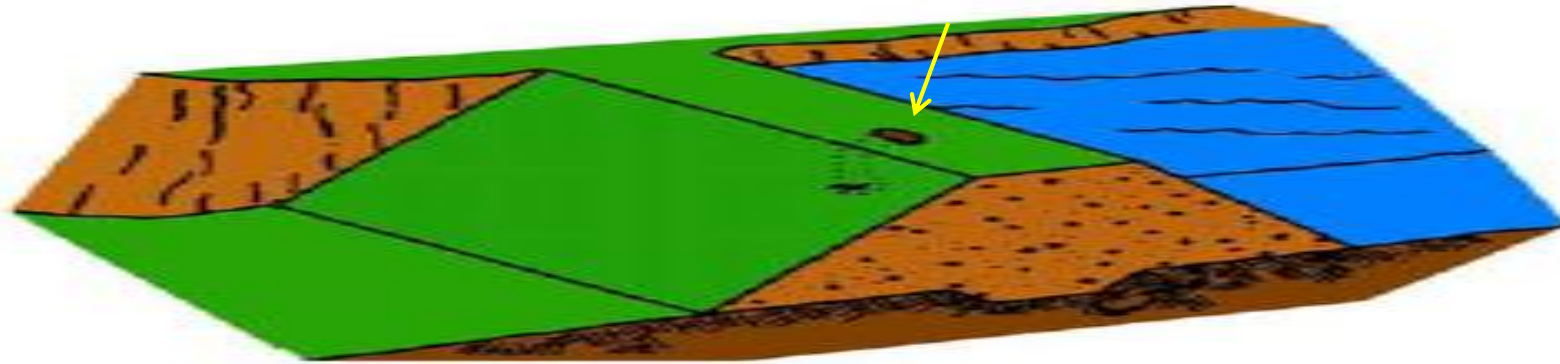
VEGETAÇÃO EXCESSIVA



- Negligência com a barragem e falta procedimentos de manutenção adequada.

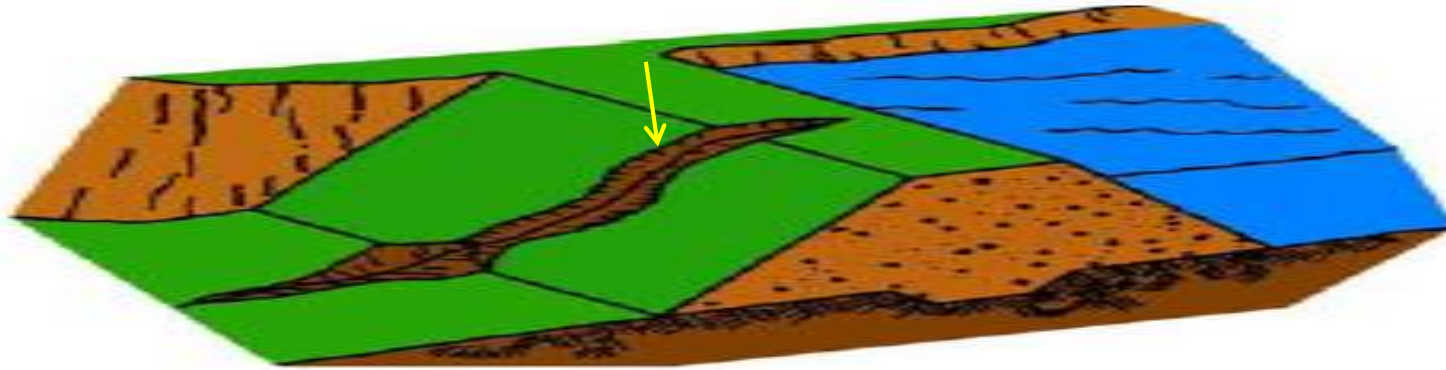


BURACOS DE ANIMAIS E INSETOS



- Grande quantidade de animais e insetos.
- Buracos, túneis e cavernas são causados por tocas de animais, formigueiros e cupinzeiros.
- Certos habitats, com alguns tipos de plantas e árvores, próximos ao reservatório encorajam estes animais e insetos.

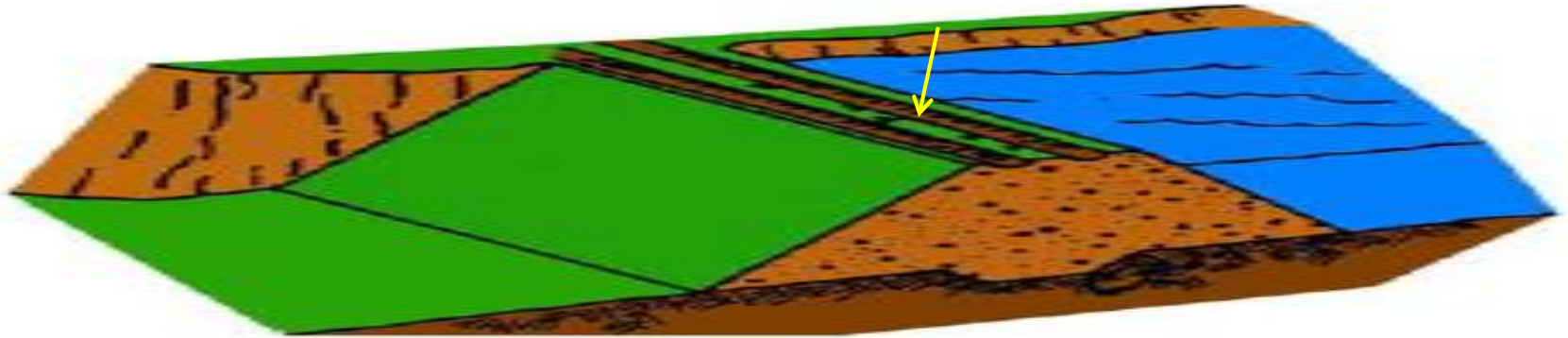
EROSÕES NA CRISTA



- Material mal graduado e drenagem inadequada da crista com concentração do fluxo de água superficial diretamente sobre o maciço.
- Capacidade inadequada do sangradouro, provocando o transbordamento da barragem.

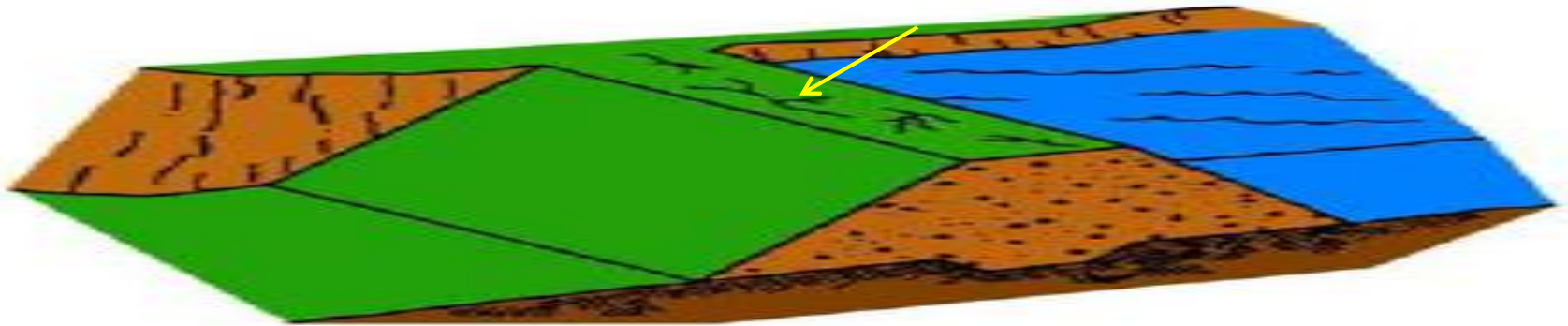


TRILHAS AO LONGO DA CRISTA



- Tráfego de veículos pesados sem a manutenção adequada da superfície da crista.

RACHADURAS DEVIDO AO RESSECAMENTO

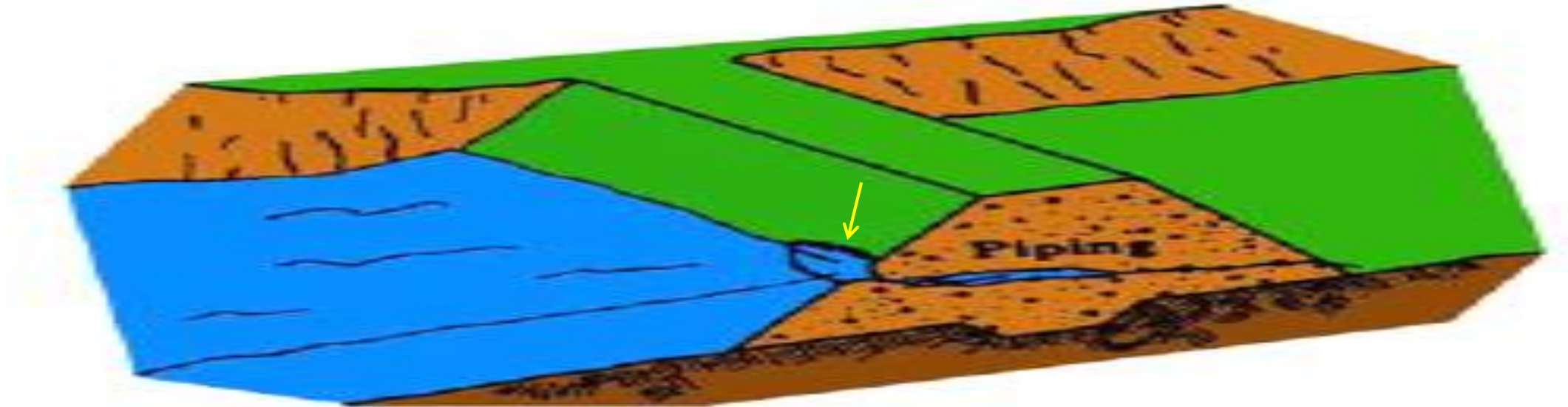


- O solo expande e contrai com a alternância dos processos de umedecimento e ressecamento que acompanham o clima. As rachaduras devido ao ressecamento são curtas, rasas, finas e numerosas.

ANOMALIAS EM BARRAGENS

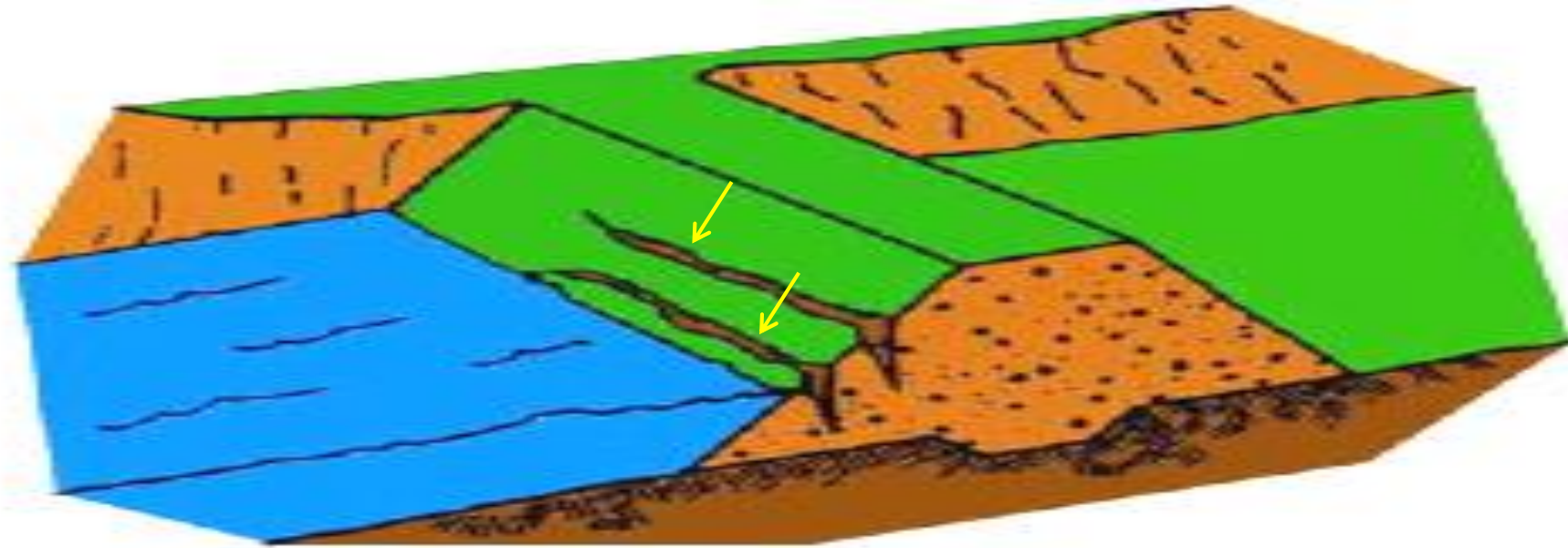
TALUDE DE MONTANTE

SUMIDOUROS



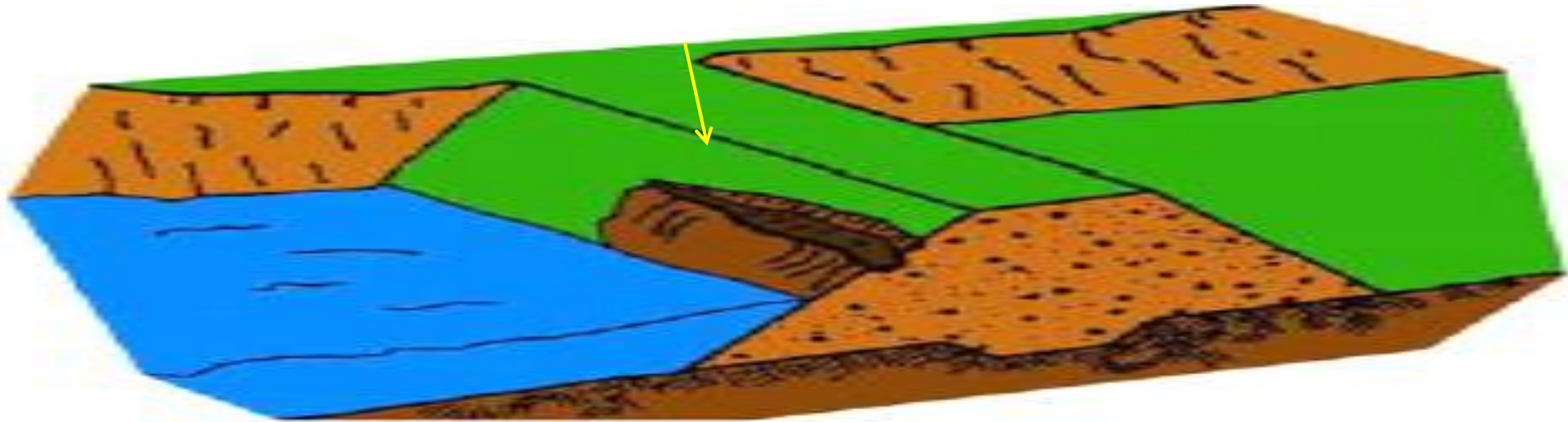
- Erosão interna do maciço ou fundação .
- O desabamento de caverna criada pela erosão.
- Um furo na tubulação da tomada d'água
- Água barrenta na saída indica erosão na barragem.

RACHADURAS GRANDES



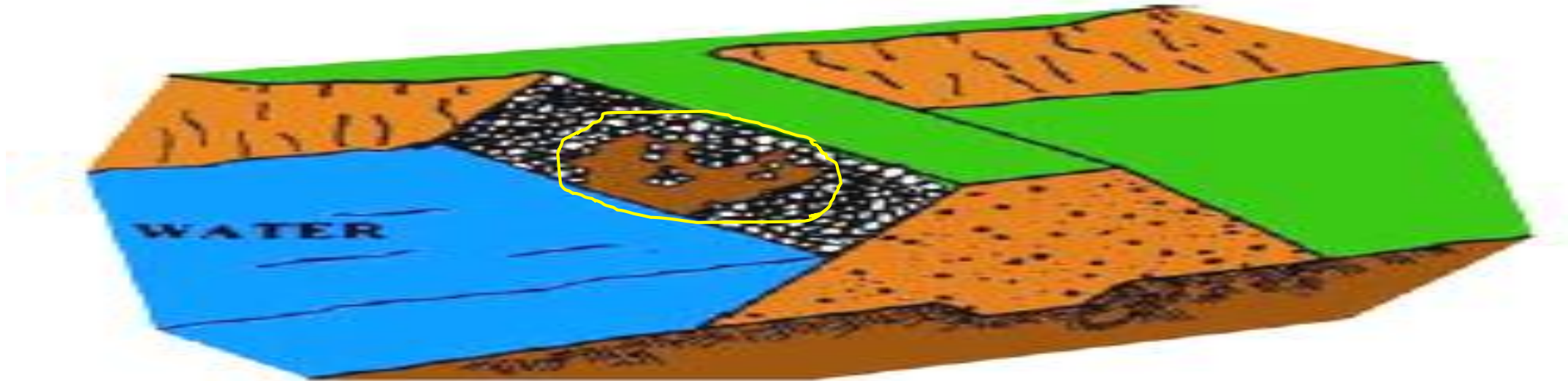
- Uma porção do maciço se moveu devido a perda de resistência, ou a fundação pode ter se movido causando um deslocamento no maciço.

AFUNDAMENTOS OU ESCORREGAMENTOS



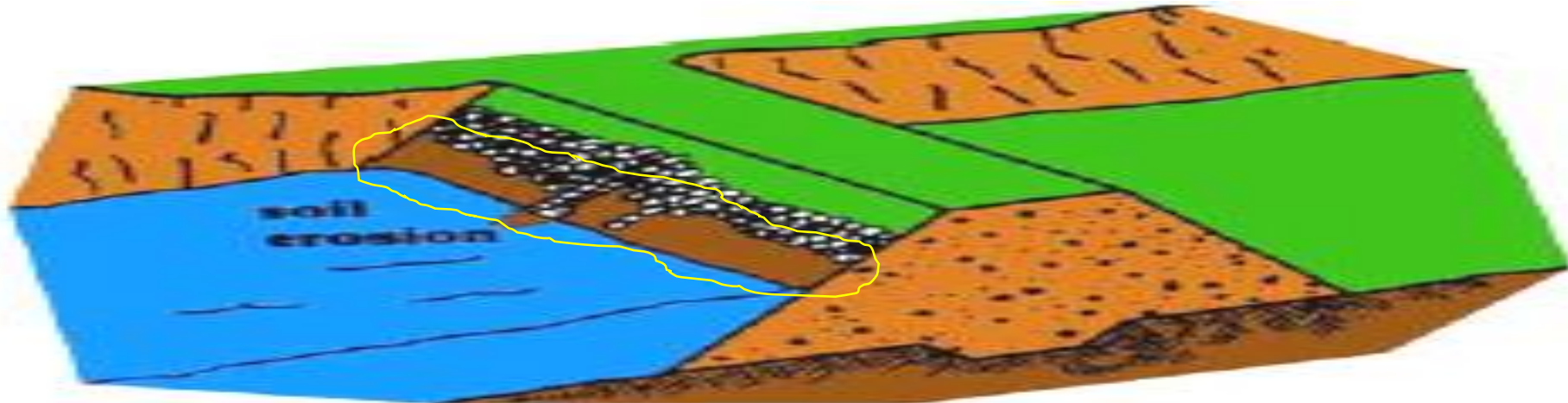
- Terra ou pedras deslizaram pelo talude devido a sua inclinação exagerada ou ao movimento da fundação. Examinar a ocorrência de movimentos de terra na bacia do reservatório produzidos por deslizamentos.

RIP-RAP INCOMPLETO, DESTRUÍDO OU DESLOCADO



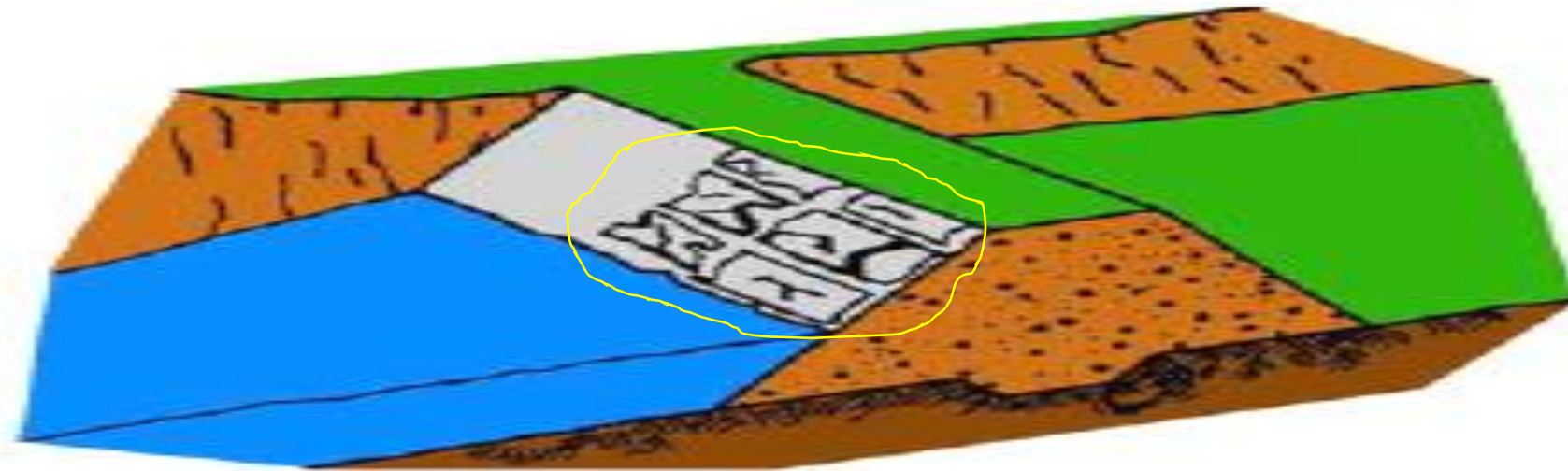
- Deterioração de rip-rap de má qualidade. A ação das ondas deslocou o rip-rap. Pedras redondas ou de mesmo tamanho rolaram talude abaixo.

EROSÃO POR TRÁS DO RIP-RAP MAL GRADUADO



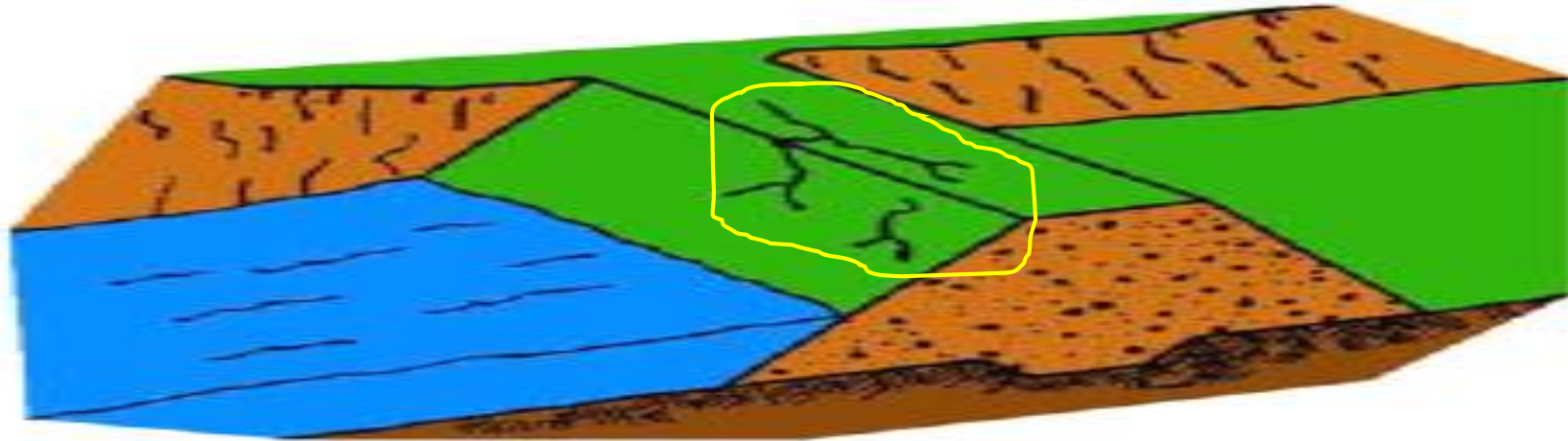
- Pedras de tamanhos aproximadamente iguais permitem que as ondas passem entre elas e venham a erodir a camada intermediária de proteção, se esta não for bem graduada, e o solo do maciço subjacente.

FACE DE CONCRETO RACHADA OU DETERIORADA



- Concreto deteriorado devido ao intemperismo. Material de preenchimento das juntas deteriorado ou removido.

RACHADURAS DEVIDO AO RESSECAMENTO

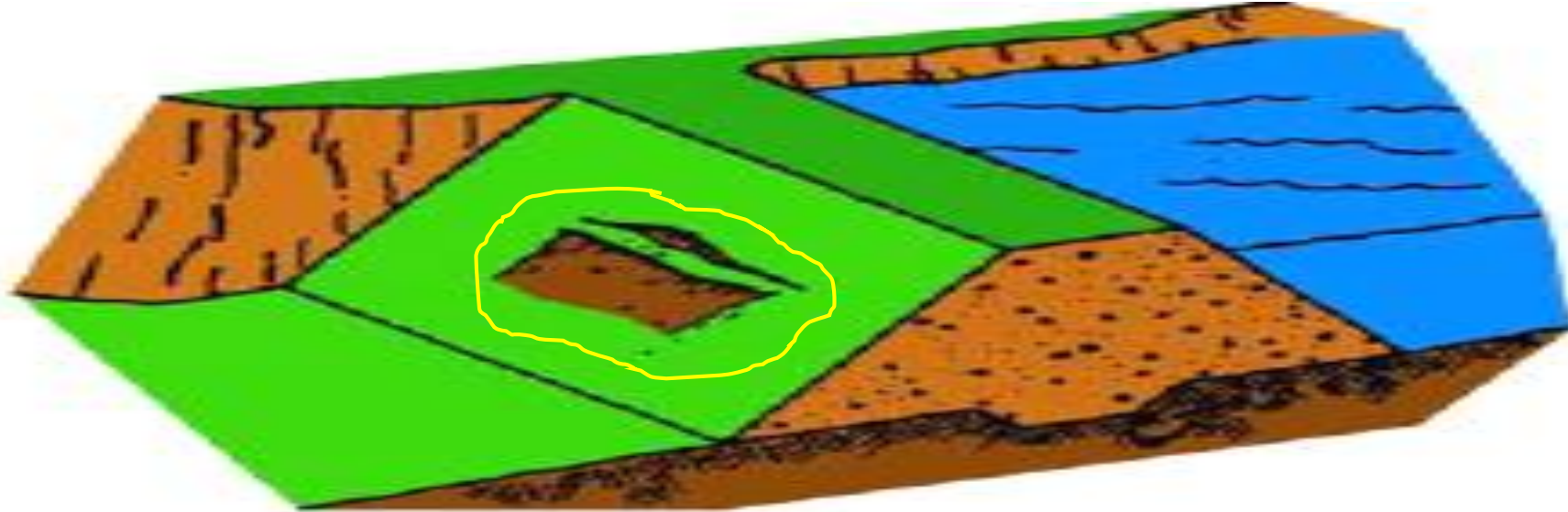


- O solo perde a umidade e sofre contração, causando as rachaduras. Geralmente vistas na crista e talude de jusante.

ANOMALIAS EM BARRAGENS

TALUDE DE JUSANTE

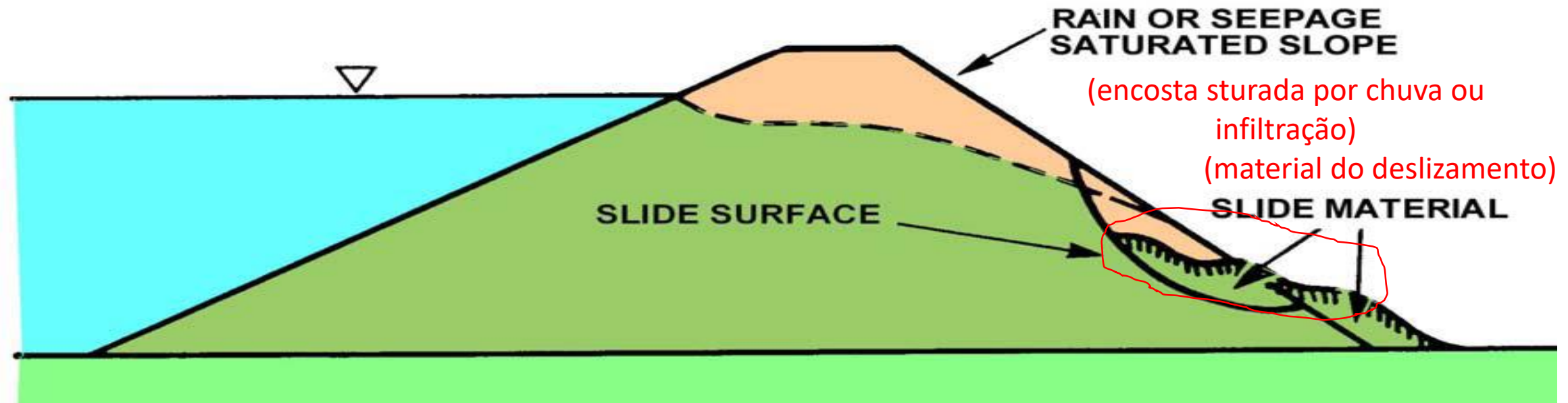
DESLIZAMENTO/ENCHARCAMENTO



- Falta ou perda de resistência do material do maciço da barragem.
- A perda de resistência pode ser atribuída à infiltração de água no maciço ou falta de suporte da fundação.

DESLIZAMENTO SUPERFICIAL

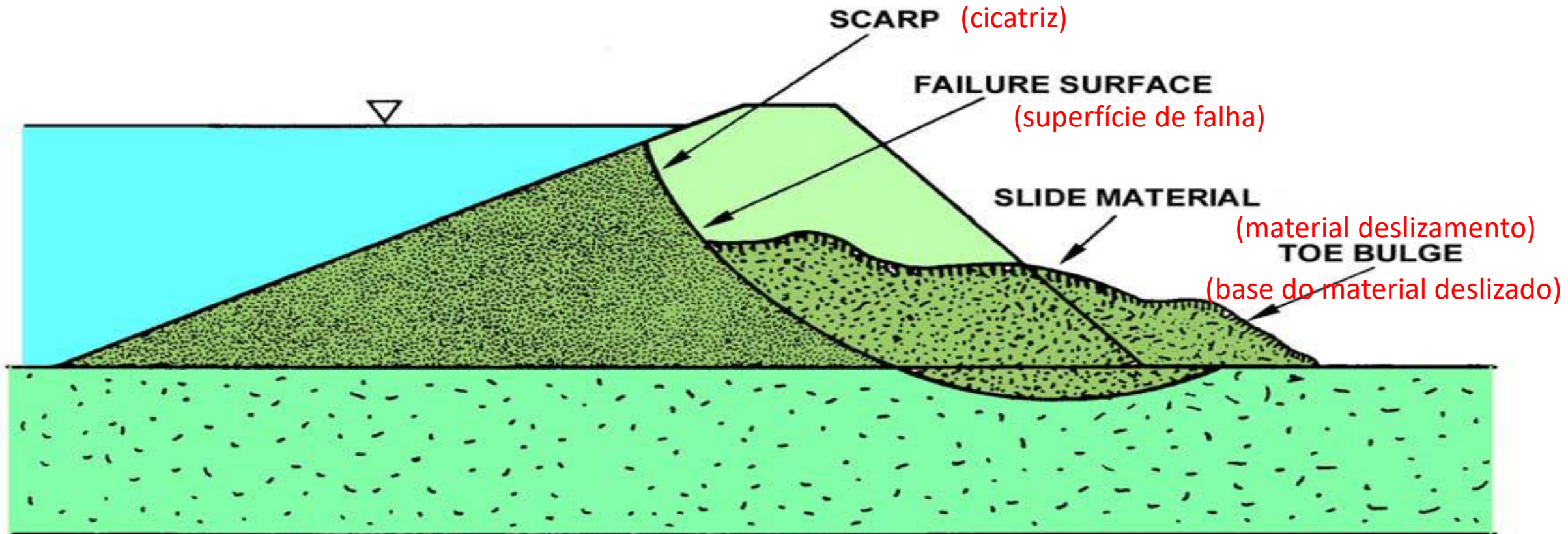
SHALLOW SLIDE (deslizamento raso)



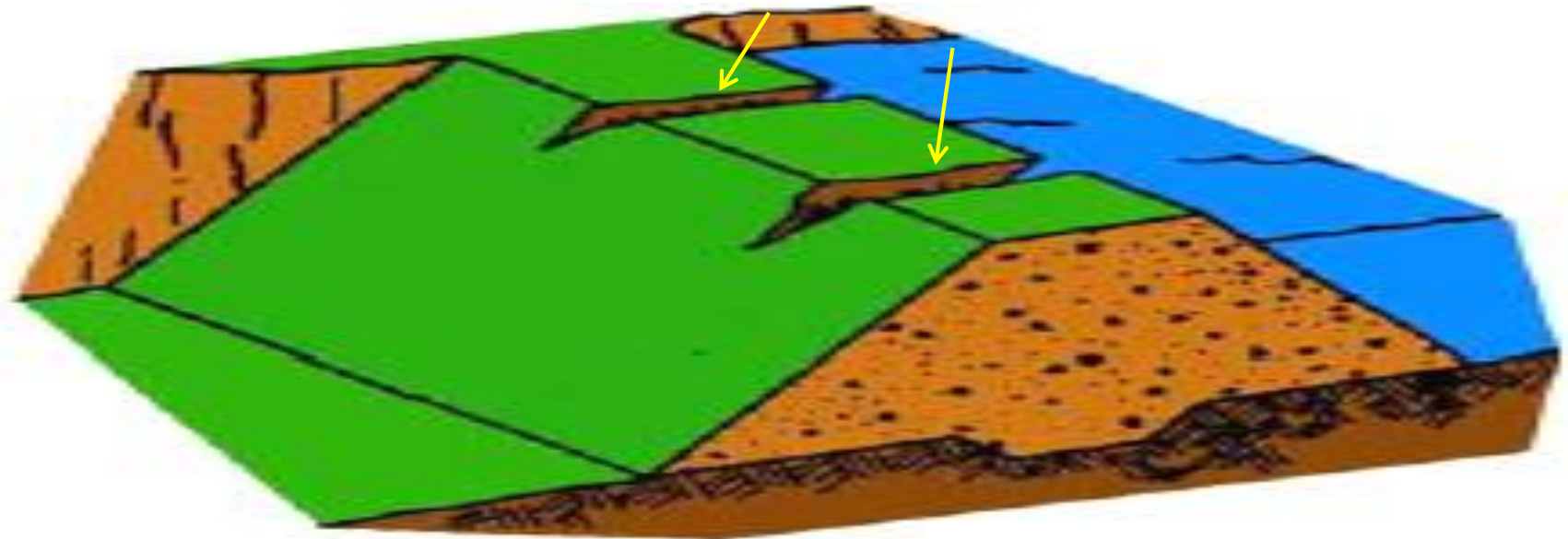


DESLIZAMENTO PROFUNDO

DEEP-SEATED SLIDE (deslizamento profundo)

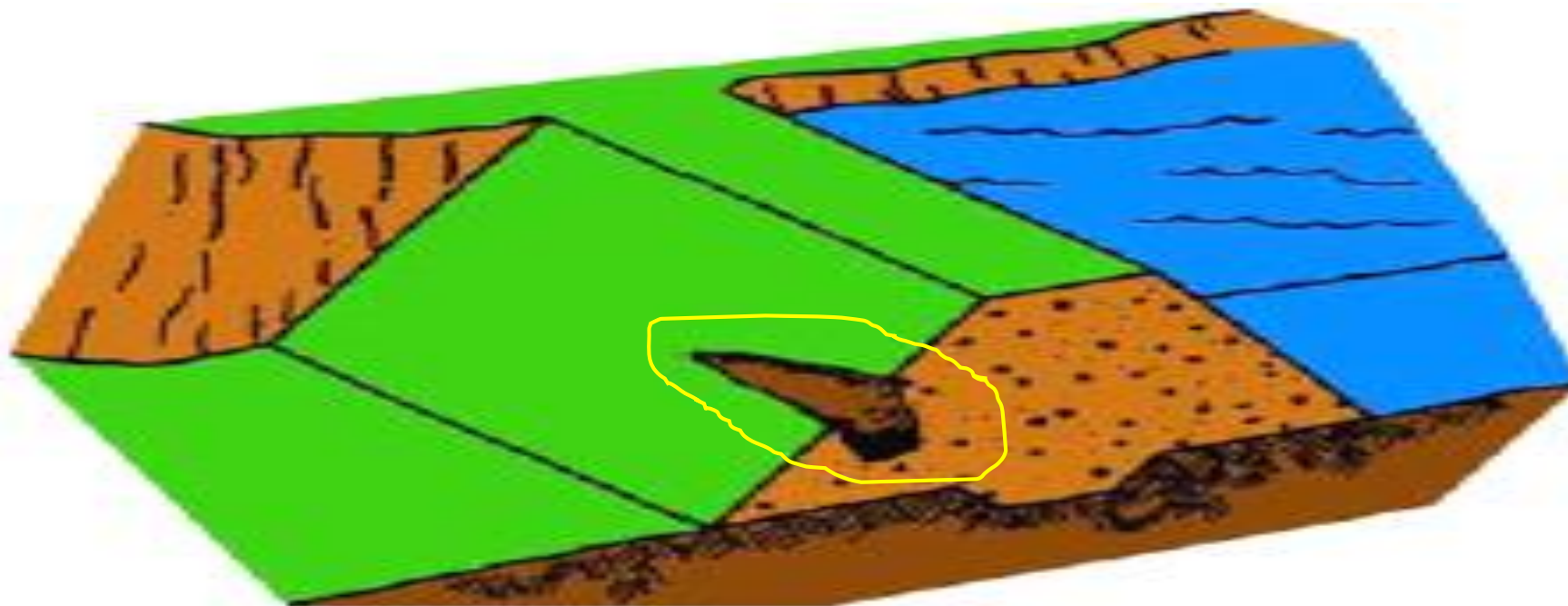


RACHADURAS TRANSVERSAIS



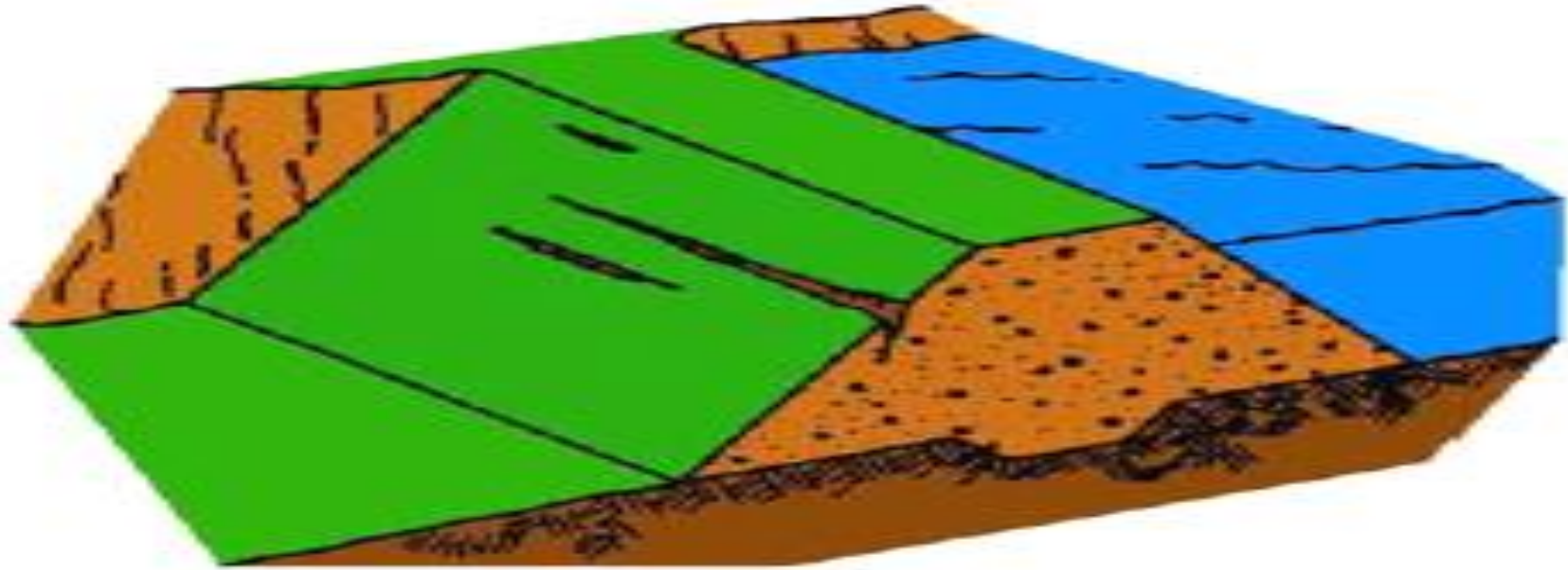
- Recalque diferenciado do maciço da barragem também provoca rachaduras transversais (por exemplo: o centro recalcando mais que as ombreiras).

DESABAMENTO/COLAPSO



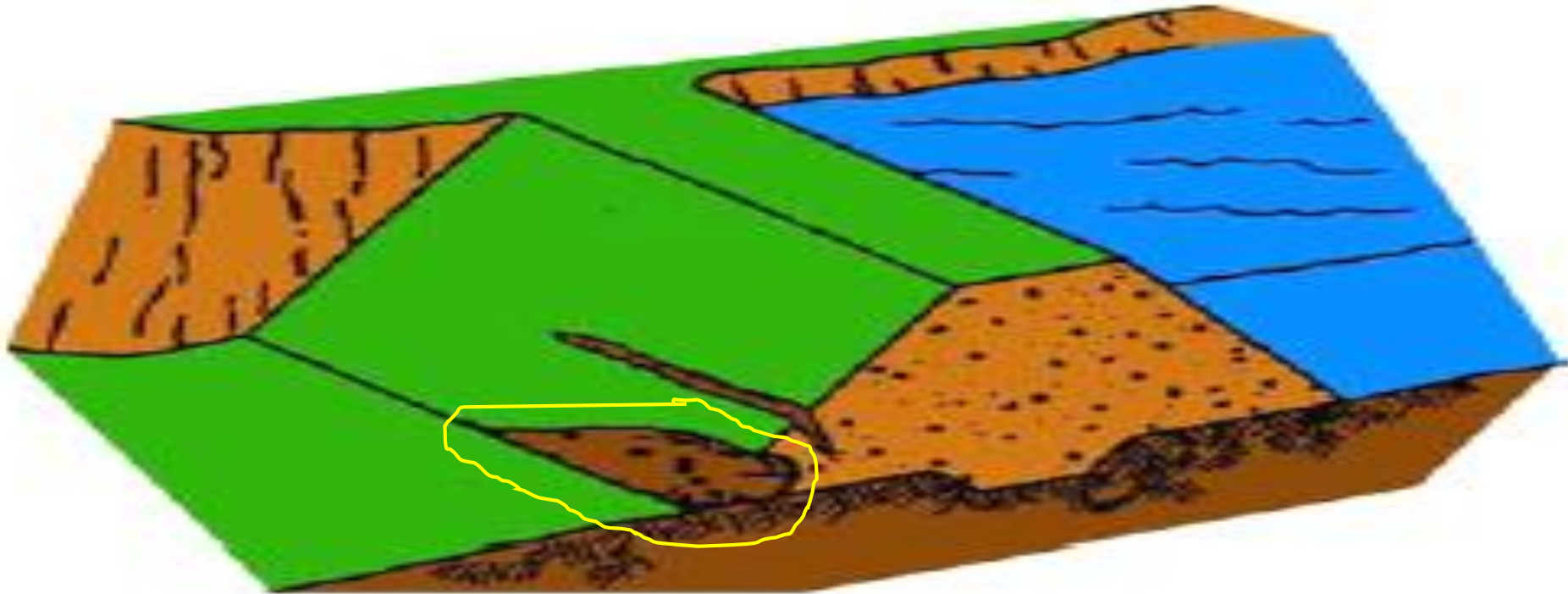
- Falta de uma compactação adequada.
- Tocas de animais.
- Piping através do maciço ou fundação.

RACHADURAS LONGITUDINAIS



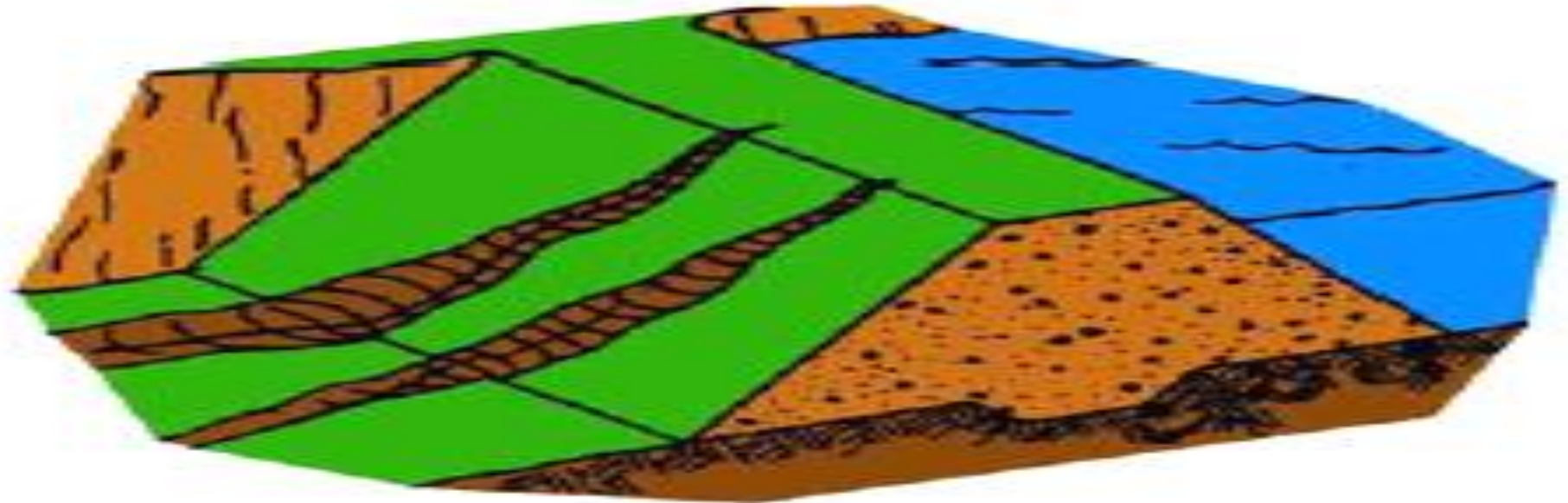
- Ressecamento ou retração do material de superfície.
- Deformação para jusante devida a recalque do maciço.

AFUNDAMENTOS (localizados)



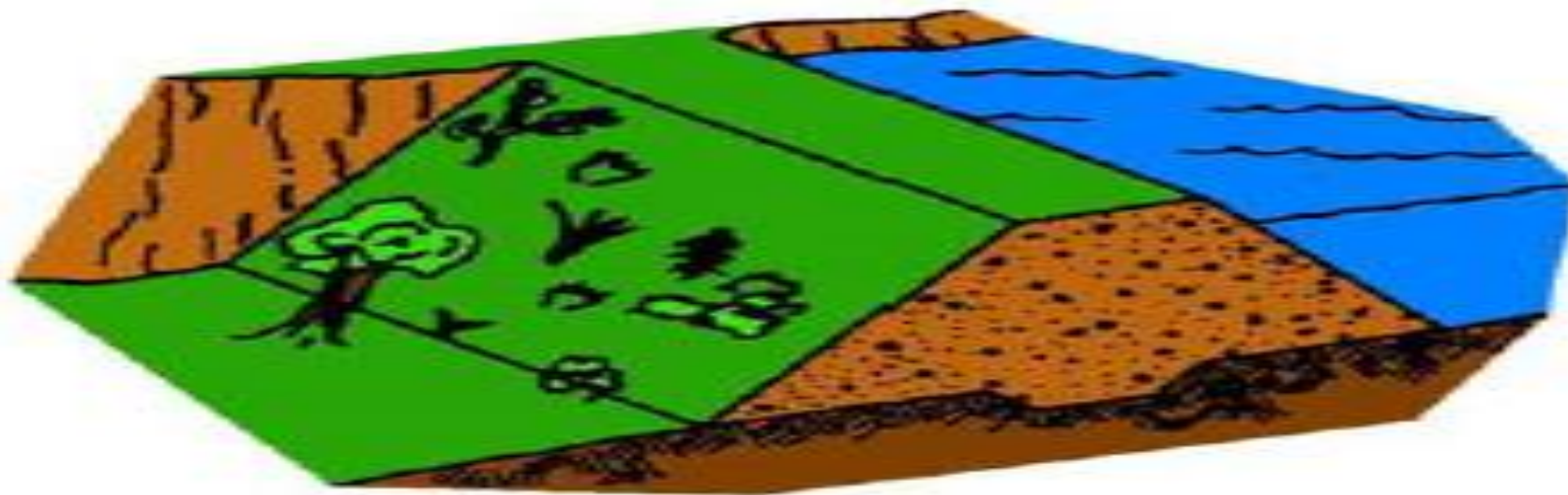
- Resultante de erosão que descalçou uma parte do talude. Também pode ser encontrado em taludes muito íngremes.

EROSÃO



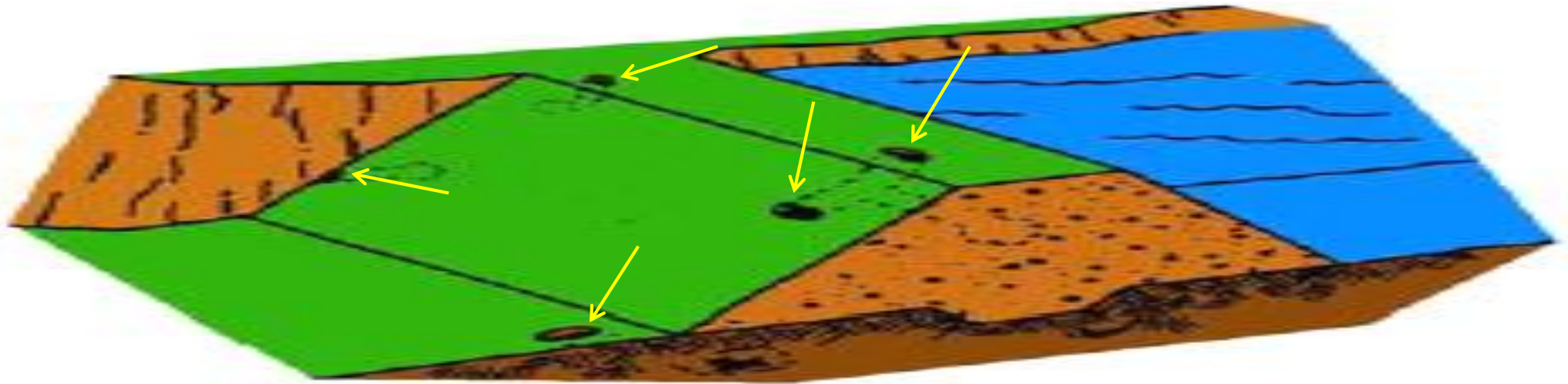
- Águas de chuvas carregam material da superfície do talude produzindo valas de erosão.

ÁRVORES/ARBUSTOS



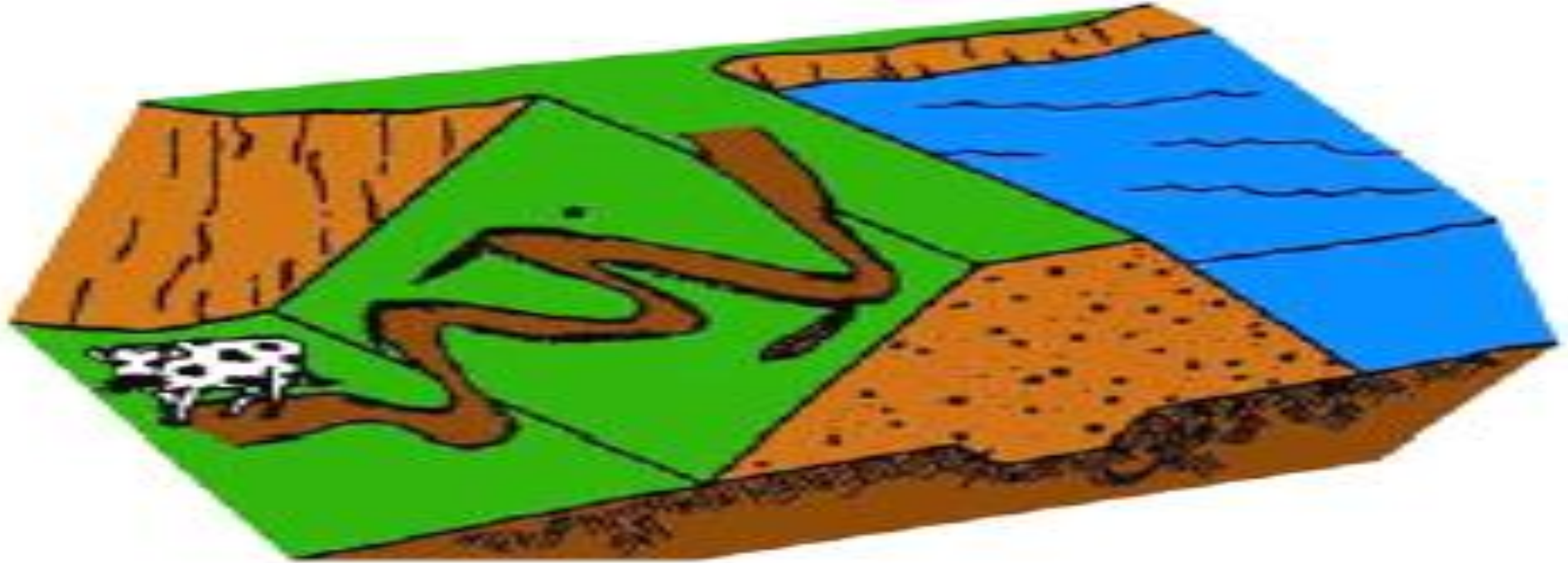
- Vegetação natural da área.
- Negligência com a barragem e falta procedimentos de manutenção adequada.

ATIVIDADES DE ANIMAIS E INSETOS



- Grande quantidade de animais e insetos. Buracos, túneis e cavernas são causados por tocas de animais, formigueiros e cupinzeiros. Certos habitats, com alguns tipos de plantas e árvores, próximos ao reservatório encorajam estes animais e insetos.

TRÁFEGO DE ANIMAIS E GADO

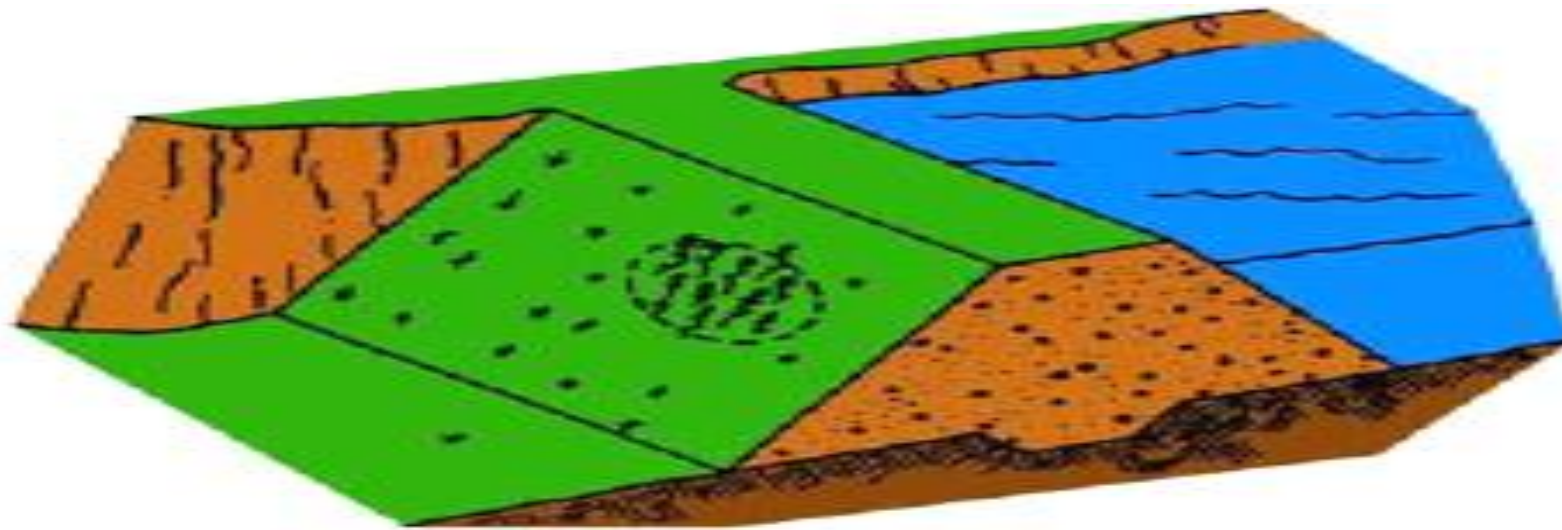


- Tráfego excessivo de animais especialmente danoso quando o talude está molhado.

ANOMALIAS EM BARRAGENS

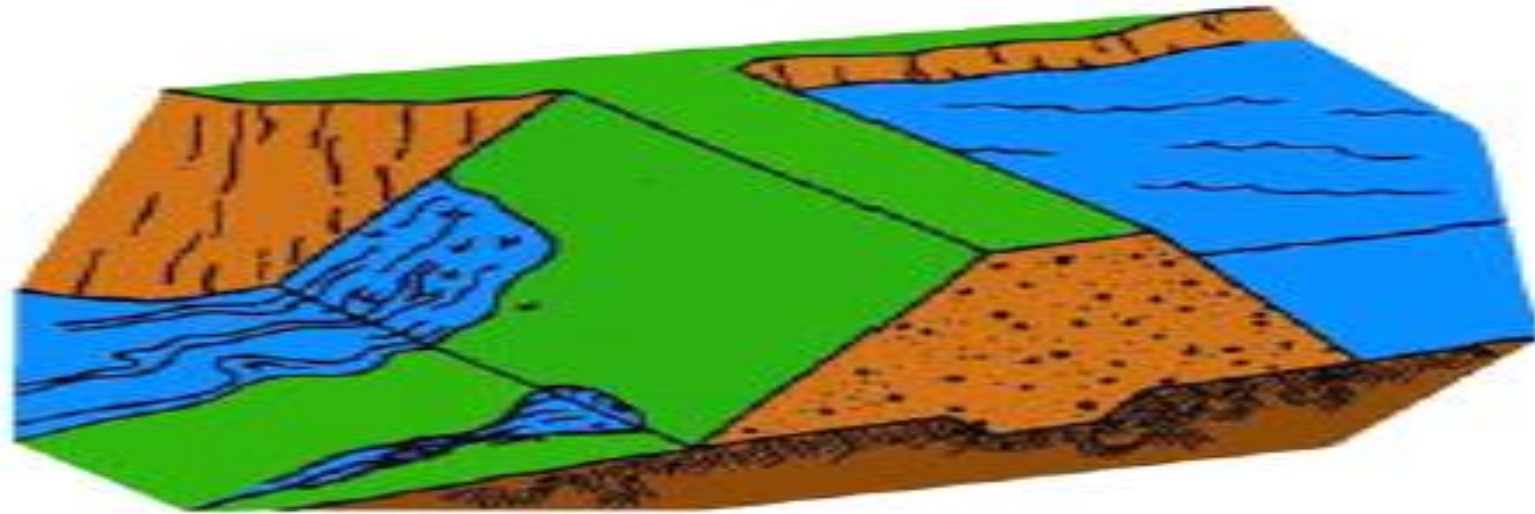
INFILTRAÇÕES E FUGAS DE ÁGUA NA BARRAGEM

MUDANÇA ACENTUADA NA VEGETAÇÃO



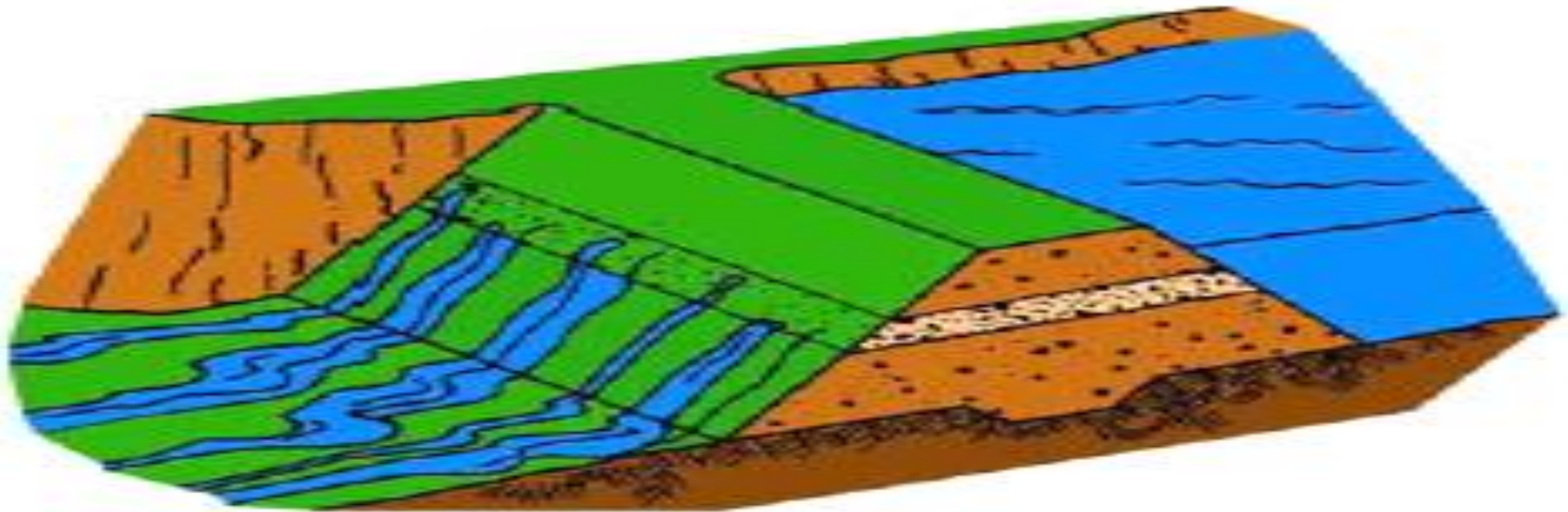
- O material do maciço na área está permitindo fluxo de água.

GRANDE ÁREA MOLHADA OU PRODUZINDO FLUXO



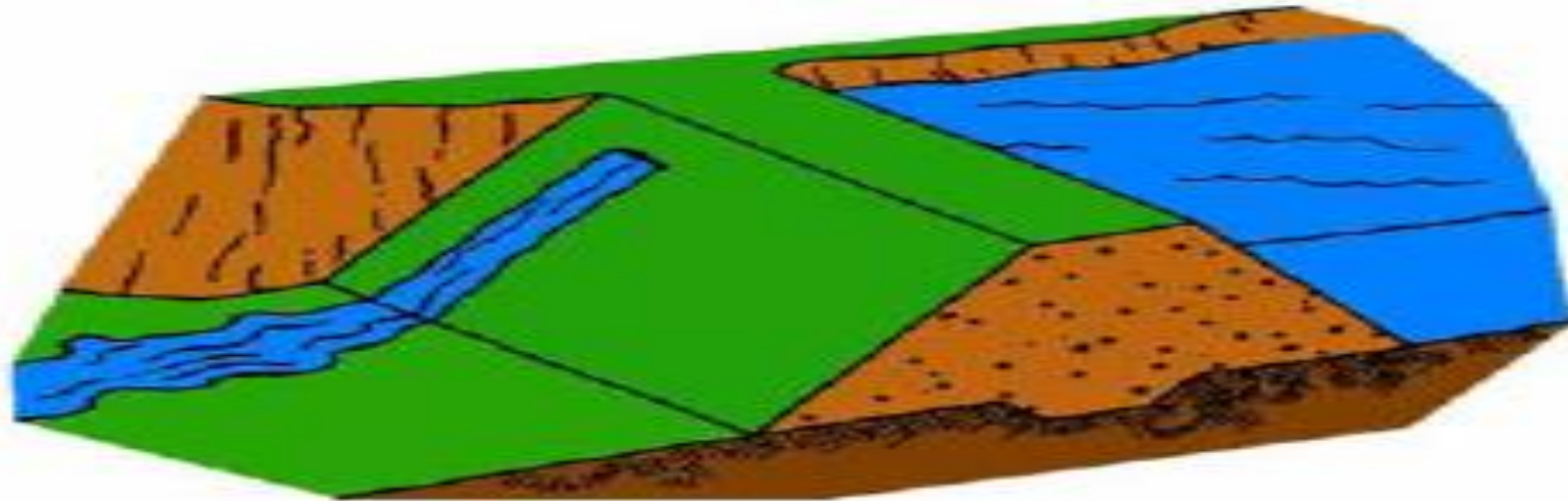
- Um caminho preferencial de percolação desenvolveu-se através da ombreira ou do maciço.

ÁREA MOLHADA EM UMA FAIXA HORIZONTAL



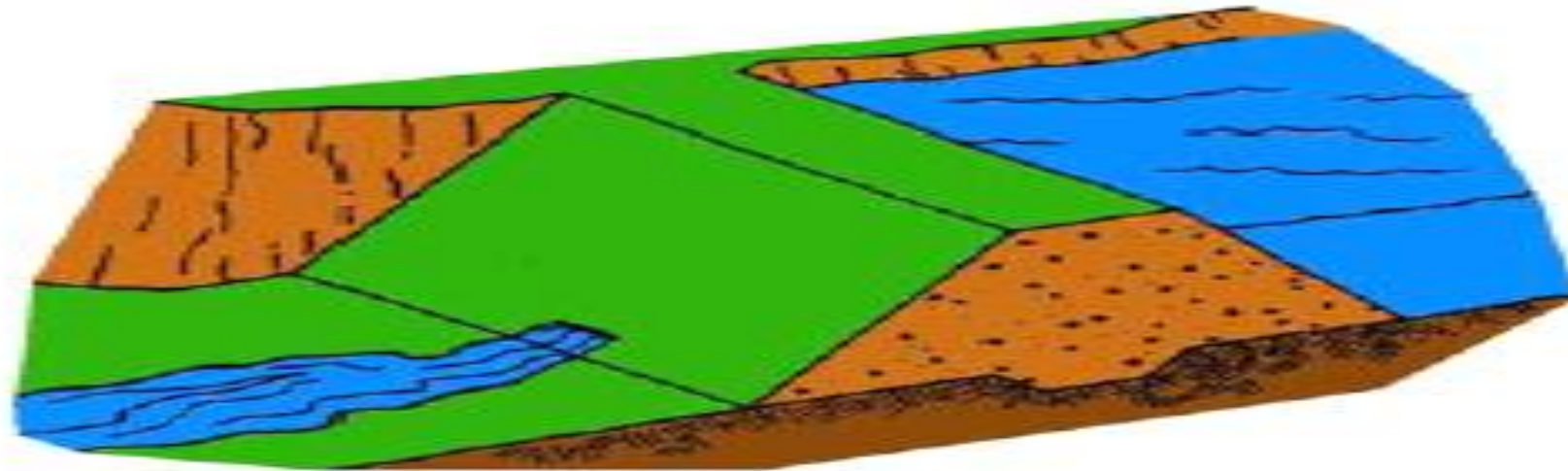
- Camada de material permeável usado na construção do maciço.

FUGA DE ÁGUA LOCALIZADA NA PARTE ALTA DO TALUDE



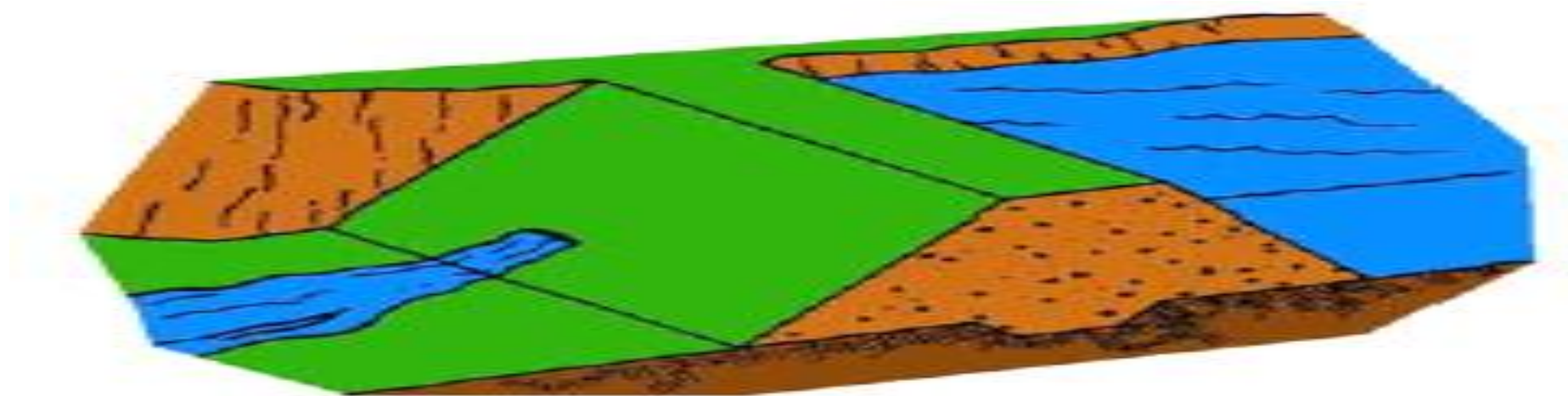
- Buracos de animais ou problemas construtivos permitiram que a água abrisse uma passagem através do maciço.

FUGA DE ÁGUA LOCALIZADA



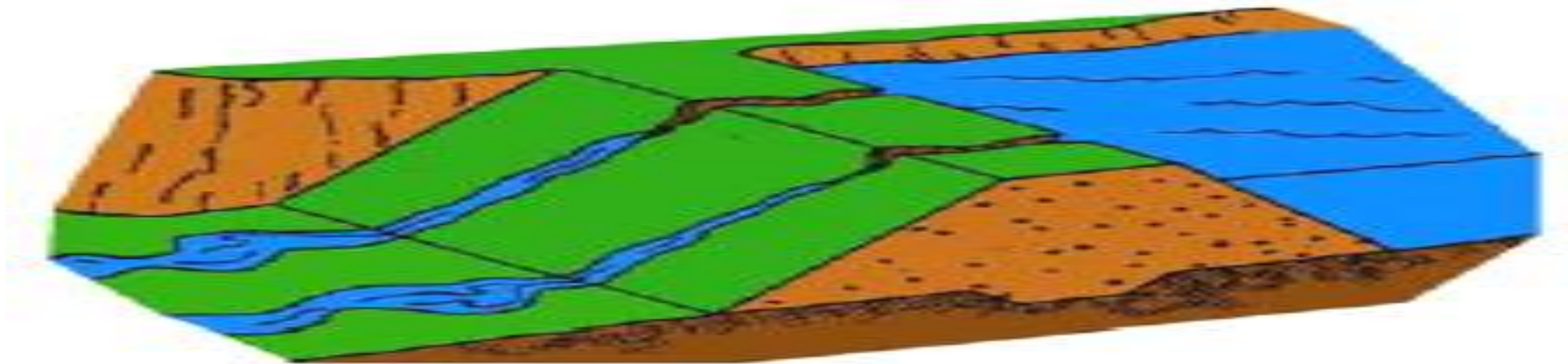
- A água encontrou ou abriu uma passagem através do maciço.

FUGA LOCALIZADA DE ÁGUA “BARRENTA”



- A água encontrou ou abriu uma passagem através do maciço e está erodindo e carreando o material do maciço.

FUGA DE ÁGUA ATRAVÉS DE RACHADURAS PRÓXIMAS À CRISTA



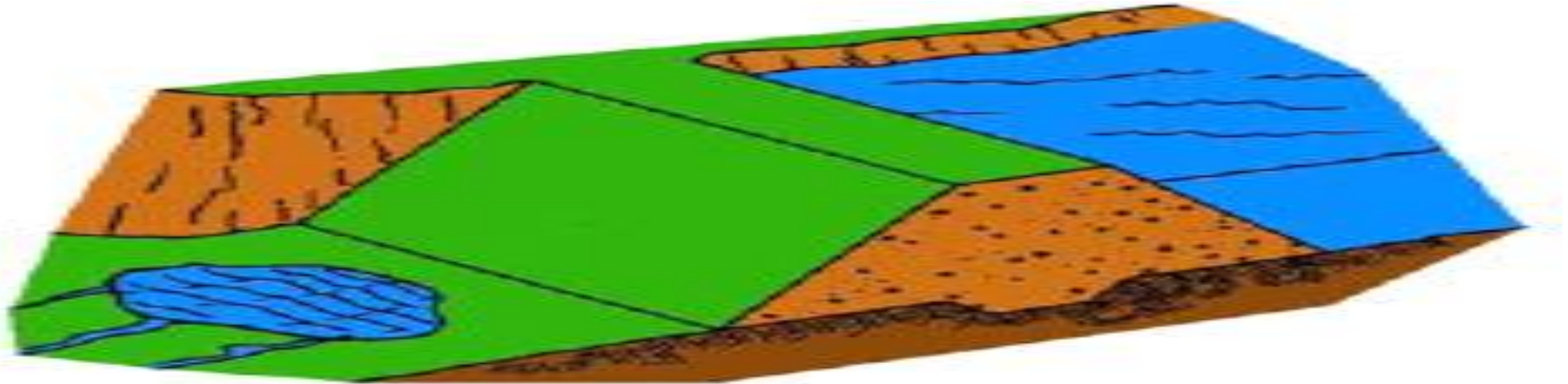
- Intenso ressecamento provocou o surgimento de rachaduras no topo do maciço.
- Recalques no maciço ou na fundação estão causando rachaduras transversais.

VAZAMENTOS VINDO DAS OMBREIRAS



- Fluxo de água através de zona permeável ou fratura da rocha nas ombreiras.

FLUXO BORBULHANDO A JUSANTE DA BARRAGEM



Alguma parte do maciço de fundação está permitindo a passagem da água com facilidade:

- ✓ camada permeável na fundação
- ✓ fratura na rocha subjacente não injetada

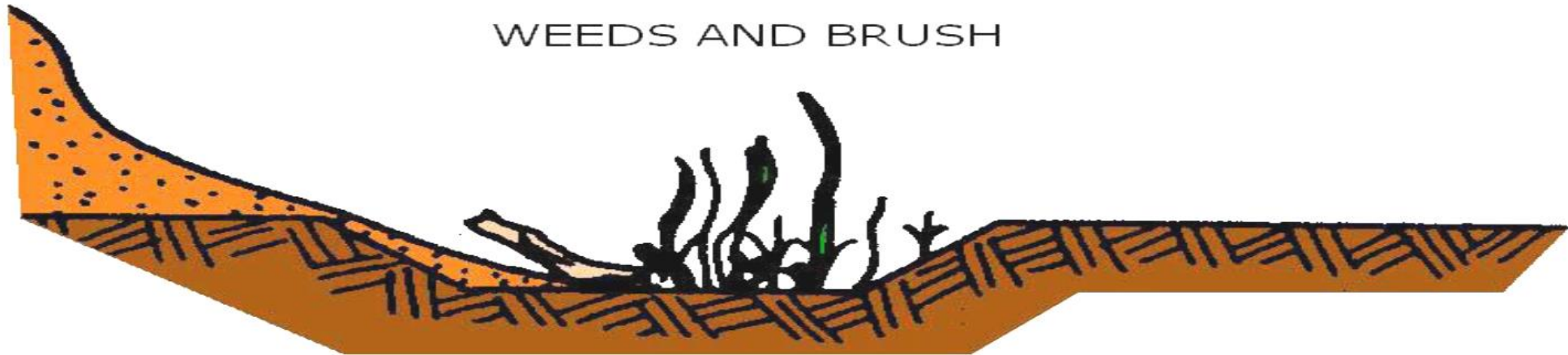
ANOMALIAS EM BARRAGENS

VERTEDOURO

VEGETAÇÃO EXCESSIVA OU DETRITOS NO CANAL

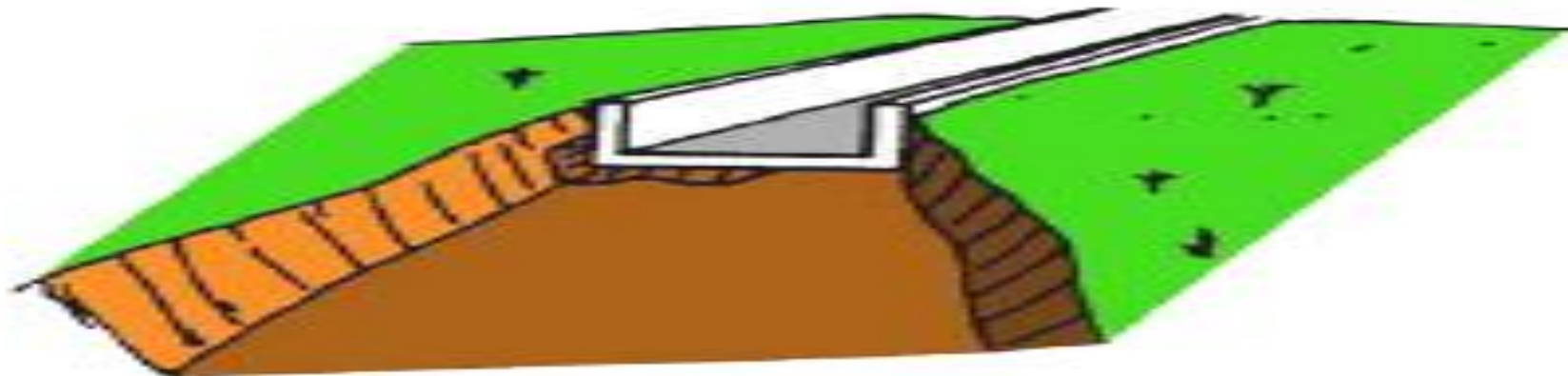
(ervas daninhas e arbustos)

WEEDS AND BRUSH



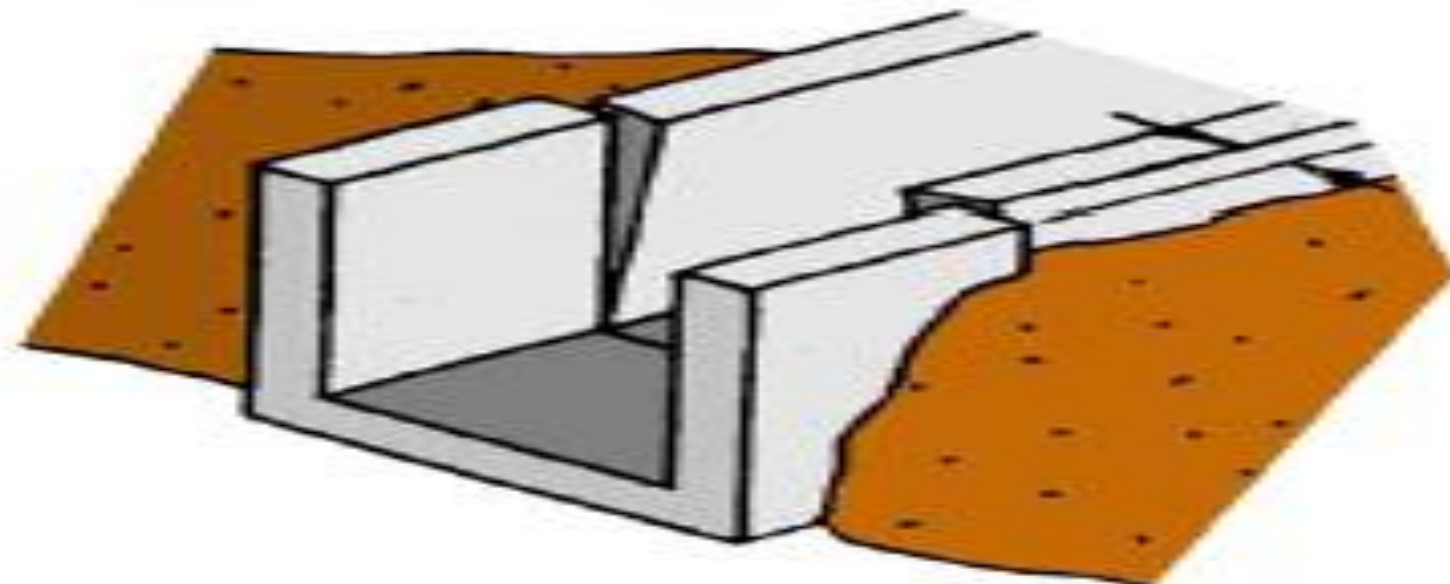
- Acúmulo de material escorregado, árvores mortas, crescimento excessivo de vegetação, etc., no canal do vertedouro

DESCALÇAMENTO POR EROSÃO NO FINAL DO VERTEDOURO



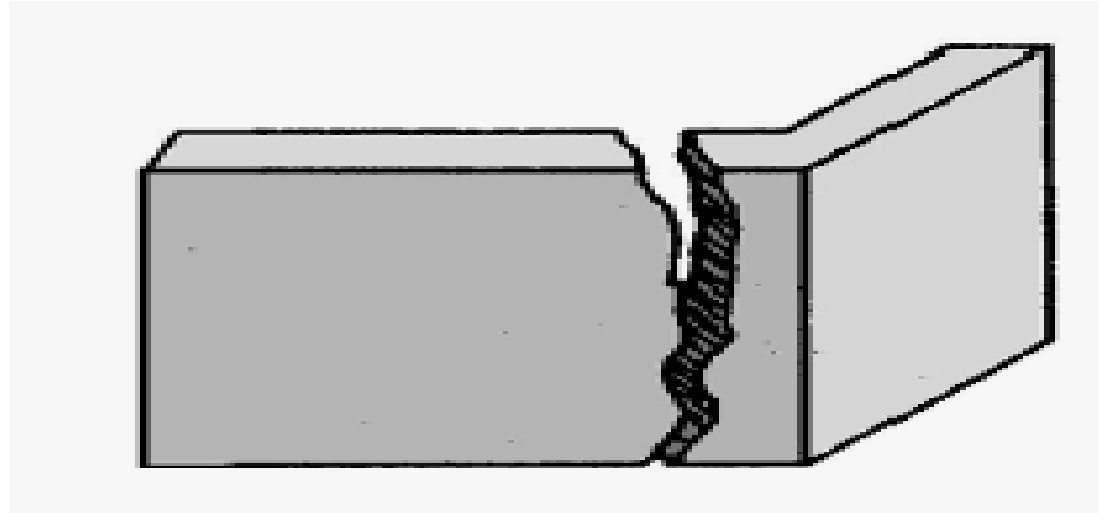
- Configuração inadequada da bacia de dissipação.
- Materiais altamente erosivos.
- Falta de uma cortina de contenção no final da calha.

PAREDE DESLOCADA



- Falha na execução.
- Recalque diferencial da fundação.
- Pressão excessiva do aterro ou da água.
- Armadura insuficiente do concreto.

RACHADURAS GRANDES



- Falha de construção.
- Concentração localizada de tensões.
- Deterioração localizada do material.
- Falha na fundação.
- Pressão excessiva do reaterro externo.

DETERIORAÇÃO DA ESTRUTURA DE CONCRETO



- Uso de materiais impróprios ou manutenção inadequada



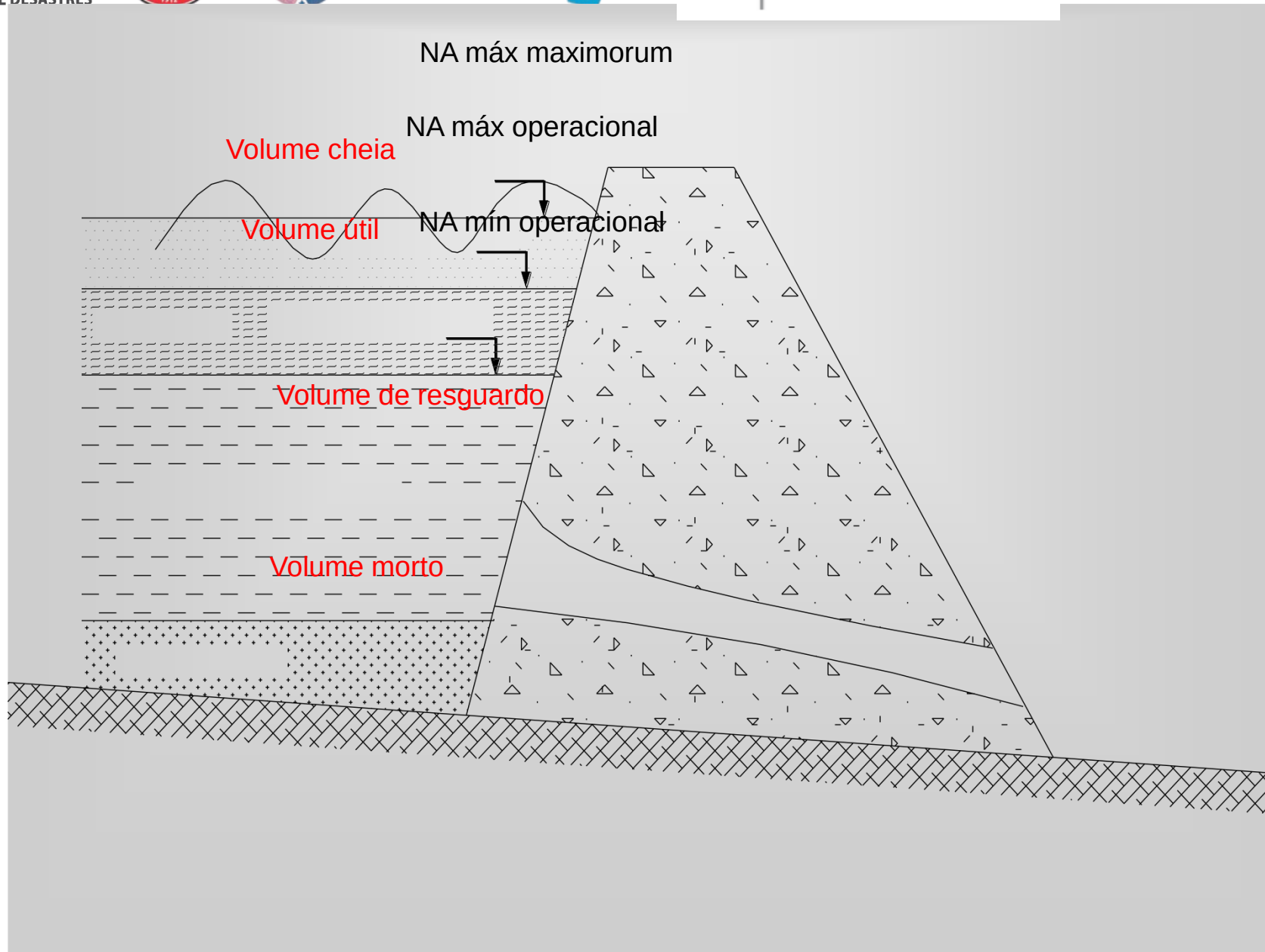
Figura 24. Gado circulando e pastando na região da ombreira.

Fonte: COBA, S.A. / Banco de Imagens ANA

- Surgências devido a percolação;
- Fissuras;
- Instabilidade dos taludes dos paramentos;
- Depressões (recalques e afundamentos);
- Deficiências nas proteções dos taludes de montante e de jusante;
- Erosões devido a ação da água da chuva;
- Crescimento excessivo da vegetação;
- Buracos abertos por animais;
- Pisoteio de gado;

Banabuiú/CE-
Vertedouro
(laje quebrada com
ferragem exposta).





FOTOS DIVERSAS





Barragem da Samarco
Ubu - Anchieta/ES



Barragem Sítio dos
Lagos – Alfredo
Chaves/





Barragem Arrivabeni
Jaguaré/ES

Barragem Duas Bocas – Cariacica/ES



Barragem Bonfim Baixo Guandu/ES





Barragem Bonfim Baixo Guandu/ES





Barragem Bonfim
Baixo Guandu/ES



Parede em concreto armado
do Vertedouro

Barragem Pinga-Fogo Baixo Guandu/ES



Vertedouro



Parede em concreto armado
do Vertedouro

Barragem Pinga-Fogo
Baixo Guandu/ES



Surgência d'água



reservatório



Reservatório

Talude de Mo



Crista



esso

Barragem 02
Mantenópolis/ES



Barragem 01
Mantenópolis/ES



Barragem – Águia Branca/ES



GALGAMENTO

DEFINIÇÃO:

- Um dos mecanismos de ruptura em barragens de terra é o GALGAMENTO
- Ocorre quando o vertedouro não tem capacidade suficiente frente a uma cheia de projeto e a água verte sobre a crista da barragem
- Inicia-se a erosão do talude de jusante da barragem que pode resultar na formação da brecha de ruptura de forma regressiva e ruptura global do barramento



Fonte: CBDB – II SGBR

GALGAMENTO

CAUSAS:

- Má operação do reservatório e do vertedouro durante a ocorrência de uma cheia de projeto
- Conformação da praia de rejeitos fora dos limites especificados em projeto ou lançamento inadequado de rejeitos no reservatório → redução do volume livre para laminação de cheias
- Ocasão de uma cheia extraordinária, para o qual o vertedouro não tenha capacidade hidráulica
- Deformação excessiva do maciço, com recalque da crista
- Formação de uma onda induzida dentro do reservatório

Fonte: CBDB – II SGBR

GALGAMENTO



GLOSSÁRIO

Fonte: Prof. Antonio Nunes de
Miranda – Eng^o. Civil - PhD

ANOMALIA – Uma condição que afeta ou interfere no funcionamento adequado e na segurança da barragem.

BARRAGEM – Uma barreira construída transversalmente a um curso d'água com a finalidade de estocar, controlar ou desviar a água.

BARRAGEM DE ALVENARIA – Uma barragem feita de pedra, tijolo ou blocos de concreto unidos com argamassa.

BARRAGEM DE TERRA – Barragem construída com material natural escavado (incluindo aterros e enrocamentos).

BARREIRA FLUTUANTE – Estrutura flutuante que serve como barreira para detritos flutuantes impedindo sua entrada em um vertedouro.

CALHA INCLINADA – Canal confinado de dimensões específicas onde o fluxo d'água é acelerado com o propósito de se medir a vazão.

CANAL DE ACESSO – Estrutura que permite o acesso da água para a seção de controle de vertedouros ou para tomadas d'água.

CANAL DE RETORNO - Uma estrutura que conduz a água liberada pelo vertedouro ou pelos dispositivos de descarga para o curso d'água natural à jusante da barragem.

CAVITAÇÃO – É um processo que danifica o concreto ou metais através da formação de bolhas no fluxo d'água quando existem irregularidades na superfície de escoamento submetido a fluxos de alta velocidade.

CAVITAÇÃO (PITTING) - Desenvolvimento de pequenas cavidades na superfície do concreto.

COMPORTA – Um dispositivo regulável usado para controlar ou impedir a passagem de água do reservatório em um conduto. Uma comporta consiste em um painel, ou uma peça, que é introduzido transversalmente no conduto.

CONDUTO - Um duto de seção circular ou retangular formado pela justaposição de seções de tubos ou peças, instalado em uma trincheira escavada, em um túnel, sobre a superfície do terreno ou sobre berços.

CRISTA – A superfície superior da barragem ou ponto mais alto da seção de controle do vertedouro.

DESALINHAMENTO – O deslocamento de uma estrutura da sua posição de projeto.

DISPOSITIVOS DE DESCARGA – Componentes da barragem que regulam ou liberam água do reservatório. Os componentes dos dispositivos de descarga compreendem um canal de entrada d'água, caixa de montante, condutos, comportas ou válvulas, dissipadores de energia e canais de retorno d'água.

DOLINA OU SUBSIDÊNCIA – Depressão resultante do carreamento do material



GLOSSÁRIO

do subsolo, abaixo da superfície.

DRENO – Furo em uma estrutura de concreto ou alvenaria para permitir a passagem de água desde o material de fundação à superfície da estrutura.

DRENO DE PÉ – Elemento de controle de percolação situado ao longo do pé do talude de jusante que conduz a água de percolação para fora da barragem.

EFLORESCÊNCIA – Depósitos de cálcio que se formam quando a água de percolação atinge a superfície do concreto e evapora.

EQUIPAMENTOS DE CONTROLE – Uma denominação geral para o sistema de comportas e válvulas que regulam o fluxo nas tomadas d'água e vertedouros.

ESCAMAMENTO – Superfície do concreto ou argamassa que se desprende em forma de escamas.

ESCARPA – Superfície muito íngreme no talude, resultado de instabilidade ou erosão. A escarpa consiste de uma superfície íngreme seguida por uma área relativamente plana.

ESCORREGAMENTO – Deslizamento não planejado de uma massa de terra ou rocha pelo talude.

FRAGMENTAÇÃO – A perda de pedaços de concreto de uma superfície, geralmente por compressão, impacto ou abrasão.

FUGA D'ÁGUA – Fluxo indesejado de água por juntas, fissuras e vazios em estruturas hidráulicas.

GALERIA – Uma passagem no interior da barragem usada para inspeções, operações, reparos de fundação e drenagem. As galerias podem ser longitudinais ou transversais, a nível ou inclinadas.

GRELHA DE PROTEÇÃO - Estrutura metálica ou de concreto armado situada na caixa de acesso de uma tomada de água para evitar a entrada de detritos flutuantes ou submersos, a partir de um certo tamanho.

INCLINÔMETRO - Instrumento que consiste de um tubo de metal ou de plástico instalado em um furo de sondagem, e de um torpedo que é descido no interior do tubo. Este torpedo mede (em pontos diferentes) a inclinação do tubo em relação a vertical. Este instrumento pode ser usado para medir a inclinação ou recalque.

INSTRUMENTAÇÃO – Um conjunto de instrumentos instalados na barragem e adjacências (piezômetros, inclinômetros, extensômetros, pontos de medição, etc.) usados para avaliar o comportamento estrutural e o desempenho da barragem.

JUNTA - (1) JUNTA DE CONSTRUÇÃO - Interface entre duas concretagens consecutivas onde se deseja que haja continuidade. **(2) JUNTA DE CONTRAÇÃO** – Juntas entre blocos de concreto projetadas para prevenir fissuras de tracionamento à medida que a estrutura diminui de volume devido a queda de temperatura. **(3) JUNTA DE EXPANSÃO** – Juntas em uma estrutura de concreto que servem para acomodar a expansão volumétrica quando há um aumento de temperatura.

GLOSSÁRIO

MARGENS DO RESERVATÓRIO – Limites do reservatório, incluindo todas as áreas ao longo do entorno do lago, acima e abaixo do nível d'água

MOVIMENTO DIFERENCIAL – Deslocamento localizado de uma seção da estrutura em relação a uma outra seção adjacente.

OBRAS AUXILIARES – Componentes auxiliares necessários à operação da barragem, tais como: vertedouros, tomadas d'água, comportas, válvulas, casa de máquinas, túneis e subestações.

OMBREIRAS – Laterais do vale sobre as quais a barragem se apoia, bem como as áreas imediatamente a jusante e montante destas laterais.

PARAMENTO DE JUSANTE – Superfície inclinada de uma barragem de concreto voltada para o lado oposto ao reservatório.

PARAMENTO DE MONTANTE - Superfície vertical ou quase-vertical de uma barragem de concreto que fica em contato com o reservatório.

PÉ DE JUSANTE - A junção do talude de jusante com a superfície do terreno. Em se tratando de uma barragem de terra, a junção do talude de montante com a superfície do terreno é chamada de pé de montante.

PERCOLAÇÃO - Passagem de água pelo maciço, fundação ou ombreiras

PIEZÔMETRO – Instrumento de medida da pressão da água no solo, rocha ou concreto.

“PIPING” (ENTUBAMENTO) - Erosão progressiva de materiais do interior do maciço, fundação ou ombreira.

PROCEDIMENTOS DE OPERAÇÃO – Normas de operação normal ou em situação de emergência dos componentes da barragem.

REBENTAMENTO (“POPOUT”) – a fragmentação de pequenas porções de uma superfície de concreto devida à pressão interna localizada, que produz uma superfície rasa e tipicamente cônica.

RECALQUE - Movimento vertical e descendente de uma estrutura

RESERVATÓRIO – Corpo d'água represado pela barragem.

RIPRAP - (1) Camadas de brita e de blocos de rocha colocadas nos taludes de jusante e montante de barragens de terra como proteção contra erosão. (2) Camadas de brita e de blocos de rocha colocadas no fundo e taludes dos canais e das bacias amortecedoras como proteção contra erosão.

RUPTURA DA BARRAGEM – Liberação descontrolada da água do reservatório. Existem diferentes graus de ruptura.

“SAND BOIL” (AREIA MOVEDIÇA) – Resultado de fluxo de percolação ascendente sob pressão, caracteriza-se por borbulhamento na água de saída como estivesse fervendo. É muitas vezes acompanhado de depósitos em forma de cones de materiais carregados do maciço ou da fundação, em volta do fluxo borbulhante.

GLOSSÁRIO

SOLEIRA - Estrutura, com forma apropriada e de dimensões conhecidas, posicionada perpendicular a um fluxo d'água para controlar ou medir a vazão do fluxo.

TALUDE DE JUSANTE - Superfície inclinada de uma barragem de terra voltada para o lado oposto ao reservatório.

TALUDE DE MONTANTE - Superfície inclinada de uma barragem de terra que fica em contato com o reservatório.

TOMADA DE ÁGUA – Passagem ou conduto para descarga de água.

VÁLVULA - Equipamento ajustável utilizado para controlar ou barrar o fluxo d'água de um conduto. A válvula é permanentemente fixada no conduto, e possui um dispositivo que pode ser rotacionado ou movido transversal ou longitudinalmente para controlar ou barrar o fluxo. .

VERTEDOURO – estrutura por onde passa o fluxo normal ou de cheias, de maneira a proteger a integridade estrutural da barragem.

LEMBRE-SE...

Você pode desempenhar um papel importante no processo de segurança de barragem se...

- Operar e manter adequadamente a barragem de acordo com os procedimentos operacionais e normas de segurança.
- Reservar um tempo para
 - Observar condições anormais
 - Registrar suas observações
 - Informar ao engenheiro responsável, à equipe de inspeção de barragens, ao proprietário ou outras autoridades competentes das condições que podem indicar potenciais problemas de segurança de barragem



RONNEY GOMES NASCIMENTO

Eng.º Civil

COORDENADORIA ESTADUAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL

DEPARTAMENTO DE PREVENÇÃO

(27) 3194-3698

(27) 99252-3667 (institucional)

defesacivil.prevencao@bombeiros.es.gov.br

defesacivil.prevencao@gmail.com



“Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina”

Cora Coralina

“Os sábios aprendem com os erros alheios e com os próprios.

Os tolos, só com os próprios.

Os infelizes, nem com os próprios.”

OBRIGADO!

H. G. Bohn