

**CURSO: UTILIZAÇÃO DO GUIA DE
DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE
PROJETO DE BARRAGENS E REVISÃO
PERIÓDICA**

MÓDULO 3: BARRAGENS E ESTRUTURA DE CONCRETO

DATA: 04 de Abril de 2017

HORÁRIO: 13:30 às 17:30

PALESTRANTE: *Eng. Francisco Rodrigues Andriolo*

PARTE B

ASPECTO RELEVANTE:

Como 93% das entidades fiscalizadoras forneceram informações para a elaboração deste Relatório, pode-se considerar o resultado aqui apresentado bastante representativo.

Todos os estados responderam ao formulário. Distrito Federal, Rio Grande do Sul e Sergipe, apesar de não ter havido resposta das entidades de meio ambiente, enviaram respostas referente à entidade de recursos hídricos.

O acréscimo no número de respostas se deve: a uma maior atuação da ANA como promotora da articulação entre os fiscalizadores, fortalecida pelo PROGESTÃO e suas Oficinas de Intercâmbio; aos contatos via ofício, email e telefone informando sobre o prazo para envio de informações e de sua importância; e também a uma crescente conscientização sobre a temática.

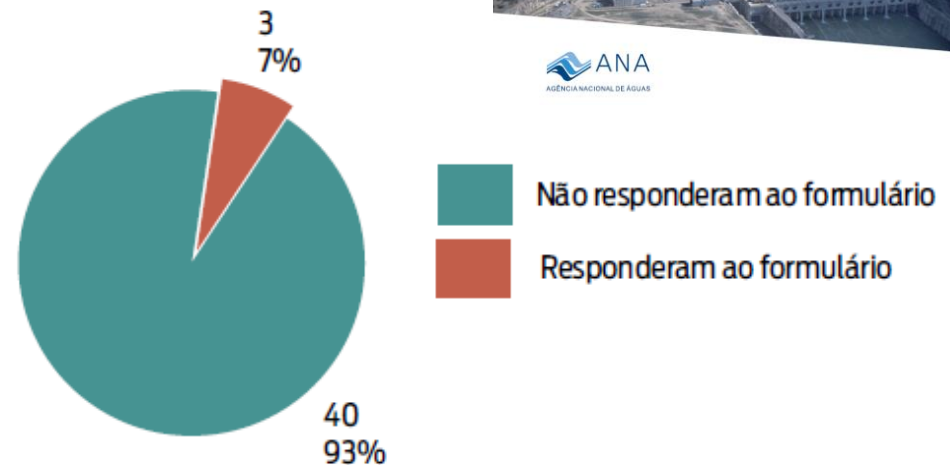
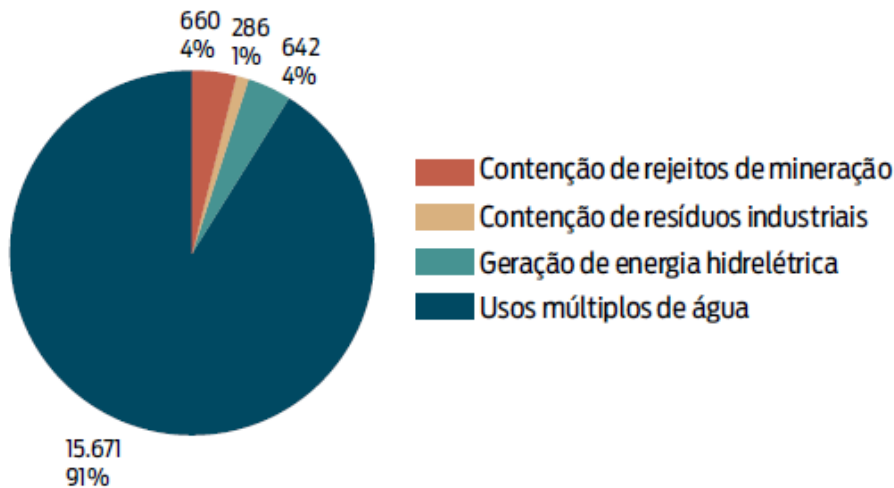


Figura 1 - Respostas das entidades fiscalizadoras ao formulário para o RSB



Situação atual do cadastro

Ate 30 de setembro de 2015, encontravam- se cadastradas 17.259 barragens.

Esta base de dados tem informações relativas a 2015, de 36 entidades fiscalizadoras estaduais e de 04 federais.

Figura 2 - Barragens cadastradas por uso principal., em 30 de setembro de 2015

TIPO	NÚMERO	%
Resíduo Industrial	286	1
Energia Hidrelétrica	642	4
Rejeito Mineração	660	4
Usos Múltiplos	15.671	91
TOTAL	17.259	

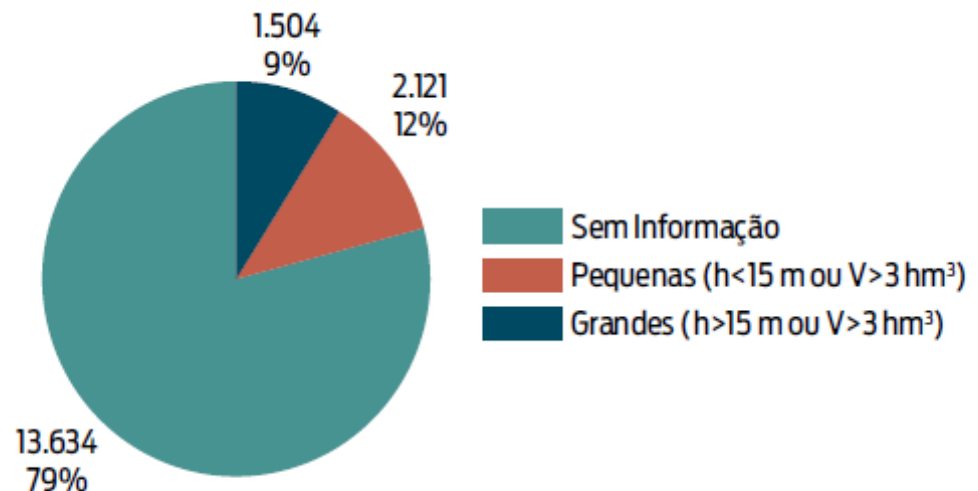


Figura 3 - Barragens cadastradas por dimensão (altura, h, e capacidade total do reservatório, V), em 30 de setembro de 2015.



Volume I – Instruções para Apresentação do Plano de Segurança da Barragem, no qual se apresenta um modelo padrão e respectivas instruções para elaboração do Plano de Segurança da Barragem.



Volume II – Guia de Orientação e Formulários para Inspeções de Segurança de Barragem, no qual se estabelecem procedimentos, conteúdo e nível de detalhamento e análise dos produtos finais das inspeções de segurança.



Volume III – Guia de Revisão Periódica de Segurança de Barragem, no qual se estabelecem orientações para a realização da Revisão Periódica de Segurança de Barragem.



Volume IV – Guia de Orientação e Formulários dos Planos de Ação de Emergência (PAEs), no qual se apresentam o conteúdo e organização de um PAE.



Volume V – Diretrizes para a Elaboração de Projetos de Barragens, no qual se estabelecem procedimentos gerais que devem ser contemplados nos projetos, do ponto de vista da segurança.



Volume VI – Diretrizes para a Construção de Barragens, no qual se estabelecem procedimentos gerais que devem ser respeitados, de forma a garantir a segurança das obras durante e após a construção.



Volume VII – Diretrizes para a Elaboração do Plano de Operação, Manutenção e Instrumentação de Barragens, no qual se estabelecem procedimentos gerais para a elaboração do Plano de Operação, Manutenção e Instrumentação, que devem orientar a execução dessas atividades, de modo a assegurar um adequado aproveitamento das estruturas construídas, respeitando as necessárias condições de segurança.



Volume VIII – Guia Prático de Pequenas Barragens, no qual se descrevem procedimentos práticos de operação, manutenção, inspeção e emergência para pequenas barragens de terra.

Manual do
Empreendedor
sobre **Segurança
de Barragens**

Diretrizes para a
Elaboração de Projeto
de Barragens

Volume **V**



CORRESPONDÊNCIA ANA*CBDB*Andriolo:

PROCEDIMENTOS PARA PREENCHIMENTO DO RAC

O arquivo utilizado para a análise das contribuições será o arquivo em formato de planilha eletrônica “RAC_Relatorio_AvaliacaoAUD002_2015.xls”. O CBDB somente deverá analisar as contribuições onde foi assinalado na coluna G (Status) a expressão **AUXÍLIO DO CBDB**, grifada em amarelo. Nas demais contribuições não é necessária análise, pois são itens não técnicos que a ANA já analisou e emitiu julgamento sobre o aproveitamento ou não da contribuição.

O analista deverá ler a contribuição e a justificativa no arquivo pdf, com consulta ao Guia de Construção (arquivo word) caso necessário. O analista deverá então emitir julgamento sobre a contribuição recebida, indicando na coluna E (aproveitamento) do RAC se a contribuição será aproveitada ou não, e emitindo uma justificativa na coluna F (justificativa). Assim surgem 03 situações:

1 – O analista concorda integralmente com a contribuição: Então ele assinalará **SIM** na coluna E (aproveitamento), e justificará na coluna F (justificativa) o motivo da concordância;

2 – O analista concorda parcialmente com a contribuição: Isso ocorre somente quando parte da contribuição é aproveitada, ou ela não cabe mais por uma outra correção já feita no guia. Então ele assinalará **PARCIALMENTE** na coluna E (aproveitamento), e justificará na coluna F (justificativa) o motivo de aceitar parte da contribuição, e o motivo de não aceitar parte da contribuição;

3 – O analista não concorda com a contribuição: Então ele assinalará **NÃO** na coluna E (aproveitamento), e justificará na coluna F (justificativa) o motivo da discordância;

Nos locais onde forem aceitas as contribuições integralmente ou parcialmente devem ser feitas as alterações no Guia de Construção (arquivo versão Microsoft word) incorporando as mesmas.

INFORMAÇÕES ÚTEIS

- Não é necessário analisar todas as contribuições, somente aquelas onde está indicado **AUXÍLIO DO CBDB**, pois são contribuições onde o conhecimento técnico é fundamental.
- No entanto, caso o analista, ao ler o guia entender que outras modificações devem ser feitas, ele deve também propô-las, incluindo novas linhas no final da planilha eletrônica “RAC_Relatorio_AvaliacaoAUD002_2015.xls”, indicando o texto da contribuição e a sua justificativa.
- O arquivo do Guia de Construção (versão Microsoft Word) já sofreram algumas correções devido à incorporação de contribuições recebidas. Nesse caso pode haver discordância entre a página/item indicado no arquivo pdf e no arquivo word. Assim pode ser útil ter também o arquivo original da audiência pública (disponível no site da ANA), que não possui nenhuma identificação.
- Algumas contribuições não indicam claramente o que está errado e o que deve ser modificado, então cabe analisar o item no contexto. Qualquer dúvida entrar em contato com a ANA.

RAC – Relatório de Avaliação das Contribuições Recebidas da Audiência Pública Nº

Obter contribuições e subsídios para o aprimoramento do Manual do Empreendedor: Volume VI - Guia para a Construção de Barragens.

CONTRIBUIÇÕES RECEBIDAS				Status	Recomendação	Opiniões Individualizada dos Especialistas				
Nº	INSTITUIÇÃO	TEXTO	APROVEITAMENTO		JUSTIFICATIVA	CBDB	Medeiros	Erton	Ricardo	Andriolo
1	CESP e CEMIG Geração (conjunta)	SIGLAS E ABREVIATURAS ICOLD - International Commission on Large Dams	Sim	A correção da abreviatura é pertinente	Já corrigido no guia					
2	CESP e CEMIG Geração (conjunta)	SIGLAS E ABREVIATURAS ICOLD - International Commission on Large Dams	Sim	A correção da abreviatura é pertinente	Já corrigido no guia					
3	CESP e CEMIG Geração (conjunta)	3.4 Proteção dos taludes Os paramentos podem também ser protegidos por intermédio de cascalho, solo-cimento, gabões e colchões tipo "Reno".			AUXÍLIO DO CBDB					Sugestão pertinente. Tem a mesma função do Gabião que é "cesto de arame pre enchidos com pedras"
4	CESP e CEMIG Geração (conjunta)	Correções ortograficas devem ser executadas nos sub itens 1.2, 1.4.2, 2.5.2, 2.10, 5.4, sem a elas se limitarem.	Sim	A correção deve ser feita	Revisei e para mim parece tudo correto, talvez a leitura por alguém mais experiente mude algumas palavras.					
5	CESP e CEMIG Geração (conjunta)	3.10 Problemas mais frequentes em decorrência de falha na construção Vazões de percolação excessivas por deficientes tratamentos dos terrenos de fundação. . .	Sim	A correção deve ser feita, alterando a palavra Caudais para Vazões.	Já corrigido no guia					
6	CESP e CEMIG Geração (conjunta)	3.10 Problemas mais frequentes em decorrência de falha na construção Aberturas de trinças ou fissuras por deficiente compactação do aterro, em especial junto às ombreias, excesso de compactação do filtro vertical e transições; . .			AUXÍLIO DO CBDB					Sugestão Pertinente. Ajustar
7	CESP e CEMIG Geração (conjunta)	Quadro 5. Ensaios correntes de caracterização dos materiais constituintes do concreto(*). Adicionar no quadro Analise Petrográfica _ ABNT NBR 15577-3 . .			AUXÍLIO DO CBDB					O pedido de uma análise petrográfica deve ser feito com a solicitação adicional do que se pretende caracterizar. Por exemplo: Avaliar aspectos de Potenciais Reações com o cimento (Álcalis; Sulfetos) e argilo mineral expansivos
8	CESP e CEMIG Geração (conjunta)	DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA A documentação técnica gerada nas fases de projeto, construção, operação e manutenção deverão estar organizadas, em arquivos eletrônicos, permitindo que a consulta a qualquer documento, seja ágil e fácil a qualquer tempo. Deverá ser mantido backup em lugar seguro, a ser definido pelo empreendedor . .			AUXÍLIO DO CBDB					Sugestão Pertinente. Ajustar
9	CESP e CEMIG Geração (conjunta)	DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA A documentação técnica gerada nas fases de projeto, construção, operação e manutenção deverão estar organizadas, em arquivos eletrônicos, permitindo que a consulta a qualquer documento, seja ágil e fácil a qualquer tempo. Deverá ser mantido backup em lugar seguro, a ser definido pelo empreendedor . .	Não	Essa contribuição é exatamente a mesma da contribuição 8	Será a mesma contribuição anterior					

© 2016, Agência Nacional de Águas (ANA).

Setor Policial Sul, Área 5, Quadra 3, Blocos B, L, M e T.
CEP 70610-200, Brasília, DF
PABX: (61) 2109 5400 / (61) 2109-5252
www.ana.gov.br

Comitê de Editoração

João Gilberto Lotufo Conejo
Diretor

Reginaldo Pereira Miguel
Representante da Procuradoria Federal

Sergio Rodrigues Ayrimoraes Soares
Ricardo Medeiros de Andrade
Joaquim Guedes Correa Gondim Filho
Superintendentes

Mayui Vieira Guimarães Scafura
Secretária Executiva

Supervisão editorial

Ligia Maria Nascimento de Araújo –
Coordenadora
Carlos Motta Nunes

Elaboração

Ricardo Oliveira – COBA, S.A
Lúcia Almeida – COBA, S.A
José Oliveira Pedro – COBA, S.A
Antônio Pereira da Silva – COBA, S.A
Antônio Alves – COBA, S.A
José Rocha Afonso – COBA, S.A
Flávio Miguez – COBA, S.A
Maria Teresa Viseu – LNEC, Portugal

Foto de capa:

UHE Barra Grande / Anita Garibaldi (SC) e
Pinhal da Serra (RS)
Crédito: Baesa / Banco de Imagens da ANA

Revisão dos originais

Alexandre Anderáos
André César Moura Onzi
André Torres Petry
Fernanda Laus de Aquino
Helber Nazareno de Lima Viana
Josimar Alves de Oliveira
Marcus Vinícius Araújo Mello de Oliveira
Nádia Eleutério Vilela Menegaz
Sérgio Ricardo Toledo Salgado
Erwin De Nys – Banco Mundial
Paula Freitas – Banco Mundial
Maria Inês Muanis Persechini – Banco
Mundial
José Hernandez – Banco Mundial
Orlando Vignoli Filho – Banco Mundial
Comitê Brasileiro de Barragens – CBDB
– auxílio na análise das contribuições da
Audiência Pública

Todos os direitos reservados.

**É permitida a reprodução de dados e
informações contidos nesta publicação,
desde que citada a fonte.**

Segurança de Barragens	Aspecto fundamental para todas as entidades envolvidas, como as autoridades legais e os empreendedores, bem como os agentes que lhes dão apoio técnico nas atividades, relativas a concepção, ao projeto, a construção, ao comissionamento, a operação
Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens	Pretende estabelecer orientações gerais quanto as metodologias e procedimentos a serem adotados pelos empreendedores, visando a assegurar adequadas condições de segurança para as barragens pelas quais são responsáveis, ao longo das diversas fases da vida das obras. Aplica-se as barragens destinadas a acumulação de água para quaisquer usos
Conteúdo	Apresenta critérios de projetos das barragens, bem como ao controle da segurança, incluindo o plano de monitoramento, instrumentação, as inspeções de segurança e a análise do comportamento e avaliação da segurança da barragem.

Capitulo 1 “Disposições Gerais”	–	Indica a qualificação do responsável pela elaboração do projeto, normas técnicas a utilizar, aspectos gerais a contemplar no projeto da barragem, dos seus órgãos extravasores e de operação, do reservatório e áreas no entorno, bem como as ações e condições de carregamento
Capitulo 2 “Etapas dos Estudos e Projetos”	–	Cita conteúdos e grau de aprofundamento de cada etapa dos estudos e projetos, desde os estudos preliminares e de viabilidade, ao projeto básico, executivo e final como construído
Capitulo 3 “Elementos Base e Estudos Gerais do Projeto”	–	Apresenta os estudos básicos, visando obter os elementos a incluir nos projetos, elementos gerais, estudos hidrológicos, geológicos, hidro geológicos, geotécnicos e sismológicos, estudos relativos a borda livre, ao desvio do rio, as escavações e ao tratamento de fundações

Capítulo 4 – “Barragens de Aterro (Terra e Enrocamento)	Apresenta aspectos gerais, os estudos a desenvolver, tais como os relativos aos materiais de construção, aos maciços de fundação e as estruturas (fatores que influenciam a escolha do tipo estrutural e tipos de barragens mais comuns), considerações sobre o dimensionamento e verificação da segurança das barragens.
Capítulo 5 – “Barragens e outras Estruturas de Concreto”	Apresenta os aspectos e os elementos de projeto essenciais a considerar no dimensionamento das barragens de concreto e de outras estruturas de concreto (estruturas dos órgãos extravasores e de operação, fundações e respectivos tratamentos, materiais (concreto massa, concreto armado, aço, etc.), seguindo considerações sobre a segurança global das estruturas e sobre o dimensionamento e verificação da segurança. Apresentam disposições construtivas essenciais
Capítulo 6 – “Órgãos Extravasores e de Operação”	Apresenta disposições essenciais de projeto e dimensionamento hidráulico dos órgãos extravasores e de operação, do vertedouro, do descarregador de fundo, das estruturas de dissipação de energia, das tomadas de água e circuitos hidráulicos. Finaliza-se com a apresentação de outros problemas hidráulicos a contemplar no projeto, como, por exemplo, erosão por cavitação ou abrasão por sólidos.

Capítulo 7 – “Reservatório e Área a Jusante	Apresenta os aspectos essenciais a considerar no dimensionamento do reservatório, incluindo os estudos de remanso, de avaliação da sua vida útil, da qualidade da água, bem como aspectos a considerar no cadastramento da área do reservatório e no estudo da zona inundável a jusante, em caso de ruptura da barragem.
Capítulo 8 – “Controle de Segurança”	Apresenta os aspectos essenciais e indicações a se ter em consideração no controle de segurança, (monitoramento e instrumentação, as inspeções de segurança e a análise, interpretação e avaliação do comportamento da barragem).

Responsável pela elaboração do projeto	Deve ter registro no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia – CREA, com atribuições profissionais correspondentes e ter ART (Anotação de Responsabilidade Técnica) registrada no CREA da região onde se desenvolve o Projeto.
Painel de Especialista	É prática corrente que a elaboração do projeto de grandes barragens seja acompanhada por um painel de especialistas, contratado pelo empreendedor, visando assegurar a adoção de critérios atualizados da melhor prática disponível e a adequação do projeto às condições locais.
Normas técnicas	As normas e padrões a serem utilizados na elaboração do projeto devem ser as últimas. Nota: CUIDADO EM CITAR NORMAS NÃO COMPATÍVEIS COM O PROCESSO DE MEDIÇÃO

ASPECTOS GERAIS DO PROJETO

Barragem, fundação e ombreiras

A barragem, suas fundações e ombreiras, **devem ter** adequadas condições de segurança para as diferentes situações que vão ocorrer ao longo da sua vida

- As características geométricas das estruturas;
- As características, propriedades e comportamento dos materiais da estrutura e da fundação, nos aspectos hidráulico, mecânico, térmico e químico;
- As ações estáticas e dinâmicas, considerando suas variações ao longo da vida da barragem, e as combinações de ações mais desfavoráveis para situações de operação normal, para situações excepcionais e de construção e para eventos extremos.
- Aspectos das vazões através da barragem e, principalmente, através da fundação, bem como os associados ao local de implantação da obra, tais como as características topográficas, geológicas, geotécnicas e hidrogeologias, hidrológicas, sismológicas e climáticas, além de aspectos ambientais e de utilização da obra

ASPECTOS GERAIS DO PROJETO

Órgãos extravasores e de operação

Órgãos extravasores e de operação, como vertedouros, descarregadores de fundo, casa de força e dos circuitos hidráulicos, bem como das obras de desvio do rio. **Deve considerar** aspectos hidráulicos e operacionais, além dos estruturais, entre outros:

- As cheias de projeto e de verificação, nas fases de construção e de operação,
- A regulação do nível da água no reservatório,
- O cálculo do tempo necessário para o rebaixamento do nível de água no reservatório;
- A previsão dos dispositivos necessários para proceder a dissipação de energia das vazões descarregadas e turbinadas (quando for o caso), sem prejuízo para a barragem e para outras obras que possam ser afetadas.

No caso de barragens com altura do maciço superior a 15 m (quinze metros) e/ou com capacidade total do reservatório superior a 3.000.000 m³ (três milhões de metros cúbicos), **considera-se recomendável que**:

- Os vertedouros sejam aptos a escoar vazões de projeto;
- Os vertedouros com comportas satisfaçam os seguintes requisitos:
 - pelo menos, dois vãos ou orifícios;
 - as comportas possam ser manobradas localmente e a distância, e mediante energia de natureza elétrica ou hidráulica, procedendo de duas origens distintas,
- Sejam previstos descarregadores de fundo;
- Os descarregadores de fundo sejam equipados com duas comportas ou válvulas.


ASPECTOS GERAIS DO PROJETO

Reservatório e áreas no entorno

Os estudos do reservatório **devem incluir**:

- A justificativa dos volumes total, útil e morto do reservatório, e o volume reservado para amortecimento de cheias;
- Volume de sedimentos que serão transportados;
- Características de permeabilidade do reservatório e estabilidade de suas margens.

← Movies & TV

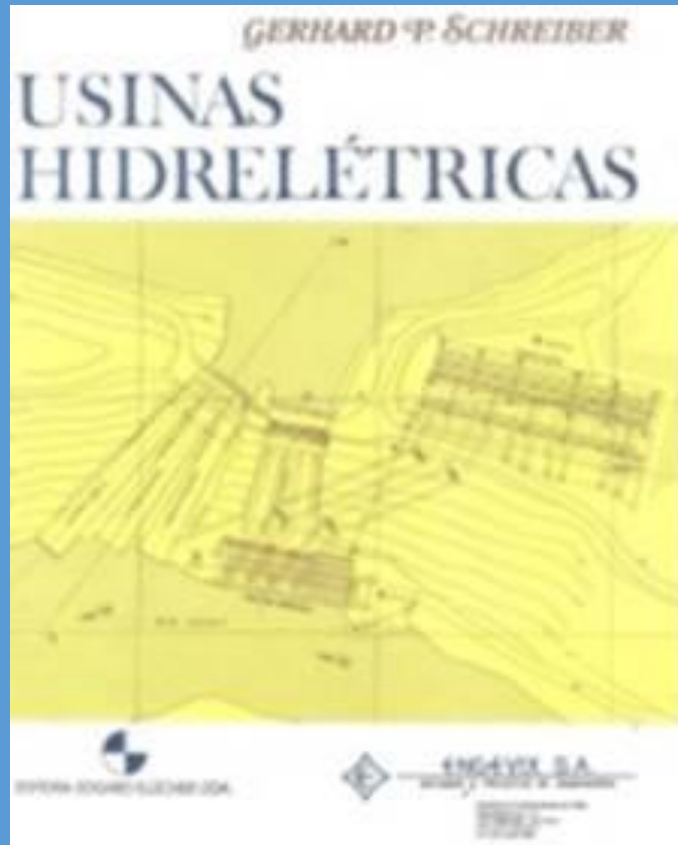


00:00:02 00:01:09

⏮ ⏪ ⏩ ⏭ 🔊 🗨 ↻ 🔍

Windows Taskbar: Links | Desktop | Fra » | 12:14 | 08/03/2017 | ENG

BARRAGEM - AÇÕES DE PROJETO E CONDIÇÕES DE CARREGAMENTO



BARRAGEM - AÇÕES DE PROJETO E CONDIÇÕES DE CARREGAMENTO

Manual da ELETROBRAS, 2003	No Manual da Eletrobrás definem-se as ações e os respectivos valores de referência ou recomendados. No mesmo manual indicam-se também as condições de carregamento a adotar nos estudos de estabilidade global e de avaliação dos esforços internos (tensões), para as estruturas civis dos aproveitamentos hidráulicos, designadamente
Condição de Carregamento Normal (CCN)	Combinações de ações, com grande probabilidade de ocorrência ao longo da vida útil da estrutura, que ocorrem durante a operação normal ou a manutenção de rotina da obra, em condições hidrológicas normais.
Condição de Carregamento Excepcional (CCE)	Combinação de ações, com baixa probabilidade de ocorrência ao longo da vida útil da estrutura, considerando a ocorrência de uma ação excepcional (condições hidrológicas excepcionais, defeitos no sistema de drenagem, manobras de caráter excepcional, efeitos <u>sísmicos</u> , etc.) e as ações correspondentes a condição de carregamento normal.

BARRAGEM - AÇÕES DE PROJETO E CONDIÇÕES DE CARREGAMENTO

Condição de Carregamento Limite (CCL)	Combinação de ações, com <u> muito baixa </u> probabilidade de ocorrência ao longo da vida útil da estrutura, considerando a ocorrência de mais de uma ação excepcional (condições hidrológicas excepcionais, defeitos no sistema de drenagem, manobras de caráter excepcional, efeitos <u>sísmicos</u> , etc.) e as ações correspondentes a condição de carregamento normal
Condição de Carregamento de Construção (CCC)	Corresponde a todas as combinações de ações que podem ocorrer durante a execução da obra (em períodos curtos em relação a sua vida útil), devido a carregamentos de equipamentos de construção, a estruturas executadas apenas parcialmente, carregamentos anormais durante o transporte de equipamentos permanentes, e quaisquer outras condições semelhantes.
Aspectos ambientais e administrativos	Os aspectos ambientais associados a construção das barragens, e a sua operação ao longo da vida útil, passaram a constituir uma preocupação importante no projeto das barragens desde as últimas décadas do século XX.

ETAPAS DOS ESTUDOS E PROJETOS

Estudos preliminares e de viabilidade

Nessa fase são estudadas, alternativas de localização e de porte da barragem e do seu reservatório. São estimados, em primeira aproximação, os benefícios, os custos e os prazos de implantação das obras, bem como os impactos ambientais e os possíveis custos de mitigação desses impactos. A viabilidade ambiental do projeto. Nessa fase **devem ser** mencionadas as possibilidades de a barragem servir a finalidades múltiplas, maximizando seus benefícios ambientais e sociais (EIA RIMA).

Em cada local alternativo **deve-se**:

- realizar um mapeamento geológico de superfície apoiado por geofóto interpretação;
- realizar estudo hidrológico defina uma serie de descargas medias mensais e seja estimada a descarga de projeto dos órgãos extravasores;
- as estruturas civis e os equipamentos permanentes sejam dimensionados e quantificados com base em soluções tradicionalmente adotadas em projetos do tipo em estudo.

ETAPAS DOS ESTUDOS E PROJETOS

Estudos de viabilidade

Esses estudos têm por objetivo a caracterização da viabilidade técnica, econômica e ambiental da implantação, bem como a operação da barragem e de seu reservatório:

- valoração dos benefícios econômicos e sociais conferidos pela barragem;
- custos de implantação, de comissionamento, de operação, de manutenção da barragem e, ainda, os custos ambientais;
- custos de construção baseados na seleção de uma alternativa de projeto, considerando o tipo de barragem e de seus órgãos extravasores e de operação

ETAPAS DOS ESTUDOS E PROJETOS**Projeto básico**

Lei nº 8.666 de 21 de junho de 1993, contém a seguinte definição de Projeto Básico
“conjunto de elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequado, para caracterizar a obra ou serviço, ou complexo de obras ou serviços objeto da licitação, elaborado com base nas indicações dos estudos técnicos preliminares, que assegurem a viabilidade técnica e o adequado tratamento do impacto ambiental do empreendimento, e que possibilite a avaliação do custo da obra e a definição dos métodos e do prazo de execução, devendo conter os seguintes elementos:

- a) desenvolvimento da solução escolhida de forma a fornecer visão global da obra e identificar todos os seus elementos constitutivos com clareza;*
- b) soluções técnicas globais e localizadas, suficientemente detalhadas, de forma a minimizar a necessidade de reformulação ou de variantes durante as fases de elaboração do projeto executivo e de realização das obras e montagem;*
- c) identificação dos tipos de serviços a executar e de materiais e equipamentos a incorporar à obra, bem como suas especificações que assegurem os melhores resultados para o empreendimento, sem frustrar o caráter competitivo para a sua execução;*
- d) informações que possibilitem o estudo e a dedução de métodos construtivos, instalações provisórias e condições organizacionais para a obra, sem frustrar o caráter competitivo para a sua execução;*
- e) subsídios para montagem do plano de licitação e gestão da obra, compreendendo a sua programação, a estratégia de suprimentos, as normas de fiscalização e outros dados necessários em cada caso;*
- f) orçamento detalhado do custo global da obra, fundamentado em quantitativos de serviços e fornecimentos propriamente avaliados”.*

ETAPAS DOS ESTUDOS E PROJETOS

Projeto básico

Isto é, Projeto Básico de uma barragem deve ser constituído por peças escritas e desenhadas e outros elementos de estudo, o estudo de materiais de construção, resultados de ensaios de laboratório e/ou de campo, relativos a definição final e respectivo dimensionamento, uma proposta de canteiro Nota (áreas disponíveis- Jazidas, estoques canteiro acampamento), com o modo de construção das obras, critérios de medição e as medições, quantitativos e orçamento finais e as especificações técnicas, possibilitando, fazer licitação e poder iniciar-se a construção da obra

ETAPAS DOS ESTUDOS E PROJETOS

Projeto executivo

Lei nº 8.666 de 21 de junho de 1993, define o Projeto Executivo da seguinte forma:

“ o conjunto dos elementos necessários e suficientes à execução completa da obra, de acordo com as normas pertinentes da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT”.

O Projeto Executivo, é realizado durante a construção, com as condições reais encontradas na implantação podem otimizar custos importantes.

No Projeto Executivo devem ser detalhadas as soluções preconizadas no Projeto Básico das obras civis e dos equipamentos hidromecânicos e elétricos.

O Projeto Executivo de uma barragem deve ser constituído por peças escritas (adaptação/refinamento de critérios de projeto e memórias de cálculo) e desenhadas de fácil e inequívoca interpretação que irão permitir a construção da obra.

As especificações técnicas construtivas, as medições com critérios de medição e quantitativos deverão ser adaptadas ou complementadas, de modo a permitirem a execução das soluções desenvolvidas no projeto executivo.

Nota: ISSO PODE GERAR CONFLITO NO CONTRATO

Projeto final como construído (as built)

Após a conclusão da construção, **o CONTRATO** deve exigir o “Projeto Final como Construído” e que será parte integrante do Plano de Segurança da Barragem. Esse **projeto deve incluir**:

- Os elementos com interesse para a segurança da obra tal como executada, incluindo relatórios, desenhos como construído e cálculos justificativos;
- Representação dos aspectos geológicos e geotécnicos da fundação da barragem e dos resultados, relativos ao seu tratamento, bem como das obras subterrâneas;
- Fotografias representativas das escavações para as fundações e do seu tratamento e dos demais aspectos da construção;
- Resultados dos ensaios de materiais utilizados (concreto, solos, enrocamentos, maciço rochoso, **aços, emendas, veda juntas, aterramento**) e estudos laboratoriais efetuados e respectivos relatórios;
- Os cronogramas de execução dos serviços;
- O plano de monitoramento e de instrumentação utilizado nas obras;
- Os registros das leituras da instrumentação e a das inspeções realizadas durante a construção.

ELEMENTOS BASE E ESTUDOS GERAIS DO PROJETO

Elementos gerais

Mapas de localização, da bacia hidrográfica e da área a jusante da barragem necessários para os estudos da descarga dos órgãos extravasores e da onda de inundação provocada pela ruptura da barragem, para as barragens de dano potencial alto, e de localização de obras existentes na bacia com interesse para a avaliação da segurança, bem como povoações existentes junto ao rio;

- Perfil longitudinal do rio, perfis dos principais afluentes, barragens existentes, indicação do tipo, altura, comprimento da crista, volume armazenado, uso principal e potência instalada;
- Plantas e respectiva topografia do local da barragem e da bacia hidrográfica, com o contorno do reservatório;
- Descrição das condições climáticas da região, com indicação, tais como, das temperaturas medias mensais, obtidas com base estatística confiável, da insolação, da radiação solar média mensal e dos ventos dominantes (velocidade e direção);
- Tipos de ocupação humana, agrícola e industrial, e vias de acesso das áreas a montante e a jusante da barragem;
- Análise das características do local da barragem e da área a jusante que possam ter influência nas soluções encontradas para o desvio do rio e para o vertedouro.

ELEMENTOS BASE E ESTUDOS GERAIS DO PROJETO**Estudos hidrológicos**

Os estudos hidrológicos, objetivam conhecer:

- Vazões;
- Hidrógrafas das cheias naturais;
- Curvas de vazão nas seções de restituição;
- Volume de sedimentos
- Características fisiografias (morfologia, geologia, pedologia e rede hidrográfica), climáticas, de cobertura vegetal e de ocupação da bacia hidrográfica;
- Distribuição estatística da precipitação anual e das precipitações mensais sobre a área da bacia hidrográfica;
- Distribuição estatística das precipitações extremas, com duração associada ao tempo de concentração;
- Escoamentos integrais anuais e mensais afluentes a seção da barragem;
- Vazões instantâneas máximas anuais ou vazões diárias máximas anuais;
- Registros adicionais sobre vazões de cheia (informação histórica), incluindo marcas de cheia, testemunhos verbais e registros escritos;
- Valores dos parâmetros da qualidade da água e inventario de fontes poluidoras;

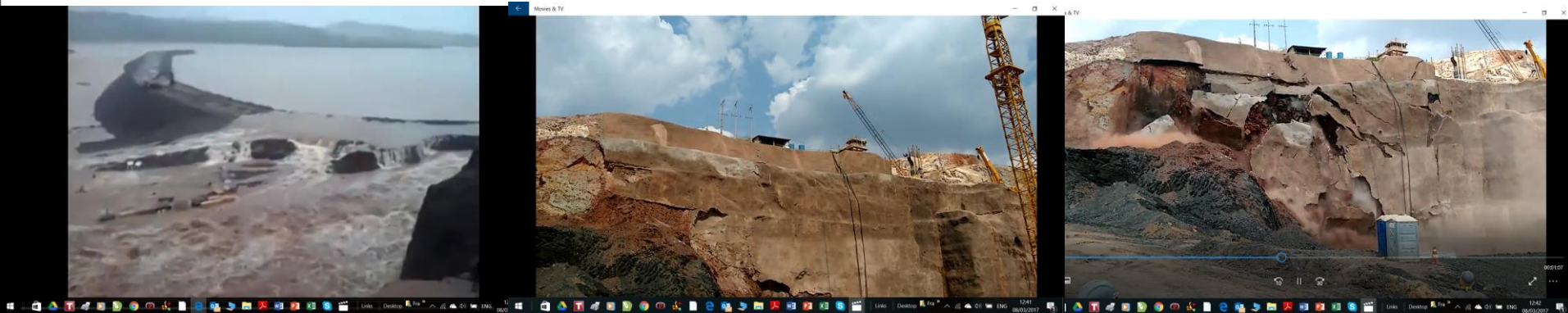
A precipitação máxima provável (PMP) devera preferencialmente ser obtida segundo o “Manual de Estimação da PMP”, elaborado pela Organização Meteorológica Mundial (WMO, 2009). A cheia máxima provável (CMP) deverá ser determinada recorrendo a modelos precipitação – escoamento tendo como base a PMP.

ELEMENTOS BASE E ESTUDOS GERAIS DO PROJETO

Estudos geológicos, hidrogeológicos e geotécnicos

Os estudos geológicos e hidrogeológicos devem conduzir a definição dos seguintes elementos:

- Conhecimento das condições geológicas regionais;
- Modelo geológico para o local da barragem, em função da composição litológica e estrutural do local, com indicação das principais características relevantes para o projeto;
- Características hidrogeológicas da região e do local da obra, com indicação de surgências, infiltrações, cavernas, artesianismo, qualidade da água e grau de solubilidade das rochas.
- Estudos de materiais de construção



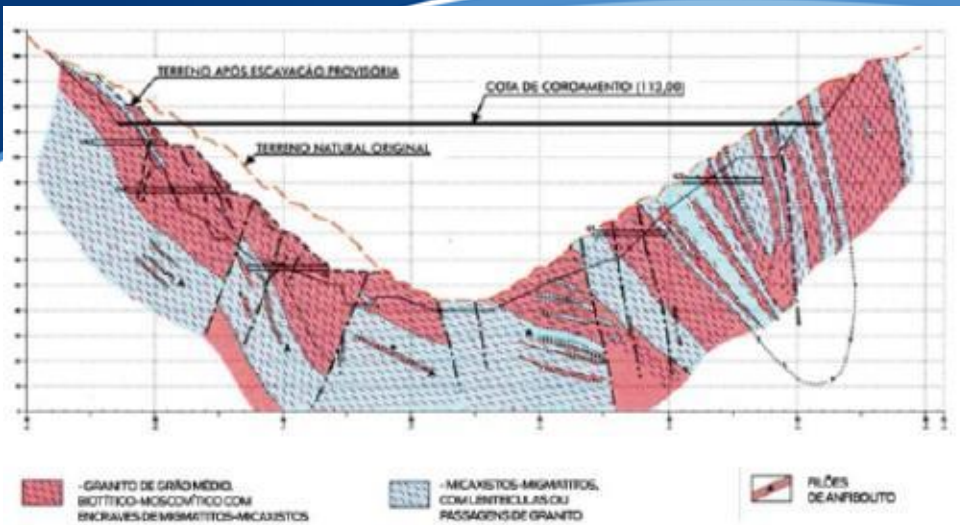


Figura 1. Modelo geológico 2D de uma barragem de concreto gravidade (Barragem de Ribeiradio, Portugal). Fonte: OLIVEIRA et al., 2006 / Banco de Imagens ANA

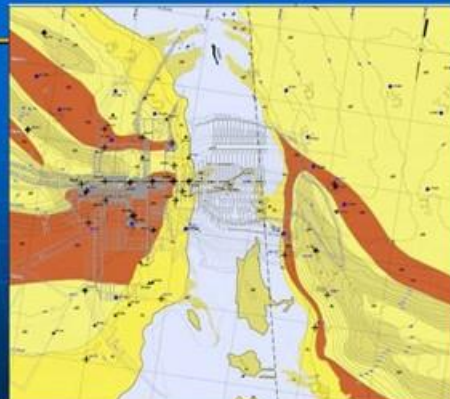
**Figura 1. Modelo geológico 2D de uma barragem de concreto gravidade (Barragem de Ribeiradio, Portugal).
Fonte: OLIVEIRA et al., 2006 / Banco de Imagens ANA**



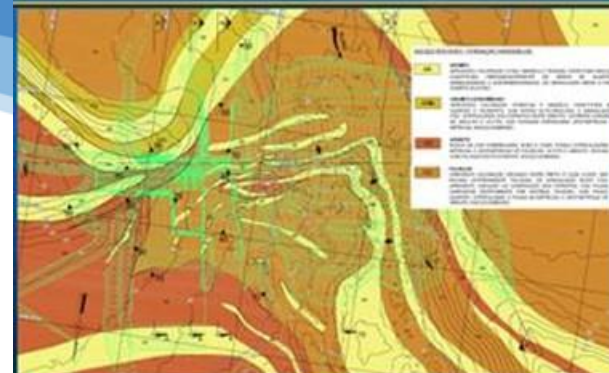
COLUNA ESTRATIGRÁFICA	
NEÓGENO	<ul style="list-style-type: none"> UNITARIEDADES FORMADAS EM AMBIENTES DE AMBIENTALIZAÇÃO PARA A COLETA DE FÓSSILS (MATA, AREIAS E COQUELÓIDES, LAMAS)
QUATERNÁRIO	<ul style="list-style-type: none"> FORMAÇÕES DE AREIAS E SILTOS EM AMBIENTES DE AMBIENTALIZAÇÃO PARA A COLETA DE FÓSSILS (MATA, AREIAS E COQUELÓIDES, LAMAS)
PRÉ-CAMBRIANO	<ul style="list-style-type: none"> FORMAÇÕES DE AREIAS E SILTOS EM AMBIENTES DE AMBIENTALIZAÇÃO PARA A COLETA DE FÓSSILS (MATA, AREIAS E COQUELÓIDES, LAMAS)

Referências:
 INVENARISE, BARRAGEM DUTRA, WINDIPAL, DO BRASIL, 1.750.000, 2008.
 CPRM, CARTA GEOLÓGICA DO BRASIL, ADRIANO DE OLIVEIRA,
 FOLHA 32-21 - JUIZ DE FORA.

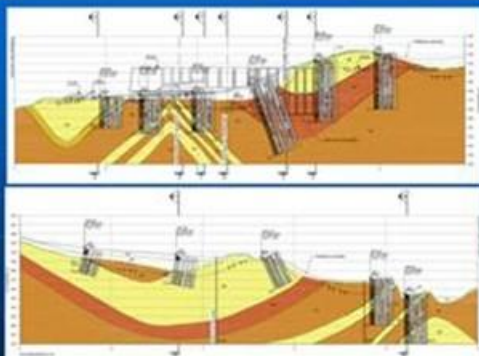
Mapa geológico regional



Mapa geológico local - PBC



Mapa geológico local - Projeto Executivo



Seção - Eixo da Barragem - Proj. Exec.



Lentes de meta areito no interior de meta pelitos



Bandamento subvertical em meta areito em zona de transcendência

Modelo cinemático - Proj. Executivo



COMPLEMENTAÇÕES GEOLÓGICA e HIDROGEOLÓGICA

Fraturamento do maciço de fundação da barragem

Zoneamento do maciço de fundação da barragem

Classificação das zonas geotécnicas identificadas e os escoamentos que poder-se-ão instalar

Condições de injeção de **consolidação**, de impermeabilização e de drenagem dos maciços de fundação;

Propriedades geotécnicas do maciço de fundação da barragem, dos taludes do reservatório e dos terrenos situados imediatamente a jusante **(AO REDOR MONTANTE E JUSANTE)**;

Propriedades dos materiais disponíveis nas jazidas de materiais e pedreiras;

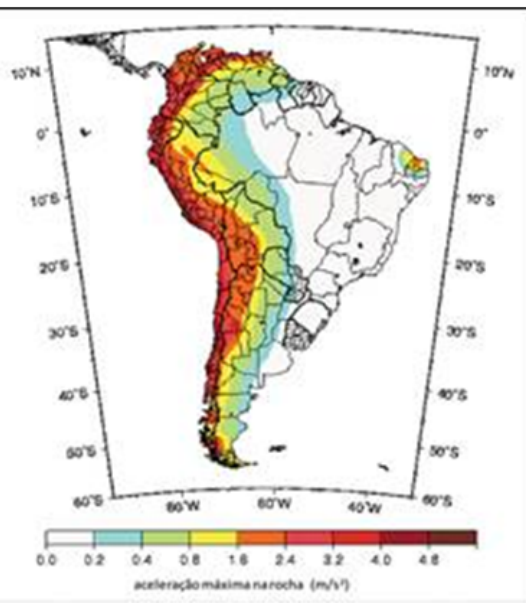
Zoneamento e avaliação dos volumes dos diversos materiais de construção disponíveis e indicação de sua distância a obra.

ESTUDOS SISMOLÓGICOS

Devem abranger o local da obra, algumas centenas de quilômetros em torno do local e devem incluir a história sísmica.

A **sismicidade do território do Brasil é baixa**, como evidencia o mapa abaixo. No entanto, alguns sismos podem ser induzidos por outras causas, tais como, pela formação de grandes reservatórios criados pelas barragens (sismos de barragem).

Na ausência de estudos de sismicidade, usa-se o critério **estabelecido pela ELETROBRAS (2003)**, através da análise pseudo-estática a avaliação das condições da barragem adotando cargas sísmicas correspondentes a acelerações de 0,05g na direção horizontal e 0,03g na direção vertical.



Mapa de risco sísmico na América do Sul. Aceleração máxima na rocha com a probabilidade de 90% de não ser excedida, para um período de 50 anos. Fonte: GSHAP



CENTRO de SISMOLOGIA
Departamento de Assessoria, Serviço e Atividades Administrativas - LMG
Instituto de Energia e Ambiente - IEE

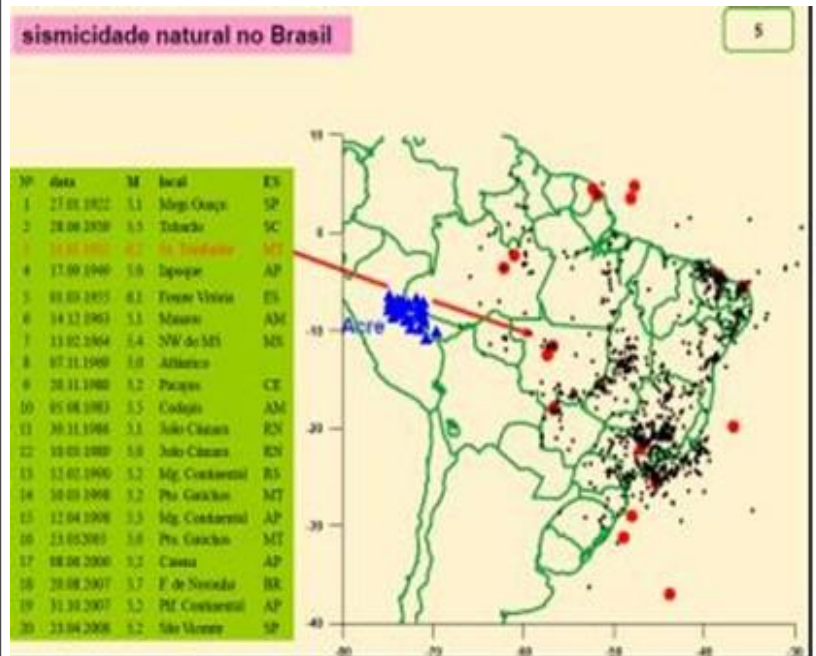
Sismicidade Induzida por Reservatórios: histórico, características básicas e alguns casos monitorados pelo IPT

Fis. Luis Carlos Ribotta
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo



A cidade e o reservatório de Paraiibuna-Paraitinga

outubro.2013



BORDA LIVRE NORMAL E MÍNIMA

Conceito

A borda livre normal é diferença entre a cota da crista e o nível máximo normal do reservatório (ICOLD, 1978). Pode, no entanto, definir-se uma borda livre mínima (diferença entre a cota da crista e o nível de máxima cheia, ou nível máximo maximorum).

Determinação

Regime de ventos, fetch (máxima linha reta ininterrupta sobre o lago segundo a qual sopra um vento específico), tipo de barragem, sismicidade da região e incerteza em relação aos parâmetros hidrológicos. Na definição desse valor pode ser considerada uma parcela, devida a fatores quantificáveis, e outra, devido a fatores não quantificáveis.

BORDA LIVRE NORMAL E MÍNIMA**Fatores
quantificáveis**

Ações do vento (ondulação e mare de vento) e dos sismos.

A probabilidade de ocorrência simultânea de vento excepcional e da cheia máxima de projeto é muito baixa.

O vento excepcional é um vento com características ciclônicas, com um tempo de recorrência da ordem do milhar de anos, enquanto o vento habitual é um vento forte, mas com um tempo de recorrência da ordem das duas dezenas de anos.

Não se dispondo de informação suficiente para estabelecer as velocidades do vento, podem ser adotadas para o vento excepcional uma velocidade de 160 km/h e, para o vento habitual, uma velocidade de 80 km/h (USBR, 1973).

A velocidade do vento e a altura das ondas geradas são condicionadas pela topografia da área do reservatório (desenvolvimento e forma), fatores representados pelo fetch máximo (maior comprimento que é possível traçar sobre o reservatório) e pelo Fitch efetivo (que considera a forma do reservatório).

BORDA LIVRE NORMAL E MÍNIMA**Fatores não quantificáveis**

Os fatores não quantificáveis (ou de difícil quantificação), que podem também influenciar o valor da borda livre, são:

- Grau do conhecimento das condições hidrológicas;
- Sismos;
- Deslizamentos das margens do reservatório;
- Transiente provocado pela interrupção brusca de funcionamento de estruturas hidráulicas;
- Vulnerabilidade ao galgamento (as barragens de terra são muito mais vulneráveis que as de concreto, e as de enrocamento numa situação intermedia) e ainda, a ação destrutiva do galgamento variável com a duração e a altura da lamina sobre a crista da barragem (tanto maior quanto menor o desenvolvimento da crista);
- Instabilidades na região superior da barragem;
- Velocidade de subida da água no reservatório e capacidade do descarregador de fundo (caso exista);
- Tipo de vertedouro;
- Ocupação do vale a jusante, questão central da segurança de barragens;
- Características da onda de inundação, resultante de eventual ruptura da barragem, dependentes da altura da barragem, da capacidade do reservatório, da largura e do declive do vale a jusante.

BORDA LIVRE NORMAL E MÍNIMA

Valores da borda livre recomendados

Tem-se considerado adequado (??!!) adotar os valores mínimos, indicados (ELETROBRAS, 2003):

- A borda livre normal deve ser limitada ao mínimo de 3,0 m para as barragens de aterro (terra ou enrocamento), e de 1,5 m para as barragens de concreto;
- As bordas livres normais das ensecadeiras e das casas de força devem ser limitadas ao mínimo de 1,0 m;
- A borda livre mínima deve ser de 1,0 m acima do nível de máxima cheia do reservatório em barragens de aterro, e de 0,5 m acima do nível de máxima cheia do reservatório em barragens de concreto.

DESVIO DO RIO**Responsabilidade**

- **Projeto ?**
- **Construtor ?**

**Finalidade e
Conceito Técnico**

Possibilitar a construção da barragem em condições de segurança

Deve considerar diversos fatores, como: a área e o regime hidrológico da bacia hidrográfica, as condições morfológicas e geológicas do local, o tipo de barragem, o prazo e o programa dos trabalhos, e as consequências de uma eventual ruptura das obras, provisórias ou definitivas

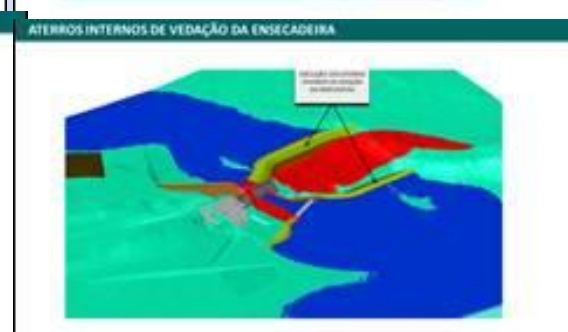
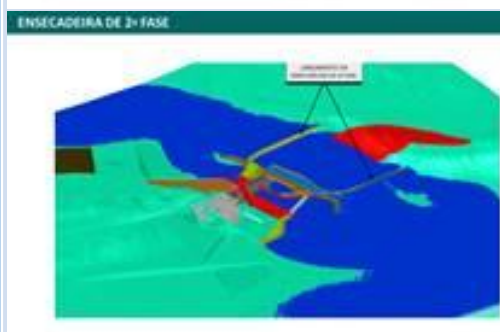
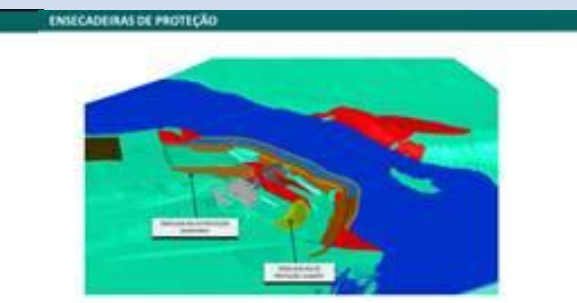
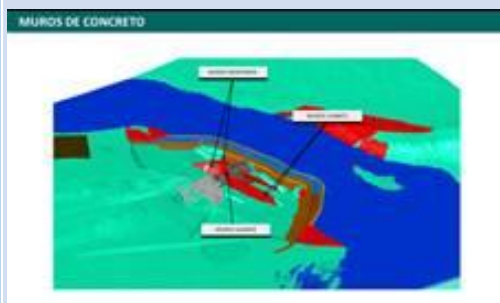
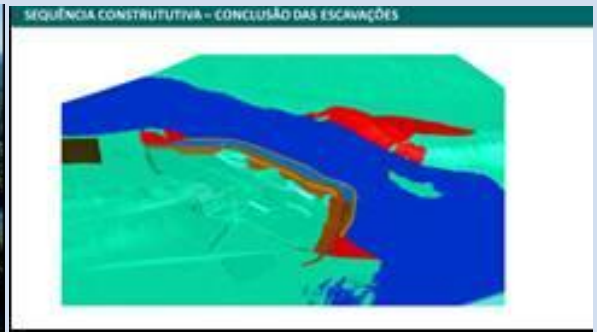
Fases

O desvio pode ser efetuado em uma ou diversas fases

- Vales abertos, o desvio do rio pode ser feito através do estrangulamento parcial do rio, que permanecera na calha natural e, após o fechamento da seção, através da própria estrutura principal.
- Vales estreitos, o desvio pode ser feito através de tuneis, galerias, estruturas rebaixadas ou adufas.

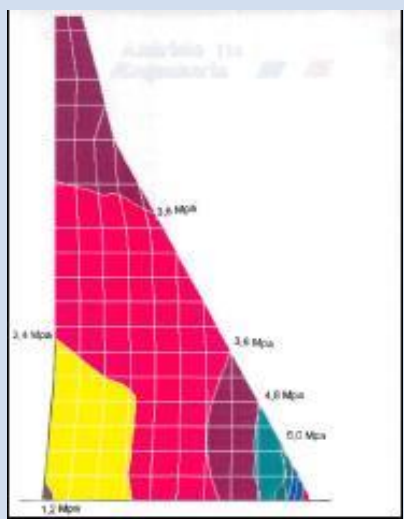
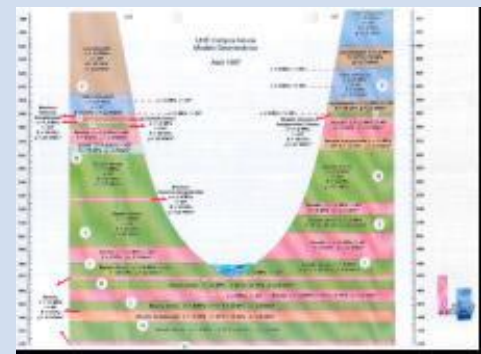
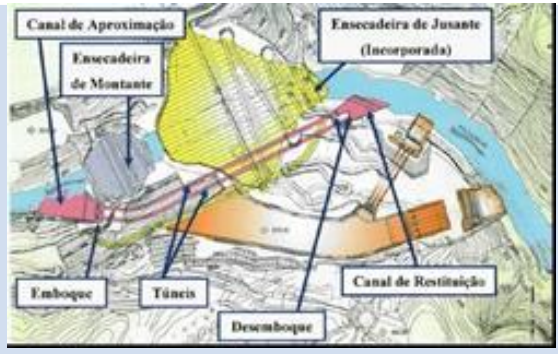
DESVIO DO RIO

Vale
Aberto



DESVIO DO RIO

**Vale
Fechado**



Fonte: ANA, Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens, volume 3, nº 4 - Guia de revisão técnica de Segurança de Barragens e de Diretrizes para Elaboração de Projetos de Barragens

ESCAVAÇÕES

Aspectos gerais	O projeto de escavações visa a definir a forma, dimensões e procedimentos executivos para tal, tendo em consideração a finalidade da escavação, as dimensões mínimas exigidas, o tipo de estruturas, as condições geológico-geotécnicas e de estabilidade dos cortes, bem como a eventual necessidade de métodos especiais de escavação (ELETROBRAS, 2003) .
Escavações Provisórias	Nas escavações provisórias, que devem permanecer apenas durante uma determinada fase da construção, as condições de segurança não necessitam ser tão rigorosas como nas definitivas.
Escavações Obrigatórias	As escavações definitivas, que permanecem ao longo do período de vida do aproveitamento, devem ser projetadas, de modo a apresentar a necessária segurança, ao longo de toda a vida do empreendimento

ESCAVAÇÕES

Escavação a céu aberto

O projeto de escavações a céu aberto deve ser desenvolvido, atendendo aos estudos geológicos, hidro geológicos e geotécnicos. Em função da responsabilidade e das dimensões dos taludes ou da ocorrência de materiais pouco conhecidos, devem ser feitas análises de estabilidade baseadas em resultados de ensaios de campo e de laboratório, a desenvolver na fase dos estudos geológicos, hidro geológicos e geotécnicos. Da **ELETROBRÁS** tem-se

DESCRIÇÃO	TALUDE MÁXIMO
Rocha sã - perm. exposta	1V:0,10H a 1V:0,20H
Rocha sã - temp. exposta	1V:0,10H a Vertical
Rocha decomposta - perm. exposta, submersa	1V:0,75H
Rocha decomposta - perm. exposta, não submersa	1V:1,0H
Rocha decomposta - temp. exposta	1V:0,50H ou mais íngreme
Capeamento - perm. exposto	1V:2,0H a 1V:1,50H
Capeamento - perm. exposto, submerso, sujeito a rebaixamento	1V:2,50H a 1V:2,0H
Capeamento - Temp. exposto	1V:1,50H a 1V:1,0H

ESCAVAÇÕES

Estabilidade Global

A estabilidade global é governada pela eventual ocorrência de descontinuidades de grande extensão, compatíveis com as dimensões dos taludes. **Deve-se** garantir a estabilidade global, por uma inclinação média conveniente, obtida por combinação dos parâmetros: inclinação das faces, altura das bancadas e largura das bermas. O tratamento estabilizante principal deve ser a drenagem profunda.

Drenagem

São dois os tipos de drenagens para os taludes: a superficial e a profunda.

- A superficial controla o efeito das chuvas sobre o talude e consta de canaletas e descidas de água, dimensionadas para chuvas de tempo de recorrência de 50 anos, no mínimo.
- A drenagem profunda tem por objetivo manter o lençol freático com nível controlado ou evitar urgências de água descontrolada em pontos críticos do talude de jusante.

ESCAVAÇÕES

Proteção e acabamentos das superfícies de escavação

Os materiais escavados devem ser estudados, com a finalidade de conhecer sua desagregabilidade e erodibilidade. Essas informações induzem aos tratamentos superficiais a serem aplicados como provisórios ou permanentes.

São limitadas as sobre escavações (“over-breaks”) e as sub escavações (“under-breaks”) para cada superfície.

Os tratamentos dos taludes rochosos podem ser superficiais ou profundos.

- Os superficiais destinam-se a conter a queda de blocos, após a remoção dos chochos, podendo ser localizados ou sistemáticos. São constituídos basicamente por chumbadores ou ancoragens, furos/tubos de drenagem, ou telas metálicas.
- Os profundos são aplicados para a estabilização de pontos específicos do talude, podendo implicar ancoragens especiais e drenagem profunda com furos.

No caso de taludes em solo, a necessidade de proteção superficial deve ser definida em função das características de erodibilidade dos materiais do terreno.

ESCAVAÇÕES

Escavações Subterrâneas

O projeto de escavações subterrâneas deve ser desenvolvido, atendendo aos estudos geológicos, hidro geológicos e geotécnicos e respectivo zoneamento e classificação.

Dimensionamento das Escavações Subterrâneas

O dimensionamento inicial dessas escavações pode ser feito por métodos empíricos com base em classificação de maciços rochosos. Cavidades de forma complexa e/ou submetidas a carregamentos extraordinários ou com condições geotécnicas difíceis podem exigir análises por métodos numéricos, como o Método dos Elementos de Contorno, Método dos Elementos Finitos, Método das Diferenças Finitas, etc

Tratamento das escavações subterrâneas

Estabelece-se um pré-dimensionamento dos suportes necessários para cada seção tipo e a definição dos critérios para suas adaptações as condições reais de campo, em função da caracterização e classificação geotécnica.

A estabilização de escavações subterrâneas deve ser obtida sempre pelo uso de materiais não perecíveis, sendo vetado o uso de madeira. Deve-se associar a aplicação de suporte a um adequado programa de instrumentação executiva

Os métodos de suporte mais convencionais envolvem: cambotas metálicas e enfilagem; ancoragens ativas ou passivas; concreto projetado com ou sem adição de fibras; tela metálica; concreto moldado, armado ou simples; e injeções prévias de consolidação

ESCAVAÇÕES

Drenagem

A drenagem em obras subterrâneas objetiva manter o lençol freático controlado ou evitar surgências de água, com utilização de furos, poços, galerias e canaletas, visando reduzir o carregamento hidráulico no revestimento estrutural.

A drenagem de obras subterrâneas pode ser decisiva para a sua estabilização, principalmente quando executada previamente a escavação. As condições hidrogeológicas podem mudar, em função da fase da obra.

Especial atenção deve ser dada aos tuneis de desvio nas fases de construção, operação, fechamento das comportas, construção e fechamento do tampão e nos tuneis de adução, em termos de pressões hidrodinâmicas.

Cuidados ambientais e de segurança e saúde ocupacional nas escavações subterrâneas

O controle ambiental é essencial para as condições seguras de trabalho. A ventilação é vital, para fornecimento de ar fresco, como na remoção de gases oriundos das detonações e/ou gerados por equipamentos.

Um aspecto a ser verificado na drenagem subterrânea é o rebaixamento dos níveis freáticos. Altos níveis de ruído gerados por equipamentos, em geral, e dutos de ventilação forçada, frequentemente, obrigam o uso de protetores de ouvido e linguagem por sinais.

TRATAMENTO DE FUNDAÇÕES

Aspectos
gerais

Principais objetivos:

- Assegurar adequadas condições de contato da estrutura com a sua fundação;
- Melhorar as propriedades mecânicas do maciço de fundação, designadamente, a resistência e a deformabilidade;
- Reduzir a permeabilidade do maciço e/ou homogeneizar os fluxos da água, através da fundação;
- Controlar as sub-pressões; e
- Evitar o carreamento de solos pela fundação (piping).

Um mapeamento geológico-estrutural da superfície da fundação, em escala compatível com a escala da obra, deve ser exigido antes da liberação, no qual sejam indicadas as litologias existentes, os sistemas de descontinuidades mais importantes, os graus de fraturamento, de decomposição e de consistência do maciço rochoso, ocorrência de urgências, e ainda eventuais ensaios e investigações realizadas e outras informações de interesse para uma posterior análise do comportamento da estrutura quando a obra estiver em operação.

O **Manual da Eletrobrás (ELETROBRAS, 2003)**, apresenta diretrizes sobre o assunto.

TRATAMENTO DE FUNDAÇÕES

Tratamento superficial

Generalidades: Objetiva preparar a superfície da fundação para receber o material que lhe será sobreposto

Remoção de materiais indesejáveis: Deve definir o nível do maciço que se considera adequado para a fundação, e os limites de variação aceitáveis;

Regularização: O projeto deve definir e justificar o tratamento a ser realizado, se remoção por escavação, retaludamento ou regularização com material adequado, em geral concretagem e, se de maneira localizada ou generalizada.

Limpeza: Deve ser considerada no projeto, incluindo a grossa e a limpeza fina, esta última com lavagem.

Recobrimento superficial: O recobrimento superficial da fundação deve ser definida em função de ocorrer carreamento do material do aterro para a fundação ou do material da fundação para dentro do aterro.

Drenagem superficial: O tratamento superficial deve considerar a necessidade de controle de surgências, durante o lançamento dos materiais, podendo essas drenagens ser associadas as drenagens definitivas. Materiais granulares em tapetes ou drenos e até, eventualmente, meias canas de concreto devem ser considerados prioritariamente no projeto da estrutura, desde que seu objetivo principal seja o controle de subpressão.

Injeções localizadas: Essas injeções de pequena profundidade tem por objetivo vedar zonas abaladas pela detonação, assegurar contatos de concreto com a fundação, tratamento de descontinuidades geológicas específicas.

TRATAMENTO DE FUNDAÇÕES

Tratamento profundo

Generalidades: O tratamento profundo da fundação tem por objetivo melhorar as propriedades do maciço em seus aspectos de resistência, deformabilidade e permeabilidade ou prover meios para sua melhor drenagem.

Consolidação: A necessidade de consolidação da fundação depende da sua natureza e dos requisitos estruturais e da impossibilidade de atendê-los com os maciços.

O método mais comum de consolidação da fundação consiste na injeção de caldas de cimento. Essas injeções permitem melhorar a resistência e/ou a deformabilidade do maciço, bem como homogeneizar a parte superior da rocha de fundação, quando excessivamente fraturada ou quando eventualmente abalada pelas detonações.

Injeção profunda: A injeção profunda executada através de furos dispostos ao longo de linhas, formando uma cortina, e visa a controlar a percolação, através da fundação, reduzindo o fluxo afluyente aos sistemas de drenagem.

As disposições do projeto devem incluir os seguintes aspectos:

- Modelo de comportamento hidro geotécnico da fundação;
- Definição da posição da(s) cortina(s), número de linhas, diâmetro dos furos, bem como sua orientação e profundidade, as quais devem ser definidas com base no modelo hidro geotécnico e na altura da barragem;

TRATAMENTO DE FUNDAÇÕES

Tratamento profundo

- Definição das caldas a serem usadas, aditivos, critérios para engrossamento de calda, ensaios de controle de campo e pressões de injeção;
- Ensaios de verificação dos resultados e critérios para aceitação do tratamento;
- Durabilidade da cortina a longo prazo, levando em conta a possibilidade de lixiviação da calda em condições agressivas da água de percolação.

Drenagem profunda de fundações em maciços rochosos: A drenagem das fundações da barragem, com grande influência na sua estabilidade, visa controlar as supressões na superfície de fundação.

A profundidade da cortina de drenagem deve ser da ordem de 80% da profundidade da cortina de injeção adjacente, devendo sempre atravessar o trecho fissurado superficial e ser localizada a jusante da cortina de injeções.

Nas fundações, em que o fluxo é controlado, predominantemente, pelas discontinuidades do maciço rochoso, o diâmetro dos furos tem pouca influência na eficiência da drenagem (podem ser adotados furos de diâmetro máximo da ordem de 10 cm, semelhantes aos usados nas sondagens convencionais, perfurados a roto-percussão).

TRATAMENTO DE FUNDAÇÕES

Tratamento profundo

As condições de manutenção e monitoramento do sistema de drenagem profunda em maciços rochosos, visando ao controle da sua eficiência, são muito importantes para a estabilidade das respectivas estruturas.

Drenagem profunda de fundações em solo: A drenagem profunda de fundações em solo é executada nos casos onde ocorrem camadas superficiais e de baixa permeabilidade a jusante, as quais exercem um bloqueio da saída do fluxo, elevando as supressões nessa região da barragem e comprometendo sua estabilidade, ou mesmo criando condições para a ocorrência de fluxos de saída concentrados.

**BARRAGENS DE ATERRO (TERRA E ENROCAMENTO) –TEMA DE
RESPONSABILIDADE DE OUTRO ESPECIALISTA**

BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Estruturas

As barragens de concreto são caracterizadas pela sua forma, dimensões e materiais utilizados na construção, tais como o concreto convencional vibrado e o concreto compactado com rolo. São classificadas em:

- gravidade,
- gravidade aliviada,
- contrafortes,
- arco simples e
- arcos múltiplos, estes últimos
 - em simples ou
 - dupla curvatura





BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Atenções

De um modo geral, no projeto das diferentes barragens de concreto massa, devem:

- Evitar formas angulosas e reentrâncias acentuadas, descontinuidades e heterogeneidades, utilizando armaduras nessas zonas quando não evitáveis, assim como na vizinhança de aberturas;
- Utilizar, sempre que possível, estruturas curvas, quer em planta quer na vertical;
- Evitar cristas excessivamente rígidas;
- Considerar, no caso de barragens em arco, arcos com curvatura decrescente e espessura constante ou aumentando para os apoios e, sempre que possível, estruturas simétricas, com bases de fundação direta (socos de fundação) e, se necessário, com encontros artificiais;
- Utilizar concreto de baixa permeabilidade a montante, **armaduras de pele ou concretos de maior resistência**, junto aos paramentos e sistemas de drenagem no interior;
- **Privilegiar, mesmo no caso de barragens gravidade, a injeção das juntas de contração**;
- Incluir nas obras de maior porte e suas fundações um sistema de galerias que, além de facilitarem a drenagem, permitam o acesso as diferentes zonas e a vizinhança da superfície de fundação.

BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO**Justificativas
necessárias**

Nos projetos das barragens de concreto devem constar, fundamentalmente, os seguintes elementos (**NPB 1993 ???**):

- Justificativa da solução adotada;
- Definição das formas das barragens;
- Condicionamentos impostos as formas pela fase de construção, **citando-se, a título de exemplo, as curvaturas verticais e as inclinações das barragens de arco, como consequência do efeito do peso próprio, a existência de mais ou menos juntas de contração, como consequência do desenvolvimento e dissipação do calor de hidratação do cimento, a eventual eliminação de juntas e o uso de maiores espessuras, em consequência da utilização de técnicas de arrefecimento artificial e, ainda**, a eventual necessidade de manter, durante a construção, blocos de menor altura, para a passagem de cheias maiores do que as que podem ser descarregadas pelas obras de desvio do rio;
- Valor da vazão de cheia adotada no dimensionamento das obras de desvio do rio;
- Estudo das obras de desvio do rio;
- Justificativa e definição dos órgãos extravasores e de operação.

BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Fundações	As fundações das barragens de concreto, constituídas por maciços rochosos, formam um conjunto com a estrutura que suportam e os projetos devem, incluir disposições relativas ao estudo das fundações e ao seu tratamento.
Estudo das fundações	Os estudos geológicos, hidro geológicos e geotécnicos, constituem a base para a definição dos parâmetros que caracterizam o comportamento hidráulico e estrutural dos maciços de fundação das barragens de concreto. Nos casos especiais de barragens de concreto apoiadas sobre maciços aluvionares ou cársticos, devem ser consideradas as características específicas desses maciços.
Tratamento dos maciços de fundação	O tratamento dos maciços de fundação das barragens de concreto visa, melhorar as características mecânicas e hidráulicas desses maciços, por intermédio de injeções de consolidação e impermeabilização do maciço ou de ligação na interface estrutura fundação e por sistemas de drenagem.

BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Materiais

Concreto massa: Estudos de natureza técnica e econômica, considerando as características, disponibilidade e procedência dos agregados, cimentos, aditivos Minerais e/ou químicos.

O **Manual de Eletrobrás (2003)** cita as respectivas diretrizes sobre isso.

No projeto devem ter-se em conta os seguintes aspectos (**NPB, 1993 ????),**

No Manual da Eletrobrás (**ELETROBRAS, 2003**) podem ser encontradas informações adicionais sobre as características dos concretos para barragens.

Outros materiais

As características de outros materiais utilizados nas barragens de concreto e nos órgãos extravasores e de operação, tais como aço, materiais dos dispositivos de vedação e dos aparelhos de apoio, devem respeitar o indicado no **Manual da Eletrobrás (ELETROBRAS, 2003)** as especificações das normas brasileiras da **ABNT** ou, na sua ausência, as normas equivalentes da **ASTM**

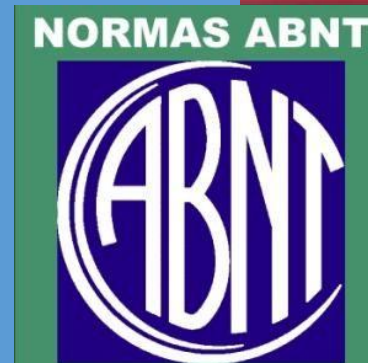
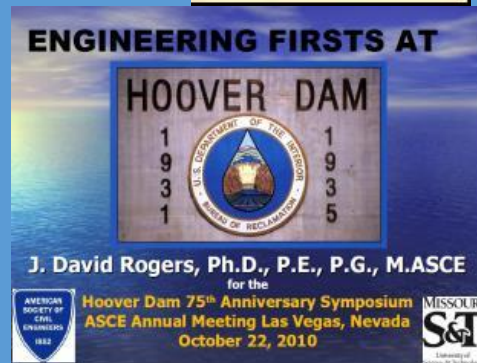
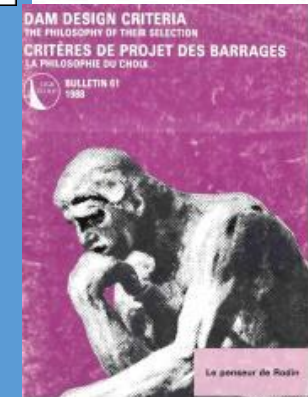
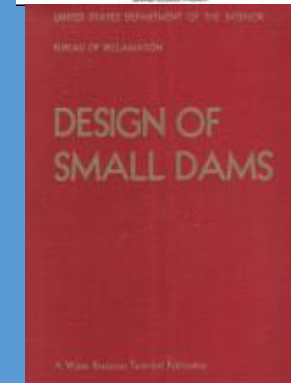
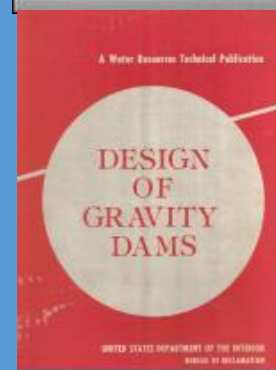
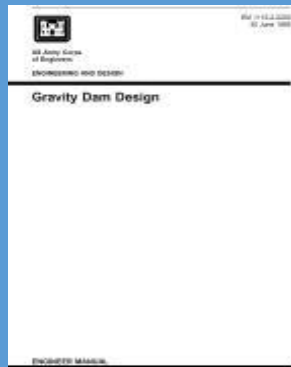
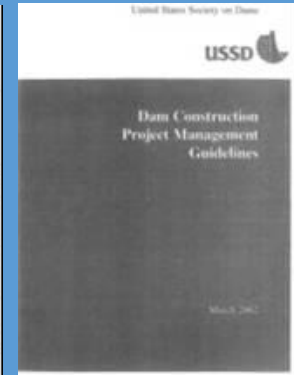
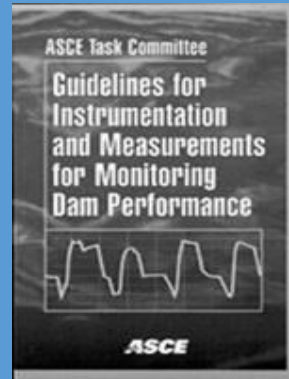
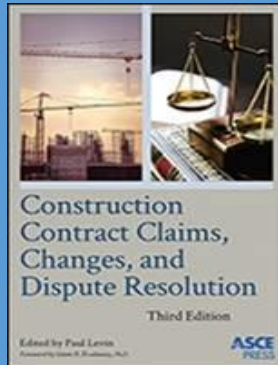
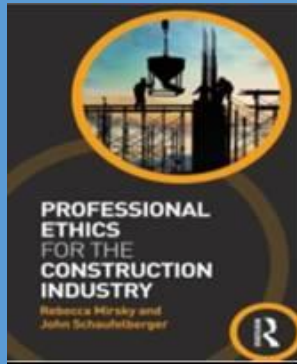
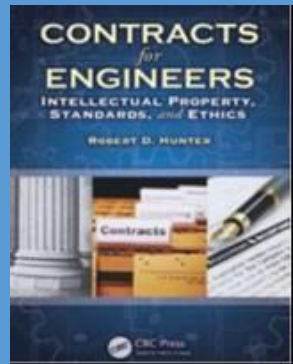
CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Aspectos gerais

O projeto das barragens e outras estruturas de concreto tem por objetivo definir as formas, dimensões e outras características das estruturas, de modo a satisfazer as condições de segurança, funcionalidade, durabilidade e fácil operação e manutenção, com a maior economia possível, ao longo da vida útil destas obras

CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Informações Auxiliares



CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Condições de Carregamento

Modelos para análise das:

- Condições normais (CCN),
- Construção (CCC);
- Excepcionais (CCE), e
- Limites (CCL).

Barragens gravidade

Essas obras têm frequentemente planta reta e, em muitos casos incorporam o vertedouro e tem a casa de força colocada numa das margens.

Cada um dos blocos dessas barragens é dimensionado para suportar, por intermédio do seu próprio peso, os carregamentos que atuam sobre ele.

A subpressão na superfície de fundação, na medida em que reduz os efeitos do peso próprio, é uma ação muito importante nestas obras. A distribuição das subpressões ao longo da superfície de fundação depende da forma como se processa a percolação entre montante e jusante e, portanto, das características do maciço rochoso, dos níveis da água e dos sistemas de impermeabilização e de drenagem

(ANDRADE, R. M., 1984).



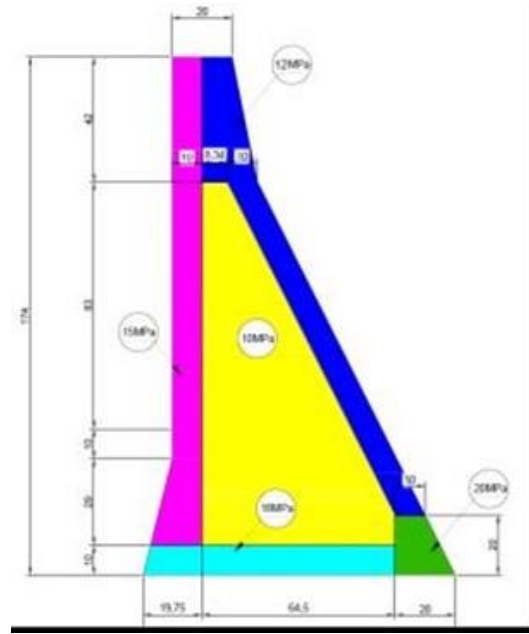
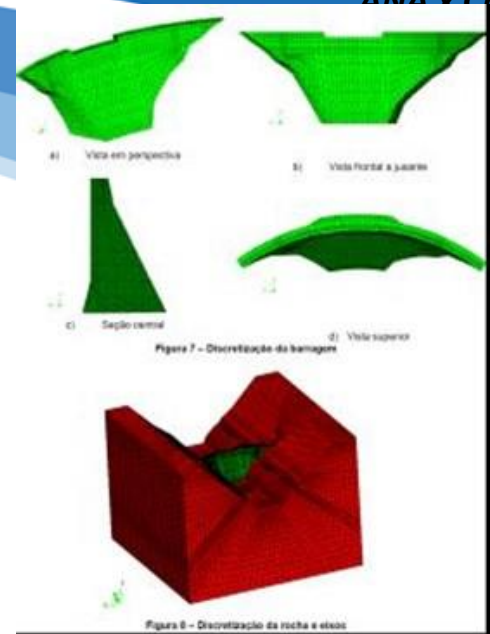
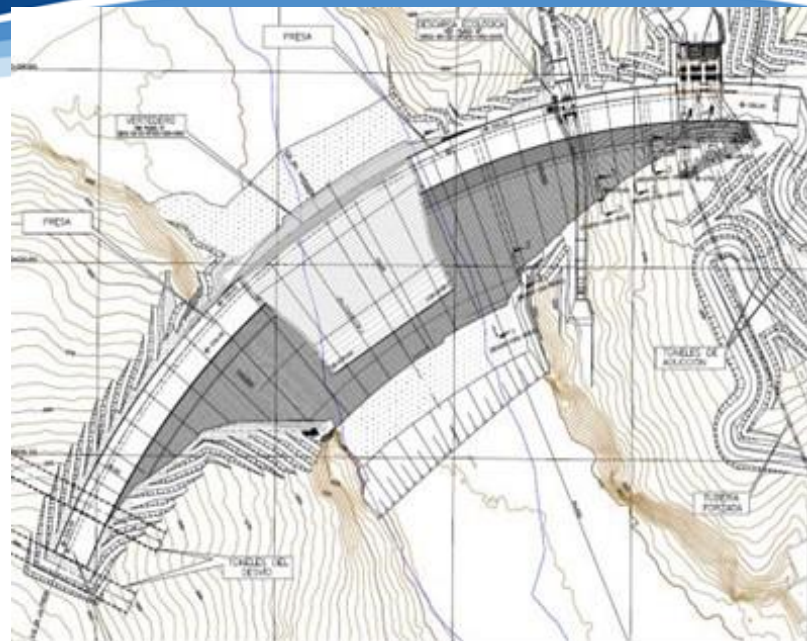
CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Barragens em arco

As barragens em arco são construídas em vales em U ou em V relativamente estreitos (relações extensão/altura inferiores a 5 ou 6), com maciços rochosos de boa qualidade, especialmente nas ombreiras.

A curvatura em planta assegura um comportamento arco, que equilibra grande parte das pressões da água, desde que as ombreiras assegurem o necessário apoio.

**CONCEITUAÇÃO IMPORTANTE: Aspecto Térmico;
Sismicidade**



CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Avaliação da segurança das estruturas

Deve ser feita a avaliação das condições de segurança e funcionalidade em relação aos cenários de acidente e incidente mais importantes associados a cada estrutura (estados-limite últimos e de utilização), por meio de modelos adequados. Devem ser consideradas em especial as estruturas principais, incluindo a interação com as fundações e, em particular, as interfaces concreto-rocha.

Os critérios de segurança devem apoiar-se em coeficientes e tensões admissíveis, devidamente comprovados pela experiência com estruturas do mesmo tipo, ao longo de muitos anos.

Nos itens seguintes, faz-se uma breve referência aos modelos de análise estrutural presentemente utilizados no estudo das estruturas de concreto das barragens e referem-se, em especial, os critérios de segurança destas estruturas estabelecidos pela **ELETROBRAS e pelo Comitê Brasileiro das Barragens (ELETROBRAS, 2003), enquadrados pelos princípios gerais estabelecidos na norma brasileira NBR 8681/84.**

CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Modelos e métodos de análise estrutural	A análise dos diferentes modelos e atualmente feita por meio de métodos numéricos, em especial, pelo método dos elementos finitos. Estão hoje disponíveis no mercado programas de cálculo automáticos muito gerais para análise do comportamento estático e dinâmico dos modelos pelos métodos referidos.
Análise de estabilidade global	<p>Nos estudos das barragens de concreto deve ser dada especial atenção a verificação da estabilidade global em relação aos seguintes estados-limite:</p> <ul style="list-style-type: none">• deslizamento em qualquer plano, seja da estrutura, seja da fundação,• tombamento,• flutuação e• tensões na barragem, na fundação e na interface concreto-rocha.

CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Coeficientes de segurança – valores mínimos admissíveis

O grau de estabilidade mínimo requerido para as estruturas, em relação aos estados-limite de deslizamento, tombamento e flutuação e definido pelos valores mínimos admissíveis para os respectivos coeficientes de segurança.

Para a segurança ao deslizamento, os fatores de redução do coeficiente de atrito (tangente do ângulo de atrito) e da coesão (FSD_ø e FSD_c), para as situações de carregamento normal (CCN), excepcional (CCE), limite (CCL) e de construção (CCC), são indicados mostrados abaixo.

FATORES DE REDUÇÃO	CASOS DE CARREGAMENTOS				COEFICIENTE DE SEGURANÇA	CASOS DE CARREGAMENTOS			
	CCN	CCE	CCL	CCC		CCN	CCE	CCL	CCC
FSD _ø	3,0 (4,0)	1,5 (2,0)	1,3(2,0)	2,0 (2,5)	FLUTUAÇÃO - FSF > TOMBAMENTO - FST >	1,3	1,1	1,1	1,2
FSD _c	1,5(2,0)	1,1(1,3)	1,1(1,3)	1,3 (1,5)		1,5	1,2	1,1	1,3

Fatores de redução das resistências de atrito e coesão. (Fonte: ELETROBRAS, 2003, Quadro 7.4)

Coeficientes de segurança ao tombamento e a flutuação. (Fonte: ELETROBRAS, 2003, Quadro 7.5)

CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Análise de tensões e deformações

A verificação da segurança, em relação ao estado-limite ultimo de perda de equilíbrio global, deve ser complementada por análises de tensões e deformações, para verificação das condições de segurança em relação a rupturas localizadas, devido a tensões máximas localizadas (bem como as distribuições de tensões e respectivos níveis médios), deformações excessivas e vibrações (ressonância, deformações e tensões máximas).

Nas análises de tensões, devem ser considerados os efeitos da retração e das variações de temperatura, bem como as sub pressões, onde aplicável.

Na definição do comportamento do concreto, devem ser levados em consideração os efeitos de fluência e da relaxação.

Para as condições de carregamentos normais, as seções nas estruturas de concreto massa devem trabalhar a compressão ou com tensões de tração menores que a tensão admissível do concreto. Para as seções nas fundações, não serão admitidas tensões de tração, devendo a resultante dos esforços solicitantes estar aplicada dentro do núcleo central de inercia da área da base.

CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Análise de tensões e deformações

Nos carregamentos excepcionais, limites e de construção, admite-se que a resultante possa estar aplicada fora do núcleo central de inercia.

Nesses casos, deve ser refeita a análise de tensões, considerando uma pressão intersticial ou sub pressão integral na zona tracionada, quando eventuais tensões efetivas de tração superarem as tensões admissíveis, definidas para cada caso, sendo nula, entretanto, a capacidade de resistência a tração no contato concreto-rocha. A partir dos novos esforços solicitantes, recalculam-se as tensões normais e de cisalhamento e os coeficientes de segurança ao deslizamento, tombamento e flutuação, se for o caso.

Nos carregamentos com aplicação do efeito sísmico, deve ser considerado que, devido à natureza do fenômeno, não haverá aumento da subpressão e da pressão intersticial em zonas eventualmente tracionadas.

CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO





Tensões admissíveis no concreto massa

As tensões admissíveis de compressão e de tração são definidas em função da resistência característica do concreto a compressão (f_{ck}), por intermédio dos coeficientes indicados abaixo para os diferentes casos de carregamento.

CASO DE CARREGAMENTO	TENSÃO ADMISSÍVEL À COMPRESSÃO
CCN	$0,50 f_{ck}$
CCC	$0,55 f_{ck}$
CCE	$0,60 f_{ck}$
CCL	$0,65 f_{ck}$

CASO DE CARREGAMENTO	TENSÃO ADMISSÍVEL À TRAÇÃO
CCN	$0,050 f_{ck}$
CCC	$0,055 f_{ck}$
CCE	$0,060 f_{ck}$
CCL	$0,065 f_{ck}$

A resistência característica do concreto a compressão f_{ck} , deve ser especificada no projeto executivo, a partir do valor médio da resistência, obtido em ensaios realizados na idade de j dias (f_{cj} , em geral $j > 28$ dias). **Nota: DEVE SER INDICADA A CONFIANÇA ESTATÍSTICA A SER ADOTADA**

Classe	Resistência Característica à Compressão (fck)		Utilização
	Valor (MPa)	Idade (Dias)	
H	30	90	<ul style="list-style-type: none"> concreto resistente à abrasão (t = 1,645) superfícies hidráulicas sujeitas a velocidades >12m/s (ver notas 2 e 3) (t=1,645)  concreto secundário das guias de comportas (t = 1,645)
G	25	90	<ul style="list-style-type: none"> concreto densamente armado (t = 1,645) superfícies hidráulicas sujeitas a velocidades entre 4 m/s e 12m/s (ver nota 3) (t=1,645) concreto resistente à abrasão (t=1,645) concreto protendido (t = 1,645) peças pré-moldadas (t = 1,645)
F	30	28	<ul style="list-style-type: none"> superfícies hidráulicas sujeitas a velocidades > 12m/s (ver notas 2 e 3) (t=1,645) concreto secundário das guias de comportas (t = 1,645)
E	25	28	<ul style="list-style-type: none"> concreto protendido (t = 1,645) concreto densamente armado (t = 1,645)  peças pré-moldadas (t = 1,645) superfícies hidráulicas sujeitas a velocidades entre 4 m/s e 12m/s (ver nota 3) (t=1,645)
D	20	28	<ul style="list-style-type: none"> concreto armado (t = 1,645) concreto com baixa densidade de armadura dos pilares e muros do vertedouro (t = 1,282) regiões sujeitas a solicitações dinâmicas t = 1,645 peças pré-moldadas (t = 1,645) superfícies hidráulicas sujeitas a baixas velocidades de água < 4 m/s (ver nota 3) (t = 1,645)
C	20	90	<ul style="list-style-type: none"> concreto armado (t = 1,645) concreto com baixa densidade de armadura dos pilares e muros do vertedouro (t = 1,282)  regiões sujeitas a solicitações dinâmicas (t = 1,645) superfícies hidráulicas sujeitas a baixas velocidades de água < 4 m/s (ver nota 3) (t=1,645)
B	15	90	<ul style="list-style-type: none"> concreto armado (t = 1,645) concreto maciço com baixa densidade de armadura (t = 1,282) impermeabilização de fundação (t = 0,842)  concreto de face ou de envoltório do CCR (t = 0,842)
A	9	90	<ul style="list-style-type: none"> preenchimento de cavidades e irregularidades de fundação (t = 0,842) concreto massa (t = 0,842)

CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Tensões admissíveis nas fundações

Do item 7.3.4 do Manual da Eletrobrás tem-se:

A capacidade de carga das fundações é relacionada à tensão normal máxima, definida mediante critérios que atendam as condições de ruptura, e as limitações relativas aos recalques excessivos, prejudiciais ao comportamento e perfeita utilização da estrutura.

A tensão normal máxima admissível na fundação deverá ser obtida a partir da seguinte relação:

$$\sigma_{t,adm} = \frac{\text{Capacidade de carga da fundação}}{\text{Coeficiente de segurança}}$$

A capacidade de carga do material de fundação deverá ser determinada por métodos adequados, utilizando-se como subsídios os resultados de ensaios “in situ” e os de laboratório. Já para o coeficiente de segurança, são recomendados os valores especificados a seguir:

CASO DE CARREGAMENTO	COEFICIENTE DE SEGURANÇA
CCN	3,0 (4,0)
CCC	2,0 (3,0)
CCE	1,5 (2,0)
CCL	1,3 (1,5)

A adoção destes valores pressupõe razoável conhecimento dos parâmetros de resistência dos materiais envolvidos. Os coeficientes de segurança devem ser aumentados nos casos em que tal conhecimento é precário ou os materiais não apresentam constância de comportamento. Neste caso, deve-se adotar os valores indicados entre parênteses.

CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Aspectos gerais Para Dimensionamento e verificação da segurança. Estados-limite

O dimensionamento das estruturas de concreto massa e das estruturas em concreto armado ou protendido dos órgãos extravasares e de operação das barragens deve ser feito obedecendo as prescrições e normas da ABNT.

As estruturas devem ser dimensionadas para estados-limite últimos, associados ao colapso ou a qualquer forma de ruína estrutural, que determina a paralização do uso da estrutura.

Os principais estados-limite de utilização estão associados a deformação excessiva e a fissuração. Admite-se uma abertura de fissuras de 0,3 mm para as estruturas, em geral, e de 0,2 mm para as zonas em contato com a água, conforme a NBR-6118/00.

Tabela 13.3 - Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental

Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	—
Concreto armado	CAA I	ELS-W $w_s \leq 0,4$ mm	Combinação frequente
	CAA II e CAA III	ELS-W $w_s \leq 0,3$ mm	
	CAA IV	ELS-W $w_s \leq 0,2$ mm	
Concreto protendido nível 1 (protensão parcial)	Pré-tração com CAA I ou Pós-tração com CAA I e II	ELS-W $w_s \leq 0,2$ mm	Combinação frequente
	Concreto protendido nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração com CAA II ou Pós-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo
ELS-F			Combinação frequente
Concreto protendido nível 3 (protensão completa)	Pré-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação rara
		ELS-D ¹⁾	Combinação frequente

¹⁾ A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DIP com $a_s = 25$ mm (Figura 3.1).

NOTAS

1 As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2.

2 Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV exige-se que as corchas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.

CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Aspectos gerais
Para
Dimensionamento
e verificação da
segurança.
Estados-limite

As cargas que possam causar impactos nas estruturas devem ser majoradas pelos coeficientes de ponderação indicados no quadro abaixo:

TIPO DE ESTRUTURAS	COEFICIENTES DE IMPACTO
Apoio de máquinas rotativas	1,5
Apoio de máquinas leves	1,2
Cargas móveis -	
Pontes rodoviárias e ferroviárias, exceto pórticos e pontes rolantes	Ver normas da ABNT (NBR - 7187)
Em lajes, vigas, pilares e pórticos de edifício	1,1
Em fundação de edifícios	1,0
Estruturas leves de suporte de elevadores e guindastes fixos	2,0
Fundações e pilares não esbeltos que suportem cargas provenientes de elevadores ou guindastes fixos	1,4
Plataforma de transformadores e outras estruturas de suporte de equipamentos que se desloquem sobre trilhos	1,1
Pórticos e pontes rolantes	1,25

Coeficientes de impacto.

(Fonte: ELETROBRAS, 2003, Tabela 8.2)

CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Análise estrutural

No que diz respeito aos esforços externos ativos, devem ser considerados:

- As combinações mais desfavoráveis de nível de água, a montante e a jusante, bem como os correspondentes diagramas de subpressão;
- As cargas variáveis, em intensidade e direção, do modo mais desfavorável;
- As cargas acidentais, uniformemente distribuídas ou concentradas, na combinação mais desfavorável em termos de intensidade, localização, direção e sentido;
- As peças e elementos estruturais na região da fundação e no interior das estruturas, analisados com e sem subpressão;
- Os empuxos de terra nas estruturas, considerando a ocorrência de lençol freático, caso exista;
- Os esforços de ondas no dimensionamento de estruturas, tais como comportas (podendo ser desprezados nos estudos das estruturas em massa);
- Os efeitos das variações de temperatura nas barragens (de contrafortes, gravidade aliviada e arco).

CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Coefficientes de segurança

Os coeficientes de majoração das cargas e de minoração das resistências do concreto e do aço são indicados no Quadro abaixo

CASO DE CARREGAMENTO	TIPO DE ESTRUTURA	VERIFICAÇÃO	COEFICIENTES		
			γ_f	γ_c	γ_s
CCN	a) Estrutura de concreto massa	Ausência de Armadura Necessidade de Armadura	2,0 1,4	- 1,4*	- 1,15
	b) Estrutura de concreto armado ou protendido (Reticuladas/Laminares)	Estado Limite Último Estado de Utilização	1,4** 1,0	1,4* 1,0	1,15 1,0
CCC, CCE, CCL	a) Estrutura de concreto massa	Ausência de Armadura Necessidade de Armadura	1,6 1,1	1,4* 1,4*	- 1,15
	b) Estrutura de concreto armado ou protendido (Reticuladas/Laminares)	Estado Limite Último	1,1	1,4*	1,15

(*) Para as obras com alto padrão de controle de qualidade do concreto poderá-se-á adotar o $\gamma_c = 1,3$ conforme está referenciado no item 5.4.1 da NBR-6118/00.
 (**) Poderão ser observadas as recomendações da NBR- 8681/84;
 γ_f Coeficiente de majoração das cargas
 γ_c Coeficiente de minoração da resistência do concreto
 γ_s Coeficiente de minoração da resistência do aço

Coefficientes de segurança.

(Fonte: ELETROBRAS, 2003, Tabela 8.1)

Dimensionamento das Estruturas em concreto armado e protendido

O dimensionamento das estruturas reticuladas e das placas submetidas a flexão deve ser feito por verificação dos estados-limite (ultimo e de utilização), com os coeficientes de segurança e minoração indicados.

O dimensionamento das estruturas em concreto protendido deve ser feito por verificação dos estados-limite (ultimo e de utilização), com os coeficientes de segurança e minoração, características dos materiais e outros requisitos estabelecidos na **NBR-7197, NBR-7482, NBR- 7483 e demais normas brasileiras da ABNT**

CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Dimensionamento das Estruturas em concreto massa e em concreto compactado a rolo

Considera-se assegurada a verificação da segurança dessas estruturas quando os estados múltiplos de tensão, devido aos valores de cálculo das ações (majorados por coeficiente de segurança), estiverem no interior da envoltória de Mohr, correspondente aos valores característicos da resistência do concreto massa. Não se dispondo de determinação experimental da envoltória de Mohr, relativa ao concreto massa, poderá ser adotada a envoltória de **Telemaco Van Langendonck (ELETROBRAS, 2003)**.

Os efeitos das variações de temperatura, interna e externa, bem como da retração do concreto nas estruturas de concreto massa, devem ser analisados por meio de ensaios e estudos por meio de modelos térmicos.

Os efeitos da fluência do concreto e, eventualmente, da relaxação, devem ser considerados na determinação das tensões e deformações e devidamente ensaiados em corpos de prova em laboratório.

As estruturas em concreto compactado com rolo são similares as de concreto massa e devem ser dimensionadas, de acordo com critérios idênticos.

CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Estudos térmicos de concreto massa

No planejamento executivo da obra (cronograma executivo, métodos construtivos, características das formas e equipamentos disponíveis) devem ser definidas as características das camadas de concretagem, a sua altura e sequência de colocação, de modo a permitir um adequado controle da fissuração por tensões de origem térmica.

Estas tensões devem ser determinadas através de estudos da evolução térmica da massa.

Devem ser conhecidos os parâmetros que determinam a evolução térmica da massa, tais como:

- Concreto e seus materiais constituintes: propriedades térmicas e propriedades mecânicas;
- Condições de contorno: condições térmicas ambientais regionais, tipos de formas e prazos de desforma;
- Recursos disponíveis: possibilidade de refrigeração do concreto, utilização de pozolana, condições de fabricação, transporte e aplicação, sequência executiva e tempo de retomada entre camadas, bem como as condições e tipo de cura.

Os cálculos preferencialmente devem ser feitos considerando o fluxo de calor tri direcional. Simplificações, considerando o fluxo uni- ou bidirecional, em função das dimensões da peça em estudo, desconsiderando o fluxo em determinada direção, cuja dimensão seja superior a 2,5 vezes a menor dimensão da peça, são normalmente adotados.

CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Estudos térmicos de concreto massa

Essa verificação deve ser feita para diversas idades, ao longo da curva de resfriamento da estrutura, devendo ser considerado o ganho da resistência do concreto e, quando for o caso, a minimização dessas tensões, em função da fluência.

O tempo de retomada entre camadas não deve ser inferior a três dias e não superior a 21 dias, admitindo-se sua redução, comprovada em cálculos de comportamento térmico, inclusive a utilização de formas deslizantes, com subida de 20cm por hora.

Nos casos especiais, como nas fundações sobre maciços rochosos ou quando alguma camada permanecer exposta por mais de 21 dias, a retomada será feita com altura de camada equivalente à metade da altura anteriormente determinada. Estudos específicos poderão alterar as idades limite de três e 21 dias.

Estruturas executadas com Concreto Compactado a Rolo (CCR), com camadas de concretagens de pequena espessura (~30 cm) poderão ser concretadas de forma contínua, sem necessidade de tempo de espera entre camadas.

Nota: DEBATER ESSE ASSUNTO

Na determinação das tensões e deformações ao longo do tempo, deve ser considerado o efeito de fluência. Em relação as tensões, poderá ser considerado o efeito do peso próprio, como carregamento combinado ao efeito térmico.

As tensões de tração, decorrentes das deformações térmicas, serão consideradas satisfatórias, quando, comparadas a resistência a tração do concreto, proporcionarem um coeficiente de segurança não inferior a 1,10.

CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Disposições construtivas Cobrimento das armaduras

O cobrimento mínimo das armaduras, inclusive da armadura de distribuição e dos estribos, e o indicado no quadro abaixo:

TIPO DE ESTRUTURAS	COBRIMENTO MÍNIMO (cm)
Estruturas sem risco de incêndio, em ambiente abrigado, sem contato com o solo. -	
Lajes	2,0
Paredes, vigas e pilares	2,5
Estruturas sujeitas a incêndio	Ver NB-503
Estruturas não abrigadas ou em contato com o solo ou submersa	
Aço $\phi \leq 16\text{mm}$ -	3,5
Aço $\phi > 16\text{mm}$	5,0
Estruturas submersas, sujeitas a corrente d'água	7,5
Estruturas sujeitas a corrente d'água em alta velocidade(soleira de vertedouro, etc) $\geq 12\text{ m/s}$	10,0

Cobrimento mínimo.

(Fonte: ELETROBRAS, 2003, Tabela 8.3)

CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Disposições construtivas
Espaçamento, esperas, emendas e dobramento das barras

O espaçamento das barras, emendas para as estruturas em concreto armado deve atender ao disposto no subitem **6.3.2 da NBR-6118/00.**

O espaçamento das barras para as estruturas em concreto massa não deve ser inferior a 15 cm.

Nas juntas de construção horizontais, o comprimento máximo das esperas, quando possível, deve ser igual a altura correspondente a duas camadas de concreto, acrescido do comprimento de uma emenda por trespasse, salvo em faces adjacentes a superfície de escavação, onde tal limitação não se aplica.

Nas juntas verticais de construção deve-se, em geral, prever as emendas próximas as juntas.

As emendas poderão ser do tipo trespasse, solda ou luva, respeitando a NBR-6118/00. São permitidas as emendas por trespasse nas barras de bitolas 32mm, como comprimentos de expresse na **NBR-6118/00.** Para o dobramento e fixação das barras deve ser respeitada a **NBR-6118/00.**

CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Disposições construtivas
Armadura contra a retração

Para as estruturas de concreto armado, armadura contra a retração deve ser calculada de acordo com a **ABNT**

Drenos

Os drenos no interior das barragens de concreto tem por finalidade interceptar eventuais percolações, visando:

- evitar pressões intersticiais elevadas, decorrentes da água de infiltração;
- detectar eventuais falhas na construção do concreto no final da obra (tais como deficiências de vibração, juntas de construção permeáveis, etc.), para seu reparo antes do enchimento do reservatório;
- detectar, durante a vida útil da barragem, a formação de fissuras na parte de montante dos blocos.

Usualmente, prevê-se uma linha de furos de drenagem, com diâmetro entre 75 e 200 mm, a cada três metros entre si.

Antes do enchimento do reservatório, esses drenos devem ser submetidos a ensaios sob pressão.

CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Juntas- Juntas de construção

As juntas de construção horizontais são função da altura limite das camadas de concretagem, determinadas de acordo com o planejamento executivo da obra e do controle da fissuração de origem térmica.

Juntas de construção verticais podem também ser necessárias, em função do planejamento e sequencia construtiva prevista para a estrutura.

O tratamento das juntas de construção, horizontais ou verticais, visa eliminar da superfície do concreto endurecido quaisquer substancias que prejudiquem a aderência com o concreto fresco. Os jatos serão aplicados com intensidade suficiente para remover apenas as impurezas e a nata de cimento superficial, sem exposição excessiva dos agregados graúdos, para garantir a aderência perfeita entre as duas camadas de concretagem

CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Juntas- Juntas de contração

Essas juntas são criadas nas estruturas de concreto, de modo a reduzir as tensões de tração, decorrentes da retração e das variações (internas e/ou externas) de temperatura.

O espaçamento deve ser determinado, de forma a atender a funcionalidade da estrutura, mantendo as condições de estabilidade determinadas em estudos específicos. O espaçamento entre as juntas de contração, que define o comprimento dos blocos das estruturas, deve levar em conta, também, a capacidade de produção e de lançamento do concreto.

As juntas de contração devem, porém, permitir a livre movimentação entre as partes, sendo as armaduras interrompidas, e eliminada a aderência entre o concreto das faces.

Quando sujeitas a pressões de água, as juntas de contração devem ser dotadas de veda-juntas.

9.11. JUNTAS

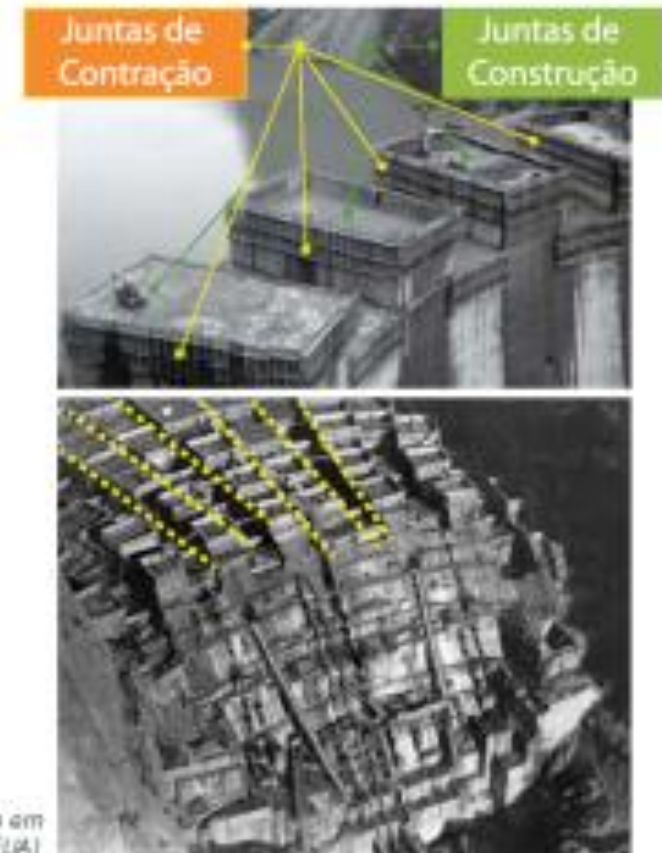
9.11.3. Tipos

9.11.3.3. Juntas de Construção

Para auxiliar na construção e no lançamento de concreto, **juntas de construção** são projetadas e criadas durante grandes concretagens massivas como interrupções programadas.

A superfície do concreto no local da parada do lançamento torna-se uma junta de construção, caso a concretagem seja retomada.

As dimensões da estrutura e o tempo para colocação do concreto são fatores que contribuem para a criação de juntas de construção. Algumas juntas de construção são inevitáveis devido à interrupção programada de operações de concretagem.



Exemplos de juntas de contração e construção em barragens em arco - Karakaya (Turquia) e Hoover (EUA)

9.11. JUNTAS

9.11.3. Tipos

9.11.3.3. Juntas de Construção

Juntas de construção podem ser projetadas para coincidir com juntas de contração ou expansão, nas quais as superfícies de concreto não são unidas. Em estruturas monolíticas, pode ser requerido que as duas superfícies do concreto sejam totalmente unidas através da junta de construção para integridade estrutural. Juntas de construção podem ser criadas em qualquer direção, dependendo do ponto de parada da concretagem.



Exemplos de juntas de contração e construção na barragem de gravidade aliviada do Projeto Itaipu, 1997

CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

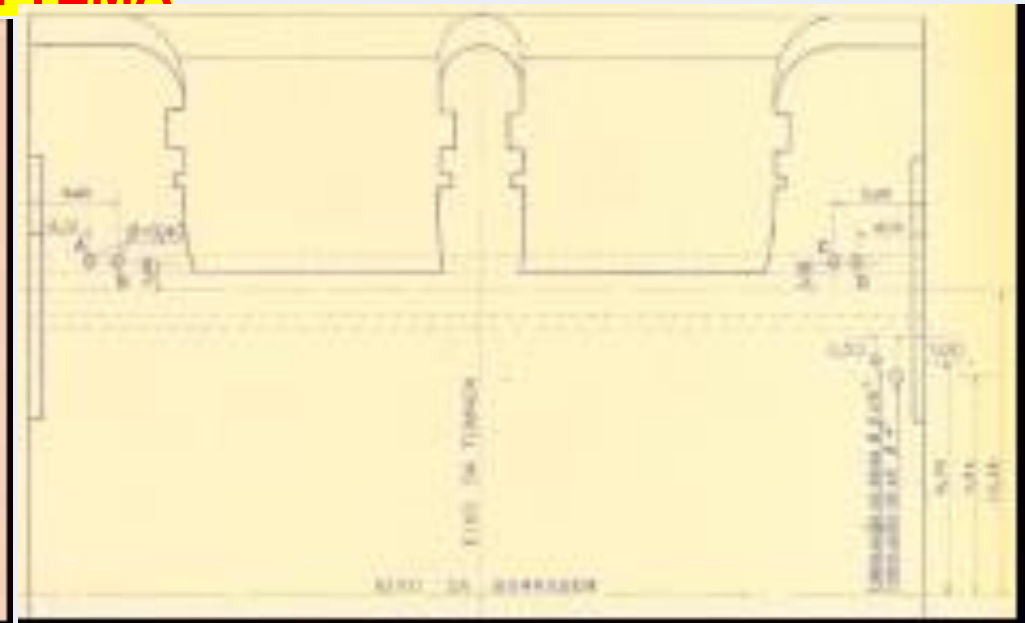
**Juntas-
Juntas
de dilatação
ou
expansão**

**de
ou**

Essas juntas seccionam a estrutura, permitindo movimentos de expansão. Essas juntas são abertas (existe folga entre as partes separadas), sendo a abertura pré-determinada, de maneira a absorver a expansão prevista. Devem ser dotadas de veda-juntas.

**Juntas-
Câmaras de
Compensação
de Pressão**

**Juntas de Contração com pressurização Nota:
DEBATER ESSE TEMA**



CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Outros dispositivos das juntas - Dispositivos de vedação

Veda-juntas são peças de seção delgada, colocadas numa junta de contração, expansão ~~ou~~ **construção**, de maneira a impedir a passagem da água. Os dispositivos de vedação devem ser de PVC, mas podem também ser utilizadas chapas de aço ou cobre.

Nota: NO BRASIL NÃO SE COLOCA VEDA JUNTA EM JUNTA DE CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS DE CONCRETO

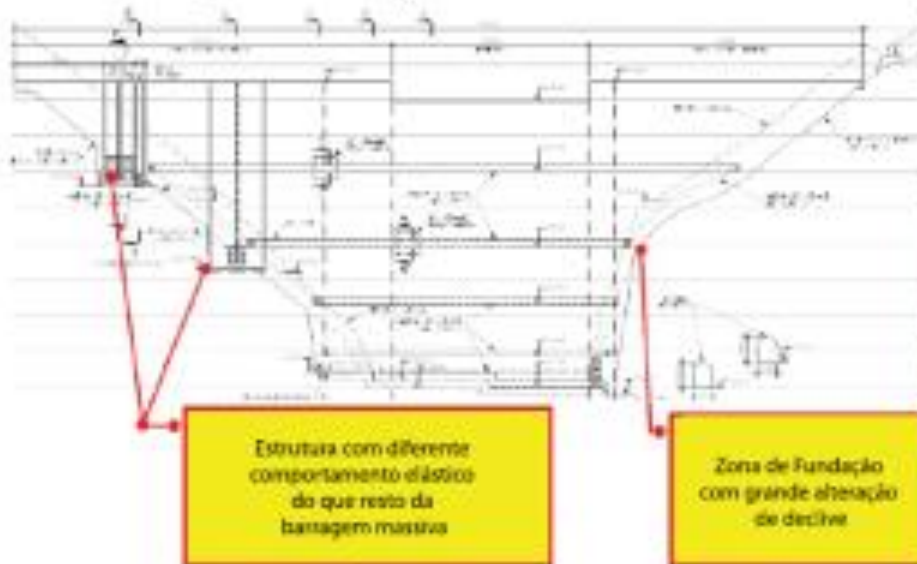


9.11. JUNTAS

9.11.4. Procedimentos para Construção

9.11.4.1. Juntas de Contração

Recomendações para a adoção de juntas de contração em barragens, além daquelas determinadas pelo aspecto térmico. Devem ser usadas veda-juntas nestas juntas.



Juntas de contração em barragens e veda-juntas iniciando na fundação (Al Wehdah - Jordânia - 2006) e 3 juntas na barragem de gravidade alviada de Itaipu (1980) (por Andriolo)

CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Outros dispositivos das juntas -
Chavetas

As chavetas podem ser utilizadas em juntas de contração, visando a transferência de esforços entre blocos adjacentes.

A colocação de chavetas em juntas de contração introduz dificuldades executivas, pelo que deve ser devidamente ponderada a necessidade da sua utilização.

Outros dispositivos das juntas -
Drenos

Os drenos de juntas, quando empregados, devem ser utilizados entre as duas linhas de veda-juntas instaladas, junto ao paramento de montante da barragem de concreto.

CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Outros
dispositivos
das juntas -
Injeções
entre blocos

A injeção de juntas de contração longitudinais é obrigatória.

No entanto, a injeção de juntas de contração transversais pode, por vezes, ser dispensada ou realizada apenas parcialmente. A injeção das juntas de contração deve ser executada após o arrefecimento do concreto nos blocos da barragem e, em particular, numa época fria, de modo a assegurar a abertura máxima das juntas.

Nota: DEBATER ESSA CITAÇÃO

CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Ancoragens

Existem dois tipos de ancoragens, a “ativa”, também chamada de tirante ou protendida, e a “passiva”, também chamada de chumbador.

A ancoragem passiva ou chumbador é utilizada quando se deseja restabelecer a continuidade entre partes de uma estrutura ou maciço rochoso ou estabilizar partes instáveis dos maciços rochosos, sendo aceitável o aparecimento de deformações controladas do maciço.

A ancoragem ativa ou tirante deve ser utilizada quando, para estabilidade do maciço, torna-se necessário aumentar a força de atrito na junta sujeita a deslizamento, através do acréscimo de força normal.

O dimensionamento dos dispositivos de ancoragem será feito em conformidade com a **NBR-5629 e NBR-6118.**

CRITÉRIOS DE PROJETO PARA BARRAGENS E OUTRAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Aparelhos de apoio

Os aparelhos de apoio são dispositivos para transmissão de esforços, deformações e deslocamentos entre duas estruturas.

Os aparelhos de apoio são constituídos de chapa de poli-cloro-preno (neoprene) e, conforme as condições de trabalho, poderão ser simples ou fretados, ou ainda, recobertos com laminas de poli-tetra-flúor-etileno (PTFE), denominados de apoios deslizantes.

**ÓRGÃOS EXTRAVASORES E DE OPERAÇÃO-
TEMA ABORDADO POR OUTRO ESPECIALISTA**

CONTROLE DE SEGURANÇA

Aspectos gerais

O controle da segurança estrutural, ao longo da vida de uma barragem, tem a finalidade de conhecer bem o estado da barragem, de modo a detectar eventuais anomalias de comportamento em tempo útil para intervir eficazmente e corrigir a situação ou, pelo menos, evitar as mais graves consequências.

O controle da segurança estrutural inicia-se na fase de projeto e prossegue ao longo da vida da obra, incluindo a realização de inspeções de segurança, de ensaios e de monitoramento do comportamento ao longo do tempo, bem como a análise e interpretação dos resultados obtidos e a avaliação das condições de segurança da barragem.

O Plano de Monitoramento e Instrumentação deve ser elaborado na fase de projeto, sendo detalhado e complementado, a medida em que se forem obtendo novas informações sobre a obra e seu comportamento.

**PLANO DE MONITORAMENTO E INSTRUMENTAÇÃO-
TEMA ABORDADO POR OUTRO ESPECIALISTA**