

MINISTERIO DAS MINAS E ENERGIA

Avaliação da Segurança de **Barragens** Existentes



Avaliação da Segurança
de Barragens
Existentes

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELO
CENTRO DE DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA DA ELETROBRÁS-DOTE

Estados Unidos. *Department of the Interior. Bureau of Reclamation.*

Avaliação da segurança de barragens existentes / United States Department of the Interior, Bureau of Reclamation ; tradutores Maria Lucia de Almeida Prata, Carlos Octavio Pavel, Hamilton Pollis. -- Rio de Janeiro : Eletrobrás, Memória da Eletricidade, 1987.

170p. ; 21 cm.

Tradução de: Manual safety evaluation of existing dams-SEED.

Apresentação de Mario Penna Bhering.

Inclui bibliografia.

1. Segurança de barragem. I. Prata, Maria Lucia de Almeida, *trad.* II. Pavel, Carlos Octavio, *trad.* III. Pollis, Hamilton, *trad.* IV. Título.

CDU 627.8.03

UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR
BUREAU OF RECLAMATION

Avaliação da Segurança de Barragens

Existentes

Tradutores: Maria Lucia de Almeida Prata
Hamilton Pollis
Carlos Octavio Pavel

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA
Centrais Elétricas Brasileiras S.A. — ELETROBRÁS

Centro da Memória da Eletricidade no Brasil

**MEMÓRIA DA
ELETRICIDADE**

Rio de Janeiro
1987

Título do original:

Safety Evaluation of Existing Dams - SEED Manual.

Direitos para o Brasil reservados à Centrais Elétricas
Brasileiras S.A. - ELETROBRÁS

Av. Presidente Vargas, 642 - 10º andar
Rio de Janeiro - RJ

© 1987

Depósito legal na Biblioteca Nacional, conforme Decreto
nº 1825, de 20 de dezembro de 1907.

Edição: Centro da Memória da Eletricidade no Brasil - MEMÓRIA DA ELETRICIDADE

Coordenação: Orcélia Barroso

Apresentação: Mario Penna Bhering

Datilografia: Marilza Fernandes Almeida

Copy-desk: Reynaldo Valinho Alvarez

Capa, Projeto Gráfico e Diagramação: Adilson Fernandes de Faria

Acompanhamento Gráfico: Adilson Fernandes de Faria

Fotografias: Assessoria de Comunicação da ELETROBRÁS

Composição e Impressão: VERITAS Multiplicadora e Copiadora Ltda.

Revisão: Maria Lucia de Almeida Prata

Vera Lucia Botelho

**OBRA PUBLICADA COM A COLABORAÇÃO DO
PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO
DIRETORIA DE GESTÃO EMPRESARIAL
CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S.A. - ELETROBRÁS**

Apresentação

Poucos e de consequência limitada têm sido os acidentes ocorridos com barragens brasileiras, embora elas existam em grande número, já que o Brasil é possuidor de vastos recursos hidráulicos. Mesmo assim, o padrão técnico e a adequação dos projetos da engenharia brasileira ficaram claramente demonstrados, nos raros acidentes causados pela natureza.

Entretanto, episódios como os de Orós (em 1960), Nilo Peçanha (em 1968), Euclides da Cunha/Armando Salles de Oliveira (em 1977), Armando Ribeiro Gonçalves (em 1984) e outros de menor importância alertam para a vigilância que deve ser exercida.

Toma-se, pois, oportuna esta tradução do Manual SEED (Safety Evaluation of Existing Dams), do Bureau of Reclamation dos Estados Unidos da América. A presente edição é uma iniciativa do Engenheiro Carlos Alberto Pádua Amarante, quando à frente do Comitê Brasileiro de Grandes Barragens – CBGB, do qual é agora um dos presidentes honorários.

Posteriormente, tivemos oportunidade de aprová-la e incluí-la entre as primeiras tarefas confiadas à então recém-criada Assessoria da Presidência para a Preservação da Memória do Setor de Energia Elétrica – ASPR.

A tradução foi também analisada e aprovada pela Diretoria de Planejamento e Engenharia da Eletrobrás, cujo titular, o Engenheiro Antônio Carlos Tatit Holtz, é também Diretor do CBGB – Comitê Brasileiro de Grandes Barragens.

Esta publicação representa um passo importante para o desenvolvimento do setor especializado em segurança de barragens no Brasil, área de interesse que envolve o Ministério das Minas e Energia e a ELETROBRÁS.

Os trabalhos apresentados, nas duas últimas décadas, nos Congressos de Mecânica dos Solos e de Geologia da Engenharia, bem como nos Seminários Nacionais de Grandes Barragens, revelam uma clara preocupação com a segurança e o acompanhamento do desempenho das barragens no Brasil.

Assim, em 1963, o Tema III do II Seminário foi "Acidentes em Barragens". Em 1970 e 1971, o VI e o VII Congressos também trataram do assunto. Em 1976, o Tema III do XI Seminário intitulou-se "Observações do Desempenho e Recuperação de Barragens, Estruturas Correlatas e Reservatórios". Já em 1978, no XII Seminário, apareceu a expressão "Segurança de Barragens".

Em agosto de 1987, em Brasília, o item III do Temário do XVII Seminário Nacional de Grandes Barragens, sob o título de "Riscos e Custos de Construção", assegurou o prosseguimento das discussões sobre o assunto.

Em 1979, por iniciativa da delegação brasileira, foi criado o Comitê de Segurança de Barragens do ICOLD (International Commission on Large Dams), também conhecido no Brasil como CIGB (Comitê Internacional de Grandes Barragens), durante o XII Congresso Internacional de Grandes Barragens, em Nova Délhi, na Índia.

Em 1983, em continuidade ao documento preliminar publicado na época, o CBGB editou as "Diretrizes para Avaliação da Segurança de Barragens em Operação", produzidas pela então denominada Comissão de Segurança, com a coordenação do Engenheiro Hamilton G. de Oliveira.

Mais tarde, em setembro de 1985, sua sucessora, a nova Comissão Técnica de Segurança de Barragens, apresentou o trabalho intitulado "Segurança de Barragens — Recomendações para a Formulação e Verificação de Critérios e Procedimentos".

Antes, porém, em 1982, a ELETROBRÁS iniciara o Programa de Memória Técnica para as Grandes Obras de Geração e Transmissão realizadas pelo setor elétrico brasileiro.

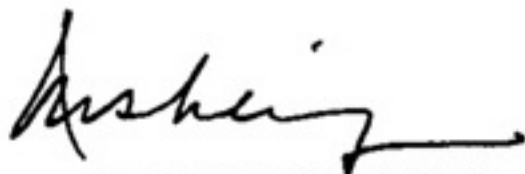
Assim, em 1983, foi compilado um roteiro para a elaboração do relatório final de usinas hidrelétricas já em funcionamento ou em fase de construção.

Esse relatório passou a ser exigência do DNAEE (Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica), órgão do Ministério das Minas e Energia, no processo de obtenção de licença para a realização de aproveitamentos hidrelétricos, sendo incluído na Norma DNAEE 002/84, pela Portaria 125, de 17/08/1984, que trata da aprovação de estudos e projetos de geração elétrica para serviços públicos. Com base nesse roteiro, algumas empresas já prepararam relatórios finais de obras realizadas.

A edição brasileira do Manual SEED, autorizada pelo Bureau of Reclamation em sua carta D-3215, de 09/04/1986, constitui não apenas um subsídio, mas também um modelo valioso para a elaboração de material equivalente no País. E pode, ainda, servir como roteiro para um programa de avaliação de segurança de barragens no Brasil.

O grupo tradutor do Manual SEED procurou obter o máximo de equivalência possível na transposição, para o português, dos termos técnicos referentes a barragens. Com esse objetivo, utilizou especialmente o livro intitulado "*A Glossary of Words and Phrases Related to Dams*", apêndice do *Technical Dictionary on Dams*, publicado pelo ICOLD em 1978. Onde se mostrou necessário, foram anotadas as características que diferenciam as organizações norte-americanas das brasileiras.

A ELETROBRÁS agradece ao Bureau of Reclamation a autorização para realizar e difundir esta tradução.



MÁRIO PENNA BHERING
Presidente

Prefácio Original

As falhas ou quase falhas de várias barragens nos Estados Unidos, tais como Baldwin Hills, Lower San Fernando e Teton, resultaram na aplicação de uma ênfase adicional sobre a segurança das barragens do Bureau of Reclamation (Bureau). Em 1978, o Bureau designou uma equipe sob a direção do Sr. Clifford J. Cortright (1), para desenvolver um programa de treinamento abrangente, a fim de vistoriar e avaliar as barragens existentes. À equipe foi atribuída a responsabilidade de desenvolver a minuta de um manual sobre a avaliação da segurança de barragens existentes e preparar um programa de treinamento para os outros empregados do Bureau.

Este manual se destina a fornecer ao pessoal técnico e de engenharia de todos os níveis do governo federal, estadual e local e a organizações privadas de engenharia roteiros sólidos e diretrizes abrangentes, assim como procedimentos específicos para a vistoria e a avaliação de barragens públicas e privadas.

Em prosseguimento às vistorias locais e à conclusão do Relatório de Vistoria, as recomendações são analisadas por especialistas técnicos. Além de se avaliar as recomendações, as verificações analíticas obrigatórias, que são feitas para cada barragem, são discutidas em termos gerais, neste manual.

Critérios específicos detalhados, normas de projeto, métodos de análises, normas de construção, etc. são, propositadamente, omitidos neste manual. Esses assuntos são apresentados amplamente em numerosos livros-texto: publicações profissionais, manuais de política organizacional, manuais de projeto e publicações técnicas. Vistorias confiáveis

(1) Engenheiro Civil Construtor, Sacramento, Califórnia.

de barragens e avaliações associadas devem ser feitas por pessoal profissional, qualificado pelo estudo e conhecimento desses assuntos. Tais qualificações não podem ser obtidas através de uma simples listagem de "normas".

Um programa de treinamento foi desenvolvido, para suplementar este manual no treinamento de pessoal responsável pela segurança de barragens.

Os membros da equipe foram os Senhores E. A. Lindholm, R. O. Atkinson, D. E. Ingram, G. M. Elliott, A. E. Couture, P. G. Grey, J. C. Wadge, L. A. Johnson, D. A. Tiedemann, L. D. Cast e E. L. McAlexander.

A verificação final da primeira edição do Manual SEED foi efetuada por R. B. Jansen, N. F. Parrett e D. E. Ingram.

A edição técnica e o preparo deste manual para publicação foram executados pelo Sr. J. M. Tilsley, da Seção de Publicações Técnicas, Divisão de Apoio Gerencial.

Sumário

Seção	Página
Apresentação	
Prefácio Original	

I – GENERALIDADES

a.	Introdução	1
b.	Objetivo do Manual	2
c.	Evolução dos Programas de Segurança de Barragens	2
	1-1 Congresso dos Estados Unidos	2
	1-2 Unidades de Engenharia do Exército	3
	1-3 Revisão do Conselho Nacional de Pesquisa	3
	1-4 Ato Presidencial	5
	1-5 Decreto de Recuperação de Segurança de Barragens de 1978 (Lei 95.578)	6
	1-6 Atividades das Entidades de Classe	6
	1-7 Objetivo do Bureau of Reclamation	7
	1-8 Programa do Bureau para Segurança Reforçada de Barragens	8
	a) Programa	8
	b) Grupo de Treinamento	9
	c) Equipes Oficiais de Vistoria	10
d.	Política do Bureau of Reclamation	10
	1-9 Conceito	10
	1-10 Responsabilidade Individual	10
	1-11 Responsabilidades Organizacionais para o Programa SEED e Modificações na Segurança de Barragens	10
	a) Diretor-Geral	11
	b) Diretor-Assistente de Engenharia e Pesquisa	11

c) Divisão de Segurança de Barragens	11
d) Escritório de Revisão Técnica e Serviços de Gerência	12
e) Escritório de Ligação de Engenharia e Pesquisa, Washington, D.C.	12
f) Diretores Regionais e Gerentes de Escritório de Empreendimento	12
1-12 Organograma	13
e. Avaliação	14
1-13 Programa do Bureau para Avaliação da Segurança de Barragens Existentes	14
1-14 Objetivo das Avaliações SEED	14
1-15 Frequência das Vistorias SEED	16

II – PRINCÍPIOS E CONCEITOS

a. Objetivos e Fases das Avaliações da Segurança	17
2-1 Generalidades	17
2-2 Avaliações de Projeto, Construção e Desempenho	17
2-3 Identificação e Registro dos Problemas e Fragilidades	19
2-4 Formulação e Relatório das Constatações	19
b. Revisão dos Modos e Causas de Falhas	20
2-5 Familiaridade com os Modos e Causas de Falhas	20
2-6 Causas Primárias de Falhas e Exemplos de Condições Adversas	20
a) Deficiências das Fundações	22
b) Deficiências de Vertedouros e das Obras de Restituição	23
c) Controle Inadequado da Percolação	26
d) Materiais Inferiores ou Defeituosos	28
e) Deterioração das Partes Metálicas e do Concreto	30
f) Controle Inadequado da Erosão	32
g) Defeitos nas Margens do Reservatório	32
h) Projeto ou Construção Inadequados	34

III – EQUIPE DE VISTORIA

a.	Especialidades e Qualificações	37
b.	Organizações Envolvidas	38
c.	Treinamento	38
d.	Deveres	38
e.	Responsabilidade	38

IV – LIVROS DE DADOS E REGISTROS

4-1	Generalidades	41
4-2	Preparação de um Livro de Dados	41
4-3	Atualização do Livro de Dados	42
4-4	Arquivo do Livro de Dados	42
4-5	Registros SEED	42

V – AVALIAÇÃO DO PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO

5-1	Objetivo da Revisão de Dados	45
5-2	Disponibilidade e Fonte de Dados	46
5-3	Descrição dos Registros do Bureau	46
	a) Registros Técnicos de Projeto e Construção . . .	47
	b) Considerações de Construção	47
	c) Sumário de Projeto	47
	d) Relatórios de Laboratório	48
	e) Relatórios de Tensões no Modelo	48
	f) Relatórios de Geologia	48
	g) Relatórios de Sismicidade Local	48
	h) Gráficos Históricos de Terremotos	48
	i) Plantas e Especificações	49
	j) Relatório Final de Projeto	49
	k) Relatório Final de Construção	49
	l) Relatório Final de Injeções	49
	m) Relatórios de Andamento da Construção	50
	1) Relatórios de Andamento Semanal	50
	2) Relatório de Operações de Perfuração e Injeção (L-10)	50

3) Relatório de Instalações Técnicas (L-21) . . .	50
4) Relatórios de Atividades Mensais de Construção (L-29)	50
5) Relatório Diário dos Inspetores	50
n) Relatórios de Viagens	51
o) Arquivos de Correspondência	51
p) Registros da Operação e Manutenção, e Relatórios de Vistorias Anteriores	51
q) DOC (Critérios de Operação dos Projetistas) . .	51
r) SOP (Procedimentos de Operação Vigentes) . .	51
s) Registros de Operação do Reservatório	52
t) Livros de Dados	52
u) Dados Básicos de Segurança de Barragens	52
5-4 Revendo os Registros	52
a) Fase antes da Construção	52
b) Fase de Projeto	53
c) Fase de Construção	55
d) Fase depois da Construção	56

VI – VISTORIAS LOCAIS

a. Comentários Gerais	59
b. Arranjos para Vistoria	60
6-1 Alojamento e Transporte	60
6-2 Equipamentos	60
a) Materiais de Referência	60
b) Lista de Verificação	61
c) Fotografias	61
d) Auxílios para a Vistoria	61
6-3 Programa de Vistoria	62
c. Elementos a Serem Vistoriados	63
6-4 Barragens e Diques Auxiliares	63
a) Barragens de Terra e/ou de Enrocamentos	63
b) Barragens de Concreto	66
6-5 Encontros e Fundação	67

6-6	Reservatório	69
6-7	Deslizamentos de Terra	69
	a) Deslizamentos no Reservatório	70
	b) Deslizamentos de Terra na Vizinhança da Barragem e nas Estradas de Acesso	71
6-8	Estruturas Associadas	71
	a) Canais de Tomada e Restituição	71
	b) Estruturas de Concreto	72
	c) Equipamento Mecânico	73
	d) Energia Auxiliar	75
	e) Estradas de Acesso	76
d.	Notas da Vistoria Local	76
e.	Discussões no Local	77
	6-9 Discussões com o Pessoal de Operação	77
	6-10 Discussões com Participantes de Fora do Bureau	77
f.	Vistoria Local	77
g.	Relatório de Vistoria	77

VII – RELATÓRIO DE VISTORIA

a.	Generalidades	79
b.	Conteúdo do Relatório	79
c.	Conclusões e Recomendações	81
d.	Itens Selecionados a Serem Considerados para Inclusão no Relatório de Vistoria	82
e.	Exclusões do Relatório	83
f.	Assinaturas	84
g.	Distribuição	84
h.	Relatórios Preparados para Vistoria da Segurança de Barragem Conduzidos Para Outras Agências	85

VIII – ANÁLISE TÉCNICA

8-1	Generalidades	87
8-2	Análise Técnica	87

8-3	Consequências de Falha	88
8-4	Avaliação Hidráulica/Hidrológica	90
8-5	Avaliação Geológica	91
8-6	Estabilidade ao Terremoto	92
	a) Análise de Estabilidade Dinâmica (Deformação)	92
	1) Barragens de Terra e/ou de Enrocamentos . .	92
	2) Barragens de Concreto de Gravidade	93
	3) Barragens de Arco e Outras de Concreto . . .	93
	4) Estruturas Associadas	93
	b) Análises de Liquefação	93
	c) Deslocamentos de Falhas através da Barragem e/ou Encontros	93
	d) Seiche	93
	e) Ondas de Deslizamentos de Terra e Deslocamento de Falha	94
	f) Geofísica	94
	1) Refração e Reflexão Sísmicas	94
	2) Investigações da Velocidade da Onda de Cisalhamento Sísmico	94
	3) Levantamentos por Radar	94
	4) Levantamentos por Resistividade	95
8-7	Avaliação Geotécnica	95
8-8	Avaliações Diversas	96

IX – RELATÓRIO SEED

a.	Generalidades	97
b.	Distribuição	97

X – BIBLIOGRAFIA

a.	Generalidades	99
b.	Bibliografias	99
	10-1 Referidas no Texto	99
	10-2 Não Referidas no Texto	101

APÊNDICES

a.	Considerações para a Execução de Avaliações da Segurança	105
b.	Estruturas, Características, Eventos e Evidências a Serem Vistoriadas	125
c.	Modelo de Listas de Verificação de Vistoria Local	137

FIGURAS

1.	Organograma	13
2.	Fluxograma das Atividades para o Programa SEED	15



Generalidades

a. Introdução

Devido à crescente importância dada ao tema Segurança de Barragens, o Bureau of Reclamation tem necessidade imperiosa de pessoal treinado em vistoria e avaliação. Este manual fornece ao pessoal técnico um roteiro abrangente para um programa de vistoria e avaliação da Segurança de Barragens. Embora a maioria das afirmações, neste manual, se refira a procedimentos e unidades organizacionais internas do Bureau, acredita-se que os princípios, conceitos e procedimentos gerais são facilmente adaptáveis a qualquer órgão que dirija um programa de segurança regulamentador ou interno para barragens existentes.

Os temas gerais abordados são:

- 1) política de ação do Bureau of Reclamation;
- 2) princípios e conceitos;
- 3) filosofia de avaliação;
- 4) causas das falhas;
- 5) composição da equipe, treinamento e encargos;
- 6) elaboração e atualização do Livro de Dados;
- 7) revisão do projeto, construção e operação;
- 8) vistorias locais;
- 9) formatos de relatórios;
- 10) padrão do Livro de Dados;
- 11) diretrizes das análises; e
- 12) listas de verificação para vistoria.

Uma bibliografia especial sobre o tema "Segurança de Barragens" está contida no capítulo X.

b. Objetivo do Manual

Este manual estabelece um roteiro para o uso por técnicos que realizem avaliações de segurança das barragens existentes e das estruturas associadas. Nele são abordados os princípios e conceitos das vistorias e avaliações, as causas das falhas e exemplos de circunstâncias adversas. O manual estabelece adiante roteiros para:

- . Escopo e periodicidade das vistorias.
- . Escolha e responsabilidade da equipe.
- . Elaboração e atualização do Livro de Dados.
- . Revisão do projeto, construção e operação.
- . Realização de vistorias locais.
- . Desenvolvimento de conclusões e recomendações.
- . Preparação dos relatórios.

Embora este manual seja destinado à avaliação da segurança de barragens existentes, ocorrem, neste capítulo, referências ao programa integral de segurança de barragens do Bureau, incluindo o projeto e a construção de novas barragens.

c. Evolução dos Programas de Segurança de Barragens

1.1. Congresso dos Estados Unidos – Tragédias como o colapso de duas barragens não pertencentes ao Governo Federal, a barragem de rejeitos de carvão de Buffalo Creek, no oeste da Virgínia, e a barragem Canyon Lake, em Dakota do Sul, que ocorreram em 1972, conduziram à sanção da legislação federal sobre Segurança de Barragens – O Decreto de Inspeção de Barragens de 1972 (Dam Inspection Act of 1972).

O Decreto de Inspeção de Barragens, do Congresso dos Estados Unidos, Lei Pública 92.367, tomado lei em 8 de agosto de 1972, autorizou o Secretário do Exército, através do Comando da Engenharia, a encarregar-se de um programa nacional de inspeção de barragens. Com esta autorização, a Engenharia do Exército: 1) compilou um inventário das barragens, pertencentes ou não ao Governo Federal; 2) efetuou um levantamento das competências, procedimentos e regulamentos de cada repartição Estadual e Federal, visando o projeto, a construção,

operação e manutenção de barragens; 3) desenvolveu diretrizes para inspeções e avaliações da segurança de barragens [1]¹; e 4) formulou recomendações para um amplo programa nacional de segurança de barragens.

1.2. Unidades de Engenharia do Exército — O Secretário-Geral do Exército para Obras Cíveis expediu o relatório [2] sobre o Programa Nacional de Inspeção de Barragens para o Congresso, em 16 de novembro de 1976. O inventário das unidades de Engenharia do Exército identificou, aproximadamente, 49.300 barragens nos Estados Unidos com 7,60 metros (25 pés) de altura ou mais, ou que tinham capacidade de represar, pelo menos, 600.000 m³ (50 acres-pés) de água. O relatório revelou que cerca de 18% dessas barragens nunca haviam sido inspecionadas pelas autoridades federais e estaduais vigentes e que cerca de 20.000 barragens estão localizadas em áreas onde suas falhas podem provocar mortes e avarias a casas, edifícios, utilidades públicas, rodovias e estradas de ferro. Um inventário mais detalhado foi determinado através do Ato Presidencial, de 2 de dezembro de 1977.

Na reunião anual de janeiro de 1978 do USCOLD — Comitê sobre Grandes Barragens dos Estados Unidos (United States Committee on Large Dams), foram relatadas pelas Unidades de Engenharia do Exército [3] que, duas semanas após o Ato Presidencial de dezembro, todos os estados foram envolvidos no programa de segurança de barragens, com 31 estados demonstrando que tinham leis adequadas, enquanto que os restantes não tinham nenhuma, ou, quando sim, possuíam leis inadequadas.

1.3. Revisão do Conselho Nacional de Pesquisa — O memorando do Presidente, de 23 de abril de 1977, determinou ao Chefe de cada repartição federal responsável pelas barragens encarregar-se imediatamente de uma completa revisão dos seus procedimentos e rotinas relativas à segurança delas. O Secretário do Interior solicitou que o Conselho Nacional de Pesquisa (National Research Council) revisasse

¹ Os números em colchetes referem-se aos listados na Bibliografia, capítulo X, seção 10.1

Notas do Tradutor: 1) "Secretary of the Army" foi traduzido como Secretário do Exército, embora no Brasil equivalha a "Ministro do Exército".

2) "Assistant-Secretary" foi traduzido como "Secretário-Geral" nível correspondente no Brasil.

3) "Secretary of the Interior" foi traduzido como Secretário do Interior, embora no Brasil equivalha a "Ministro do Interior".

o programa de segurança de barragens do Bureau of Reclamation; isso foi concluído no final de 1977 [4]. As recomendações do Comitê de Revisão do Conselho Nacional de Pesquisas ao Bureau estão relacionadas abaixo:

- . Organizar um órgão de segurança de barragens independente, subordinado diretamente ao Diretor-Geral do Bureau of Reclamation.
- . A administração deverá garantir que recursos financeiros e mão-de-obra adequados estarão disponíveis, para cumprir todos os princípios indispensáveis ao programa de segurança de barragens.
- . Expandir a política recém-adotada, para empregar-se consultores independentes nos projetos futuros de barragens mais importantes.
- . Completar, num tempo razoável, os manuais de operação para todas as suas barragens.
- . Instalar instrumentação de campo, se necessária, para monitorar o comportamento estrutural das barragens e assessorar as avaliações de segurança.
- . Obter uma cuidadosa avaliação técnica, empregando equipes multidisciplinares para executar revisões dos dados do projeto, incluindo análise de estabilidade, registros da construção e operação, e apurada vistoria local das condições do empreendimento.
- . Estabelecer prioridade mais elevada para o Programa de Vigilância de Deslizamentos de Terra.
- . Dar prioridade mais elevada ao Programa de Vistoria das Estruturas Existentes, principalmente na avaliação de barragens em locais de alto risco. Também foi determinado ao Bureau que desse maior prioridade à avaliação da segurança de todas as barragens localizadas a montante das do Bureau, onde um acidente poderia afetar adversamente as barragens da agência.

Notas do Tradutor: 1) Foi traduzido "Commissioner", como Diretor-Geral, por não existir tradução e ser o nível equivalente no Brasil.

2) "Landslide" traduzido como Deslizamento ou Escorregamento, conforme Dicionário Técnico de Barragens, Edição 1978.

- . Tomar-se mais agressivo no desenvolvimento, nos testes e, onde for aplicável, no emprego de modelos matemáticos das bacias hidrográficas, estabelecendo estreita ligação com as organizações do Governo, como o Centro de Engenharia Hidrológica das Unidades de Engenharia do Exército, e com firmas particulares que tenham experiência neste campo.
- . Obter dados geológicos e sísmicos mais completos, a fim de estimar-se os terremotos máximos esperados e a potencialidade de falhas superficiais, para as barragens que estejam localizadas em regiões de moderada a elevada atividade sísmica.
- . Estabelecer um programa mais eficaz e abrangente de prevenção de emergências.
- . Estudar as mudanças organizacionais no E&R — Centro de Engenharia e Pesquisa (Engineering and Research Center), a fim de fortalecer as funções e responsabilidades dos geólogos e engenheiros-geotécnicos.
- . Implementar um programa probabilístico ou baseado em análise de risco, com o propósito de classificar as barragens mais importantes do Bureau, de acordo com a potencialidade de perigo e a probabilidade de falha total ou parcial da barragem.

O Comitê reconheceu que a adoção de tais procedimentos e rotinas depende, sobretudo, da disponibilidade de verba e mão-de-obra, e do programa de prioridades do Bureau. Portanto, foi estabelecido que o próximo passo na execução dessas recomendações seria avaliá-las à luz dos objetivos da segurança de barragens, redução de custos e benefícios esperados.

1.4 Ato Presidencial — Em 2 de dezembro de 1977, o Presidente Jimmy Carter anunciou um programa federal de inspeção para barragens não pertencentes ao Governo Federal, de acordo com a Lei 92.367. Os objetivos do programa de inspeção de barragens financiado pelo Governo Federal são:

- . “Providenciar inspeções técnicas e avaliações de barragens não pertencentes ao Governo Federal, a fim de identificar as condições atuais de alto perigo e permitir a correção, em tempo hábil, por empresas não federais.”
- . “Providenciar dados para melhor definição de um programa nacional de segurança de barragens viável, incluindo o papel pertencente ao Governo Federal.”

“Apoiar e preparar os Estados para iniciarem rapidamente programas eficazes de segurança de barragens para as não pertencentes ao Governo Federal.”

1.5 Decreto de Recuperação de Segurança de Barragens de 1978 (Lei 95.578) – Em 2 de novembro de 1978, o Decreto de Recuperação de Segurança de Barragens tornou-se lei. Este Decreto dá ao Secretário do Interior autoridade para construir, restaurar, operar e manter, nas barragens federais existentes, configurações novas ou modificadas, de acordo com os propósitos da segurança de barragens.

1.6 Atividades das Entidades de Classe – Devido a acidentes de barragens, tais como a de Malpasset (1959) e a de Baldwin Hills (1963), e ao deslizamento de terra no reservatório que provocou uma onda de cheia, galgando a Barragem de Vaiont (1963), a comunidade de engenheiros, apreensiva com a necessidade de aperfeiçoar a segurança de barragens, buscou mais detalhes de tais acontecimentos. As atividades destas entidades de classe estão listadas a seguir:

- USCOLD – Comitê sobre Grandes Barragens dos Estados Unidos (United States Committee on Large Dams)

- Pesquisou os procedimentos e regulamentos governamentais que controlam o projeto e a construção das barragens nos Estados Unidos.
- Em 1970, enviou a todos os Estados uma proposta de Lei [5], na qual eram delineados os requisitos para a supervisão da segurança de barragens e reservatórios, em todos os estágios do projeto, da construção, da operação, da manutenção, das modificações, da ampliação ou da remoção.

- ICOLD – Comissão Internacional sobre Grandes Barragens (International Commission on Large Dams)

- Em 1964, foi iniciado um estudo das falhas conhecidas de barragens e problemas de fundações correlatos.
- Um estudo sobre “Riscos das Grandes Barragens para Terceiros” [6], de 1970, delineia as principais áreas de risco associadas às barragens, e os controles necessários para maximizar a segurança de barragens.
- Em 1974, foi publicado “Lições dos Acidentes de Barragens” [7], cobrindo acontecimentos anteriores a 21 de dezembro de 1965; um esforço para atualizar este relatório até 30 de junho de 1976 está em andamento.

ASCE — Associação Americana de Engenheiros Civis (American Society of Civil Engineers) e USCOLD

- Em 1975, foi publicado “Lições dos Acidentes de Barragens dos Estados Unidos” [8], que contém dados sobre acidentes de barragens até 31 de dezembro de 1972.
- Conferências Nacionais, patrocinadas pela Fundação de Engenharia:
 - 1) Setembro de 1973, Conferência de Asilomar sobre “Inspeção, Manutenção e Recuperação de Velhas Barragens” [9].
 - 2) Agosto de 1974, Henniker, New Hampshire, Conferência sobre “Segurança de Pequenas Barragens” [10].
 - 3) Setembro de 1975, Conferência de Asilomar sobre “Responsabilidade e Imputabilidade dos Interesses Públicos e Privados sobre Barragens” [11].
 - 4) Setembro de 1975, Conferência de Asilomar sobre “Avaliação da Segurança de Barragens” [12].

1.7 Objetivo do Bureau of Reclamation — O Decreto de Recuperação (The Reclamation Act) de 1902 autorizou o Secretário do Interior a projetar, construir, operar e manter projetos de empreendimentos hidrológicos para o aproveitamento de terras áridas e semi-áridas em 17 Estados do Oeste Americano. O Secretário cumpre estas atribuições através do Bureau of Reclamation, que compreende o Escritório do Diretor-Geral, em Washington, D.C., o E&R — Centro de Engenharia e Pesquisa, em Denver, e sete Escritórios Regionais com seus respectivos Escritórios de Empreendimento e Operação. Cerca da metade das barragens do Bureau são operadas e mantidas pelas organizações de usuários da água; as barragens restantes são operadas pelo pessoal do Bureau, sob a direção dos Diretores Regionais. Entretanto, o Bureau mantém a responsabilidade, inclusive, quando à supervisão da segurança para todas as suas barragens, e pode requerer que sejam feitos os reparos e modificações, quando considerados necessários.

Em 1973, a responsabilidade pela realização do Programa de Segurança de Barragens do Bureau foi estendida a toda a agência, desde o Escritório do Diretor-Geral, em Washington, D.C., ao E&R — Centro de Engenharia e Pesquisa, em Denver, e aos vários escritórios de campo. O programa do Bureau of Reclamation para a segurança das suas barragens existentes abrange várias atividades relacionadas com a operação, manutenção e revisões da segurança de barragens sob sua

jurisdição. Estas atividades estão relacionadas resumidamente abaixo:

- . Vistorias locais periódicas.
- . Observações e relatórios do comportamento da barragem.
- . Estudos aprofundados dos defeitos identificados visualmente ou suspeitados, tais como: deterioração geral, percolação, risco estrutural, comportamento hidráulico do vertedouro e da restituição e condições geológicas perigosas das cercanias; e estudos analíticos completos para avaliar itens, tais como: capacidade do vertedouro, estabilidade sísmica, ou uso de instrumentos de observação, utilizando tecnologia moderna (Programa de Vistoria das Estruturas Existentes).
- . Atualização progressiva dos SOP's — Procedimentos de Operação Vigentes (Standing Operating Procedures) para operação e manutenção de cada barragem e estruturas associadas.
- . Vigilância e relatório das condições perigosas existentes nas barragens a montante, pertencentes a terceiros, que possam prejudicar a segurança das barragens do Bureau.
- . Monitoração das áreas potencialmente sujeitas a deslizamentos de terra.
- . Elaboração de projetos e supervisão da execução de modificações, restaurações ou substituições de barragens, por motivos de segurança.

1.8 Programa do Bureau para Segurança Reforçada de Barragens

a) Programa — Algumas medidas iniciais, na implementação do programa de Segurança de Barragens do Bureau, foram administrativas e recomendadas pelos relatórios do Conselho Nacional de Pesquisa (National Research Council's Report) [4], pelo documento interno "Revisão da Segurança de Barragens do Bureau" (Relatório Lange) — (Bureau's Dam Safety Review — Lange Report) [13], e pelo Relatório sobre Revisão Organizacional, do Comitê de Revisão Organizacional do Bureau — ORC (Organizational Review Committee) [14].

Uma recomendação importante destes relatórios é que a responsabilidade final pela segurança estrutural de uma barragem deva ser designada a uma única unidade organizacional e que o controle e a autoridade sobre todos os fatores afetos àquela responsabilidade devam ser mantidos por aquela unidade organizacional. O programa de segurança de barragens, o qual tinha sido previa-

mente dividido, foi consolidado num grupo diretamente subordinado ao ACER — Diretor-Assistente — Engenharia e Pesquisa (Assistant Commissioner—Engineering and Research).

De acordo com o Ato Presidencial de 2 de dezembro de 1977, a ordem na qual as barragens são vistoriadas e avaliadas está de acordo com as que ofereçam maior perigo e ocasionem maiores riscos a jusante.

O objetivo do programa SEED — Avaliação da Segurança de Barragens Existentes (Safety Evaluation of Existing Dams) é de revisar amplamente o projeto, a construção e o histórico do desempenho de todas as barragens do Bureau, para avaliar sua integridade estrutural e hidráulica, e também qualquer necessidade de procedimentos corretivos. O Programa SEED é uma parte do fortalecimento geral do processo do Bureau de planejar-projetar-construir-operar e manter barragens.

Além do Programa SEED, a Divisão de Serviços Técnicos de Água e do Solo (Division of Water and Land Technical Services) gerencia um programa RO&M — Revisão de Operação e Manutenção (Review of Operation and Maintenance), o qual inclui vistorias locais, pelos engenheiros regionais, dos requisitos de O&M — Operação e Manutenção, a cada 3 anos, e com a participação de engenheiros da Divisão de Serviços Técnicos de Água e do Solo do E&R — Centro de Engenharia e Pesquisa, a cada 6 anos.

b) Grupo de Treinamento — Em fevereiro de 1978, foi criado no E&R — Centro de Engenharia e Pesquisa — um grupo de treinamento de segurança de barragens, constituído por engenheiros de solo, geólogos, um engenheiro mecânico e engenheiros projetistas de barragens de terra e/ou de enrocamentos e concreto. A primeira parte do programa de treinamento do grupo foi o ensino da vistoria local e técnicas de avaliação de segurança, sob a orientação do Sr. Clifford J. Cortright. O curso incluía uma vistoria dos registros disponíveis, o preparo do Livro de Dados, vistorias locais e elaboração de relatórios para as barragens de Navajo e Morrow Point, em situações de treinamento. Um programa de treinamento dos vistoriadores de barragens, utilizando este manual como um roteiro de curso, foi preparado pelo grupo de treinamento.

Nota do Tradutor: Foi traduzido "Assistant-Commissioner" como Diretor-Assistente, por não existir tradução e ser o nível equivalente no Brasil.

c) Equipes Oficiais de Vistoria – Cada Equipe Oficial de Vistoria, representando as disciplinas de Engenharia Civil e Mecânica, e Geologia realiza, além da vistoria de campo, uma revisão da hidrologia, geologia, sismicidade, percolação, critérios e métodos do projeto, construção, operação, instrumentação, desempenho passado e condições de campo. O tamanho, idade, situação, potencial de perigo, situação geológica, condição geral e defeitos identificados são considerados na determinação da frequência das vistorias da segurança de barragens.

d. Política do Bureau of Reclamation

1.9 Conceito – O projeto, a construção e a operação das barragens e estruturas associadas, sob o controle do Bureau, deverão ser conduzidas de modo a garantir a segurança do público em geral, em caso de quaisquer falhas de barragens. A conclusão oportuna dos estudos, associada com o Programa SEED, é essencial para cumprir a responsabilidade do Bureau, para com o público, de uma operação segura de suas estruturas.

Conforme o memorando presidencial, datado de 04 de outubro de 1979, o Secretário do Interior, em fevereiro de 1980, designou as responsabilidades para o desenvolvimento de um programa de segurança de barragens em nível de Departamento, para os Secretários-Gerais e Chefes do Bureau.

O Diretor-Geral do Bureau of Reclamation é o responsável pela coordenação global e pelas recomendações sobre a execução e a operação do programa de segurança de barragens no Departamento do Interior. A execução das tarefas, de responsabilidade do Diretor-Geral, de coordenar, recomendar e auxiliar outros órgãos em seus programas de segurança de barragens, foi atribuída ao ACER, da Divisão de Segurança de Barragens.

1.10 Responsabilidade Individual – A responsabilidade de assegurar a integridade estrutural e a segurança de cada barragem do Bureau pertence, em parte, a todas as pessoas envolvidas no cumprimento do Programa SEED. As atividades do Programa SEED são coordenadas pelo Chefe da Divisão de Segurança de Barragens. O Diretor Regional é responsável pelo cumprimento de todas as modificações aprovadas para a segurança da barragem.

1.11 Responsabilidades Organizacionais para o Programa SEED e Modificações na Segurança de Barragens.

a) **Diretor-Geral** — O Diretor-Geral do Bureau of Reclamation é responsável pela estrutura organizacional e pelas diretrizes administrativas usadas pelo Bureau para executar seus encargos.

O Diretor-Geral estabeleceu e mantém uma ênfase significativa na missão da segurança de barragens dentro do Bureau. Ele também coordena e assessora os Secretários-Gerais do Programa, dentro do Departamento do Interior, na execução de programas de segurança de barragens nos seus bureaus, de acordo com as Linhas Mestras Federais para Segurança de Barragens e o Manual Departamental (Departamental Manual Release), 753 DMI. O Diretor-Geral toma decisões sobre as recomendações do ACER para modificações, visando à segurança das barragens existentes, e as transmite aos Diretores Regionais para execução.

b) **Diretor-Assistente — Engenharia e Pesquisa** — O ACER, entre outros deveres, dirige, coordena e executa o programa de segurança de barragens e avalia o cumprimento do programa associado com a segurança da barragem e das estruturas; revê as atividades do Bureau, em conformidade com o estado-da-arte das práticas de projeto; desenvolve as políticas e rotinas da segurança de barragens e estruturas a serem seguidas pelo Bureau e pelas firmas empreiteiras de Arquitetura e Engenharia (A-E Architectural-Engineering) para executarem serviços de projeto para o Bureau; faz a revisão de todos os projetos finais das estruturas mais importantes*, conduz vistorias e avaliações da segurança de barragens existentes; e coordena e assessora o Programa de Segurança de Barragens em nível de Departamento. O ACER fará as recomendações necessárias para sanar os problemas de segurança de barragens para o Diretor-Geral. Por delegação, fornece a necessária representação junto ao Departamento, ao OMB — Escritório de Gerência e Orçamento (Office of Management and Budget), ao Congresso e a outros órgãos relacionados com o programa de segurança de barragens.

c) **Divisão de Segurança de Barragens** — A Divisão serve de escritório principal para o planejamento, orçamento, direção,

Nota do Tradutor: "Department of the Interior" foi traduzido como Departamento do Interior, embora no Brasil equivalha a "Ministério do Interior"

* Uma estrutura mais importante é definida como aquela cuja falha poderia resultar em perda de vidas humanas e/ou danos consideráveis a propriedades.

execução e avaliação do Programa de Segurança de Barragens do Bureau. A Divisão exerce a responsabilidade final pelo desenvolvimento de políticas de segurança de barragens, critérios técnicos e normas, de acordo com a política e as diretrizes nacionais e departamentais. Estas políticas são seguidas pelo Bureau e pelas firmas empreiteiras de A-E, na avaliação da segurança de barragens existentes. A Divisão é também o escritório principal da coordenação geral e do assessoramento ao desempenho e à operação do programa de segurança de barragens no Departamento do Interior.

d) Escritório de Revisão Técnica e Serviços de Gerência — O Escritório é responsável pelas revisões técnicas do projeto, da construção e da operação inicial das barragens do Bureau e das suas estruturas mais importantes. O Escritório avalia as atividades técnicas do Bureau; assessora o desenvolvimento dos programas, critérios e normas de segurança estrutural; revê os estudos de viabilidade, a seleção do local, os projetos, as especificações, as atividades de construção, os dados dos sistemas de monitoração e os estudos especiais. O Escritório revê a adequação do projeto, das especificações e das construções, no que diz respeito a modificações nas barragens existentes.

e) Escritório de Ligação — Engenharia e Pesquisa — Sediado em Washington, D.C., este Escritório cumpre, entre outras, as funções de fornecer consultoria técnica ao ACER, para que o mesmo execute os itens do Programa de Segurança de Barragens do Departamento do Interior, de responsabilidade do Bureau; ao Escritório de Washington, nos assuntos que envolvem segurança de barragens; e ao Diretor-Geral, quando solicitado, para assessorá-lo sobre segurança de barragens.

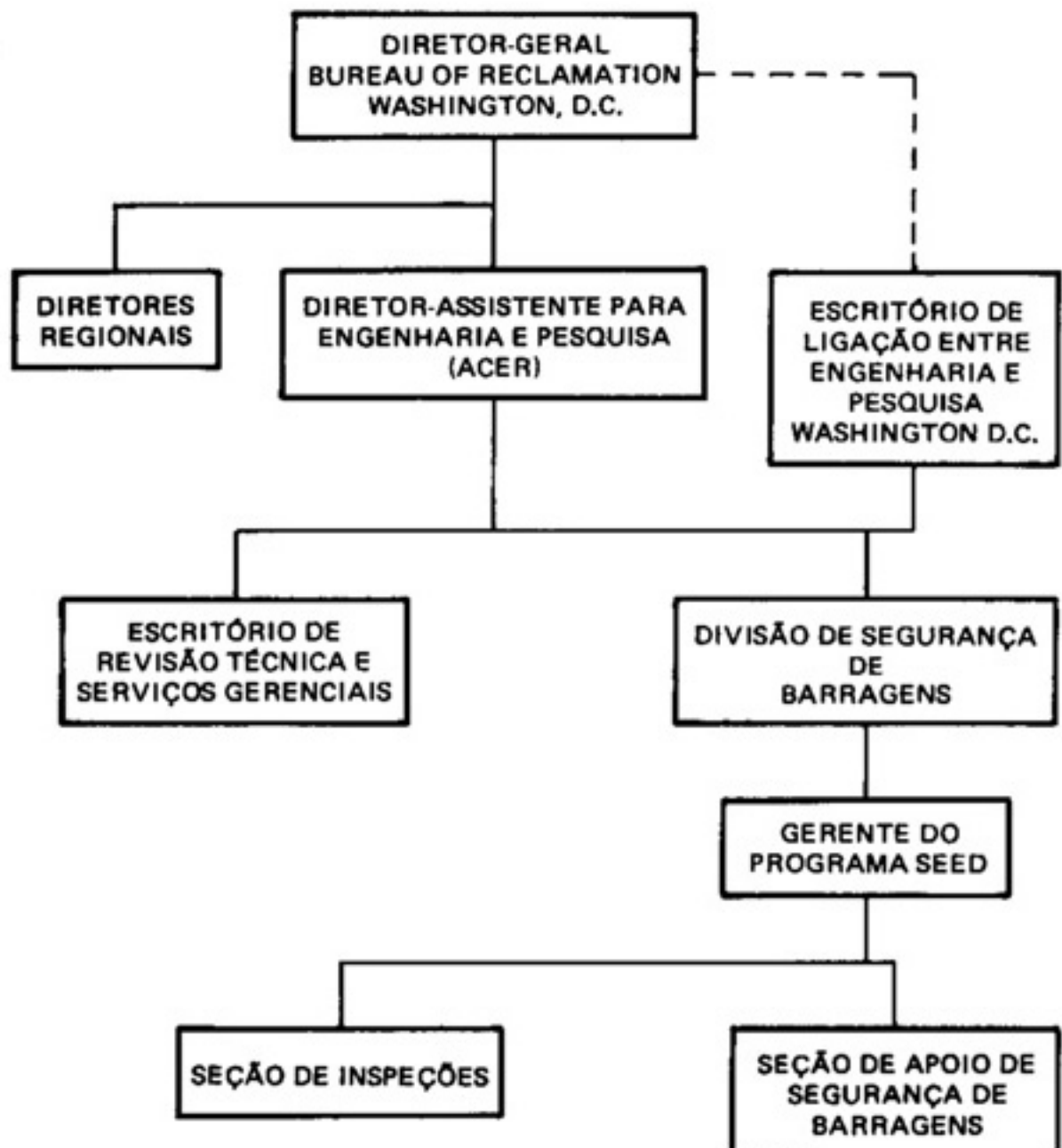
f) Diretores Regionais e Gerentes de Escritórios de Empreendimento — Os Diretores Regionais podem, quando solicitados, ceder engenheiros e geólogos para participarem das Equipes SEED. Eles também fornecem registros, informações e coordenação para vistorias locais.

Os Diretores Regionais e/ou Gerentes de Escritórios de Empreendimento são, muitas vezes, responsáveis pela realização da maioria das investigações de campo, coleta de dados e atividades de leitura da instrumentação, necessárias para apoiar o Programa SEED. Quando o Diretor-Geral encaminha ao Diretor Regional as recomendações do ACER para modificações de uma barragem existente, este torna-se responsável pela execução dos relatórios de autorização, solicitação de verbas, projetos de modificações,

especificações de construção e execução das modificações para a segurança da barragem.

1.12 Organograma – A estrutura organizacional do Bureau para o programa de segurança de barragens é mostrada na figura 1.

Figura 1 – Organograma



e . Avaliação

A água acumulada, atrás de uma barragem, representa uma energia potencial que cria um perigo para a vida e para as propriedades localizadas a jusante. A posição do Bureau é que tais riscos, associados com o represamento de água, devam ser minimizados. As barragens devem ser projetadas, construídas, operadas e mantidas adequadamente, para desempenharem seguramente as funções a que se destinam. Para atingir este objetivo, o Bureau aplica um sistema de controles e revisões dentro da organização, completado por consultoria externa independente. Para fortalecer, ainda mais, a política da segurança de barragens do Bureau, é designada ao ACER a responsabilidade global de garantir que a qualidade da manutenção nas atividades da segurança de barragens está sendo mantida.

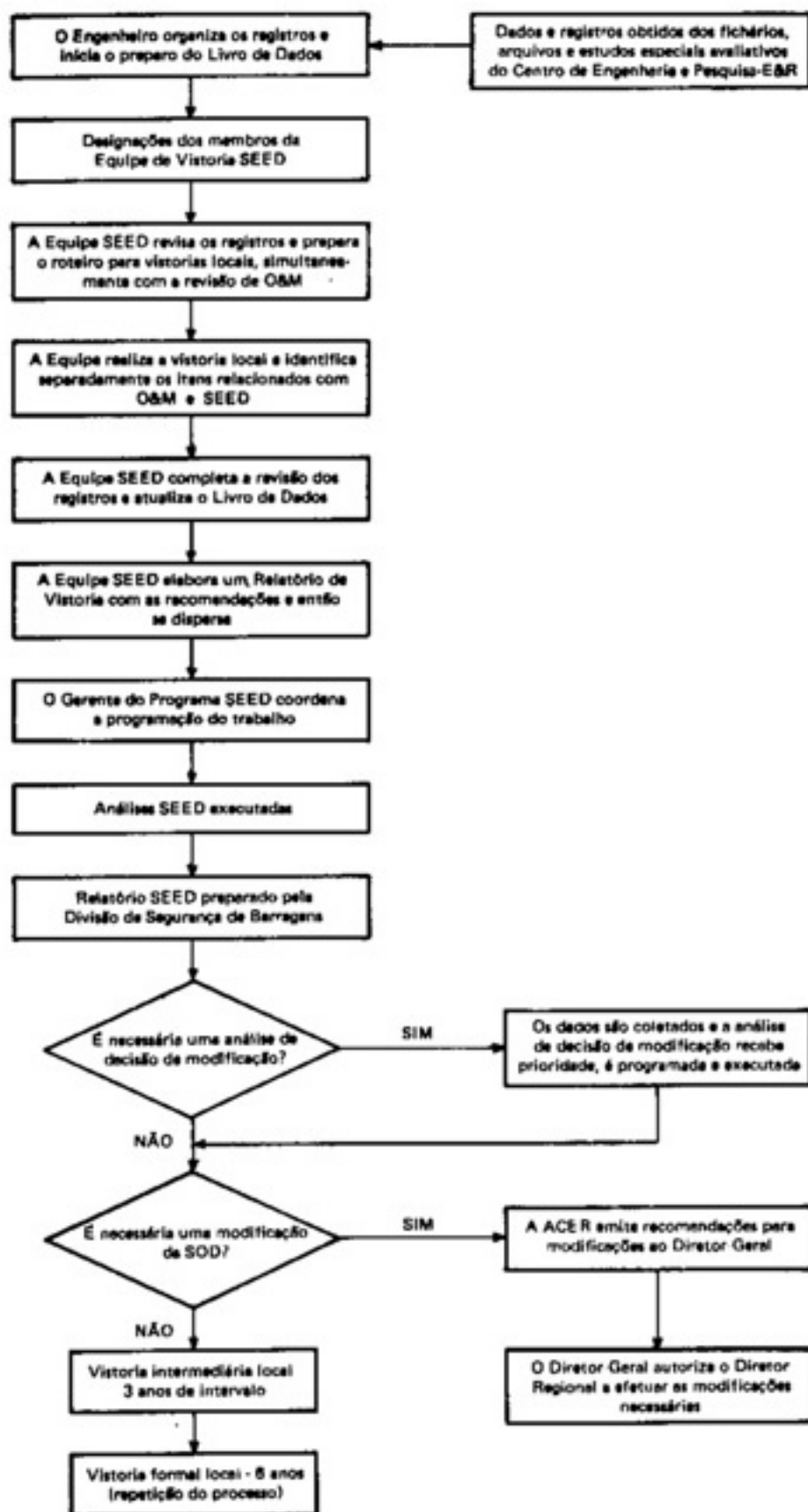
1.13 Programa do Bureau para Avaliação da Segurança de Barragens Existentes – A avaliação, pelo Bureau, da segurança de barragens existentes é efetuada pelo Programa SEED. O fluxograma da atividade do Programa SEED é mostrado na figura 2.

1.14 Objetivo das Avaliações SEED – O Programa SEED adota a vistoria local e o programa de análises, para avaliar a segurança de cada barragem do Bureau.

Os dois tipos de vistoria local são chamados de intermediárias e oficiais. A vistoria oficial é realizada por uma equipe de engenheiros de várias especialidades e um geólogo. A vistoria revisa os registros existentes, faz uma vistoria do local e elabora um Relatório de Vistoria. Além da ênfase habitual dada a uma vistoria, como descrita neste manual, a vistoria oficial é caracterizada pela ênfase em uma visão atualizada da segurança da barragem e seus elementos associados, e uma comparação da barragem, diante do estado-da-arte, das normas de projeto, construção, desempenho e procedimentos de avaliação da segurança.

As vistorias intermediárias são efetuadas por uma equipe ou só pelo Inspetor da Segurança de Barragens, durante o intervalo entre as oficiais. Ambas as vistorias (intermediárias e oficial) são para determinar a segurança da barragem. Para se avaliar, devidamente, as condições da segurança de uma barragem existente, é necessário rever os registros de projeto, construção e operação; fazer uma vistoria local da barragem, dos associados e de outros elementos que possam afetar a segurança da barragem. O objetivo da análise de todos os registros de projeto, construção e desempenho disponíveis é tomar-se completamente familiarizado com os elementos físicos, o histórico do desempenho da barragem e dos elementos associados, e identificar quaisquer deficiências de projeto, construção, desempenho ou operacionais. Após uma completa revisão

Figura 2 – Fluxograma das Atividades para o Programa SEED



dos registros disponíveis e do Livro de Dados, o (s) Inspetor (es) da Segurança de Barragens terá (ão) a informação e o conhecimento necessários para executar uma vistoria local da barragem e outros elementos relativos à sua segurança. A vistoria é uma observação abrangente dos elementos físicos e visíveis da barragem e das suas estruturas associadas.

Se forem detectadas deficiências que abalem adversamente a segurança geral ou a operação segura da barragem, fazem-se recomendações para o estudo dela ou do seu potencial. Um relatório com os resultados da vistoria e a documentação das conclusões e recomendações é prontamente elaborado. As recomendações nos Relatórios de Vistoria, para ambos os tipos, são avaliadas por especialistas técnicos (engenheiros, geólogos ou hidrólogos). O processo pelo qual as recomendações são avaliadas é descrito no Capítulo VIII.

1.15 Frequência das Vistorias SEED — A avaliação da segurança de uma barragem deve ser um esforço contínuo, que exige o estabelecimento de vistorias e avaliações periódicas da segurança, durante toda a existência da estrutura. Os fatores relativos de risco e perigo determinados, levando-se em conta a capacidade do reservatório; tipo, altura, idade e condições gerais da barragem; população atual e futura, assim como desenvolvimento a jusante; e de sismicidade regional, são usados para estabelecer a frequência das vistorias locais, assim como para determinar as prioridades para avaliações. A opinião dos engenheiros familiarizados com o desempenho passado e presente da barragem e a experiência daqueles que a operam são usadas para estabelecer as prioridades e frequências. Uma vez estabelecida a frequência das vistorias locais para avaliações da segurança de uma barragem específica, a mesma deve ser atualizada de acordo com a mudança das circunstâncias acima. O Bureau considera o prazo de 3 (três) anos como o intervalo máximo entre as vistorias intermediárias e de 6 (seis) anos, para as oficiais. Com base na alta prioridade conseqüente das deficiências identificadas anteriormente, algumas barragens podem necessitar de vistorias intermediárias anuais.



Princípios e Conceitos

a. Objetivos e Fases das Avaliações da Segurança

2.1 Generalidades — O objetivo de uma avaliação de segurança é determinar as condições relativas à segurança estrutural e operacional de uma barragem. A avaliação deve identificar os problemas e recomendar tanto os reparos corretivos, restrições operacionais e/ou modificações quanto as análises e os estudos para determinar as soluções para os problemas.

As fases da avaliação da segurança consistem em: revisar o projeto e seus dados; os métodos da construção e materiais, e o histórico operacional, através dos registros disponíveis; fazer a vistoria do comportamento e condições da estrutura existente; executar as análises necessárias; desenvolver as conclusões e recomendações finais; e elaborar um relatório.

2.2 Avaliações de Projeto, Construção e Desempenho — Os projetos da barragem e das estruturas associadas devem ser revistos, para avaliar o desempenho atual das estruturas, comparado com o pretendido. Dados e registros da Engenharia, originados durante o período da construção, devem ser revistos, a fim de determinar se as estruturas foram edificadas como projetadas ou se as revisões necessárias do projeto foram feitas em todas as situações anormais ou imprevistas encontradas. Uma vistoria do local e uma revisão dos registros de instrumentação disponíveis também devem ser efetuadas, para determinar o desempenho atual das estruturas.

O projeto original e os dados do projeto devem ser vistoriados, para determinar se todas as condições de carregamento aplicáveis foram levadas em conta. Os critérios do projeto devem ser revistos, para determinar se quaisquer novas condições no local tomaram necessárias alterações nos critérios relativos a cargas, vazões, etc. Quaisquer dados atualizados de projeto, tais como cheias recentes, estudos da sismicidade local, alterações nas características do material, etc., devem ser

estudados, para determinar sua influência na estrutura. Os dados devem ser revistos, para determinar se estão corretos e se a mais recente informação foi considerada.

O projeto deve ser vistoriado para determinar se as estruturas cumprião, com segurança, as funções para as quais foram planejadas, tanto na parte hidráulica quanto estruturalmente. Os métodos e procedimentos aplicados no projeto devem ser estabelecidos e comparados com o estado-da-arte dos critérios e métodos mais atuais. Se novas teorias de engenharia ou métodos analíticos aperfeiçoados estiverem disponíveis, deve ser considerada uma investigação do projeto original da barragem, utilizando teoria e análises contemporâneas.

As condições encontradas durante a construção podem ter uma influência muito importante na segurança final de uma barragem. São indícios do desenvolvimento de condições inseguras em potencial: condições imprevistas nas fundações, presença de percolação, aceitação excessiva de injeções, indicação de perigo ou acomodação do solo durante a construção. Métodos deficientes de construção podem também provocar condições latentes de insegurança. Testes ou controles inadequados de materiais podem resultar no uso de materiais inferiores ou métodos de construção impróprios, gerando fragilidades potenciais na estrutura que podem, eventualmente, abalar adversamente a segurança da barragem. Um levantamento topográfico adequado é necessário para a construção das linhas, inclinações e elevações indicadas pelo projeto.

Registros de desempenho e operação, tais como interpretações e observações da instrumentação, alteração na documentação dos critérios de operação, critérios de operação dos projetistas, relatórios de manutenção e outros registros históricos disponíveis, devem ser revistos, para determinar, com precisão, se as estruturas estão sendo operadas como planejado e de acordo com quaisquer restrições do projeto. Encarregados e operadores da barragem muitas vezes são somente capazes de identificar os problemas manifestados durante as atividades de operação.

O estado atual dos elementos visíveis da barragem é definido por uma vistoria local. A barragem, as estruturas associadas e o equipamento mecânico devem ser vistoriados, para determinar se estão se desempenhando conforme o esperado. Áreas perigosas, acomodações inesperadas, percolações ou vazamentos anormais, mau funcionamento dos equipamentos mecânicos e elétricos, e todas as outras observações relativas à segurança da barragem devem ser identificadas e registradas. Os resultados das observações das instrumentações e das análises podem revelar ou prever condições perigosas. O exame visual, durante

a vistoria local, pode, às vezes, comprovar ou dissipar as apreensões resultantes de registros questionáveis da instrumentação.

2.3 Identificação e Registro dos Problemas e Fragilidades – A maneira de identificar problemas e fragilidades em potencial, durante uma avaliação, é complexa. Os registros devem ser pesquisados e a barragem deve ser vistoriada em razão de: 1) o desempenho não estar de acordo com as previsões do projeto, 2) evidência de defeitos na construção, 3) aumento da percolação ou vazamento, 4) perigos geológicos aparentes, 5) mau funcionamento dos equipamentos mecânicos e elétricos, e 6) indícios progressivos de deterioração ou enfraquecimento da estrutura e/ou fundação.

Muitas vezes, fragilidades ou deficiências podem ser identificadas pelas alterações no comportamento da estrutura, das fundações, dos encontros ou das percolações. Um importante instrumento para emprego na avaliação é o conhecimento do comportamento da barragem. Se faltam levantamentos ou leituras de instrumentação, eles devem ser solicitados. Antes da vistoria, os mais recentes resultados da instrumentação devem ser consultados. Gráficos históricos do comportamento e registros de percolações devem estar disponíveis durante a vistoria de campo, para comparação imediata quando se suspeita de um problema específico.

Anotações devem ser organizadas de modo a cobrir cada problema em potencial ou defeito identificado durante a revisão dos registros e a vistoria, não deixando ficar nada na memória. Todos os dados, tais como localização, elevação, descrição e quantidade devem ser registrados. A utilização de uma lista de verificação predeterminada para uma dada barragem e seus associados pode ser útil, mas deve-se ter o cuidado de assegurar que o objeto da vistoria não fique restrito somente aos itens listados.

Deve ser identificado e registrado qualquer comportamento anormal, ainda que aparentemente insignificante, porque qualquer condição anormal pode ser o prenúncio do desenvolvimento de uma nova condição de insegurança.

Um excelente método de revisar o estado da barragem é pelo estudo de fotografias mais antigas. As fotografias tiradas durante a vistoria são um registro permanente das condições para comparações futuras, como também um método de anotação excelente. Elas são essenciais na elaboração do Relatório de Vistoria.

2.4 Formulação e Relatório das Constatações – A partir da conclusão da vistoria local de uma barragem, a Equipe de Vistoria formula e relata o que encontrou, em um Relatório de Vistoria. Quando

condições sérias que afetem a segurança da barragem e requeiram atenção imediata forem encontradas durante a vistoria local, a Equipe de Vistoria resumirá suas constatações para o Gerente do ACER e o Chefe da Divisão de Segurança de Barragens, quando do seu retorno ao Centro de E&R. O Relatório de Vistoria documenta os resultados das constatações da Equipe e apresenta conclusões e recomendações. O Relatório de Vistoria é tratado no Capítulo VII. Em seguida a uma análise das recomendações contidas no Relatório de Vistoria, a Divisão coordenará a preparação de um Relatório SEED. O Relatório SEED apresenta, em um único documento, o resumo gerencial, as recomendações SEED, as análises das recomendações, o relatório de instrumentação e uma classificação global de segurança da barragem.

b. Revisão dos Modos e Causas de Falhas

2.5 Familiaridade com os Modos e Causas de Falhas — Os membros de uma Equipe de Vistoria devem estar a par dos modos como uma barragem falha. Para compreender e identificar o potencial de falha ou de fragilidade numa barragem, os membros da Equipe devem possuir um amplo conhecimento das suas causas. A pesquisa e o estudo de falhas anteriores são necessários aos membros da Equipe, para reforçar seus conhecimentos de engenharia de como e porque as falhas ocorrem. Os membros da Equipe devem usar todas as fontes de informações disponíveis na obtenção de relatórios e descrições de falhas. A Biblioteca do Centro E&R, com seu sistema de referência, é uma excelente fonte. Associações profissionais e revistas têm publicado relatórios e descrições detalhadas sobre falhas de barragens. No Capítulo X, estão incluídas referências de vários resumos de relatórios e históricos de ocorrências.

2.6 Causas Primárias de Falhas e Exemplos de Condições Adversas — Defeitos existentes ou em potencial numa barragem de terra e/ou de enrocamentos ou de concreto, incluindo as fundações, podem ser descobertos por meio de uma minuciosa vistoria dos registros de projeto e construção, pela vistoria local e pela revisão dos dados de instrumentação e registros anteriores de desempenho.

Deve-se ter em mente que um reservatório cheio exerce altas pressões hidráulicas na barragem e nas fundações. Os sistemas de drenagem devem ser capazes de controlar as percolações máximas. Um reservatório cheio também apresenta o potencial de cheia máxima no caso de uma falha.

Os mecanismos de falha e de fragilidade em potencial numa barragem ou fundação podem-se apresentar de muitas formas. Algumas das causas

mais comuns de falhas de barragens e exemplos de condições adversas são abordados, com detalhes, nesta seção. Algumas das condições adversas que contribuem para as causas de falhas e que, muitas vezes, podem ser descobertas por meio de exame visual são preliminarmente discriminadas:

CATEGORIAS E CAUSAS DE FALHAS

FALHA	CAUSA
Deterioração da fundação	Remoção de matérias sólidas e solúveis Retirada de rochas Erosão
Instabilidade da fundação	Liquefação Deslizamentos Afundamento Deslocamento de falhas
Vertedouros defeituosos	Obstruções Revestimentos fraturados Evidência de sobrecarga da capacidade disponível Comportas e guinchos defeituosos
Restituições defeituosas	Obstruções Acumulações de detritos Comportas e guinchos defeituosos Posição e localização da comporta
Deterioração do concreto	Reação agregado-álcalis Congelamento-degelo Lixiviação
Defeitos de barragens de concreto	Alta subpressão Distribuição imprevista de subpressão Deslocamentos e deflexões diferenciais Sobrecarga

Defeitos de barragens de terra e/ou de enrocamentos	Potencial de liquefação Instabilidade do talude Vazamento excessivo Remoção dos materiais sólidos e solúveis Erosão do talude
Defeitos das margens do reservatório	Permeabilidade Instabilidade Fragilidades inerentes das barreiras naturais

a) Deficiências das fundações — Estes defeitos estão associados com a qualidade e/ou tratamento das fundações. Os recalques diferenciais, os deslizamentos, as pressões excessivas, as camadas ou zonas fracas e o controle inadequado das percolações são, todos, mecanismos comuns de falhas em potencial numa fundação.

As rachaduras visíveis em uma barragem podem ser o indício de acomodação das fundações. A estabilidade marginal da fundação pode às vezes ser identificada, por meio de uma completa vistoria do projeto e dos registros da construção.

O afundamento do local, causado pela extração de água do subsolo ou de hidrocarbonetos, pode causar o recalque da fundação e rachadura na barragem. Os recalques da barragem e da fundação e as rachaduras resultantes podem ocorrer, também, pelo colapso dos solos da fundação, originado pelo carregamento em seguida à umidificação dos materiais da fundação. Este colapso dos solos da fundação pode ocorrer em areias finas ou siltes com baixas densidades e baixo conteúdo de umidade natural. O recalque e a subsequente rachadura dos materiais da represa podem ser particularmente desastrosos, se a barragem de terra e/ou de enrocamentos contiver solos que se rachem prontamente, quando deformados.

Os materiais da fundação com baixa resistência ao cisalhamento máximo ou residual, ou camadas de material fraco, tal como a bentonita, podem resultar no deslizamento da fundação e da barragem de terra e/ou de enrocamentos. Também as camadas de material permeável na fundação, se não houver dispositivos para o alívio da pressão, podem resultar em subpressões excessivas e causar o deslizamento da fundação.

A percolação através da fundação pode causar a erosão interna ("piping") de materiais sólidos ou a erosão de materiais solúveis, pela dissolução. Esta remoção de material forma vazios, até que a parte remanescente do material sem apoio desabe, ocasionando a falha de uma seção da fundação. A água também pode ocasionar avaria em alguns materiais de fundação como, por exemplo, os xistos argilosos.

Muitas dessas faltas de resistência podem ser identificadas pelo exame visual das cercanias da fundação, durante uma vistoria do local. O indício visual de erosão interna ("piping") tal como sedimentos na água de percolação pode ser evidente ao olho treinado; entretanto a lavagem do material solúvel, na solução, pode ser identificada por análises químicas. Um aumento na percolação pode indicar processos de dissolução ou erosão interna ("piping"). Além disso, a revisão dos dados de projeto pode elucidar condições adversas em potencial, tais como a presença de xistos argilosos que reagem com a água, de argilas dispersivas, de materiais solúveis, etc.

b) Deficiências de Vertedouros e das Obras de Restituição – Um vertedouro ou uma obra de restituição pode estar defeituoso, devido à inadequação hidráulica e/ou estrutural, ou ao mau funcionamento operacional.

A capacidade do vertedouro pode não estar adequada para manejar, em condições de segurança, as cheias afluentes prováveis. A cheia de projeto, determinada por cálculos atualizados, poderá ser muito maior do que a empregada no projeto original, devido aos métodos aperfeiçoados de hidrologia da cheia e à disponibilidade dos registros de cheias abrangendo períodos mais longos. Portanto, o vertedouro existente pode não estar apropriado para escoar com segurança a cheia atualmente prevista, resultando no galgamento da barragem e possivelmente ocasionando sua falha. Em alguns casos, as obras de restituição são usadas para auxiliar o vertedouro ou, até mesmo, podem ficar dependentes para operarem sozinhas na propagação e/ou no amortecimento da cheia de projeto. Caso a cheia prevista tenha aumentado, as obras de restituição podem estar subdimensionadas e incapazes de cumprir as funções para as quais foram projetadas. Um vertedouro ou obras de restituição subdimensionados podem exigir a operação limitada do reservatório ou uma modificação da estrutura. A última estimativa de IDF – Cheia Afluente de Projeto (Inflow Design Flood) deve ser revista, a fim de comprovar se ainda é válida e se está baseada em critérios correntes.

O histórico da operação do vertedouro e das obras de restituição deve ser revisto, para comprovar se os seus componentes, tais como comportas, válvulas, controles, estruturas da tomada d'água e de adução, e dissipadores de energia desempenharam suas funções satisfatoriamente no passado.

Muitas das condições adversas, como: obstruções para o escoamento, fragilidades estruturais, problemas da fundação ou drenagens subterrâneas inoperantes, podem ser identificadas visualmente durante uma vistoria local. A falha estrutural de um canal, túnel ou outra estrutura de adução poderá obstruir o escoamento d'água no sistema. Acúmulos de cascalho e ilhas no canal a jusante da estrutura terminal podem restringir a restituição, afetando, assim, o escoamento e a operação do sistema. A degradação do canal a jusante, resultando no abaixamento do nível d'água de jusante, pode causar uma operação inadequada do dissipador de energia. A falha da proteção dos taludes de jusante e o seu resultante desabamento pode também afetar as condições de escoamento.

Os deslizamentos dos taludes acima da tomada d'água poderão bloquear o canal adutor, como também danificar o sistema da tomada e estruturas metálicas associadas, tais como: comportas, guinchos, motores, etc.

O crescimento de vegetação do canal de adução pode reduzir a vazão durante a operação. Entulhos ou madeiras flutuantes aglomerados, próximos à tomada d'água, podem também causar limitação do escoamento. Em alguns reservatórios, a acumulação de silte pode causar problemas, obstruindo as restituições, caso não seja feita uma limpeza periódica do sistema.

As bacias amortecedoras podem acumular pedras, cascalhos ou entulhos. O movimento desses materiais estranhos, durante a operação, pode prejudicar o desempenho hidráulico ou causar a erosão do revestimento de concreto, conduzindo a maiores danos na bacia.

As rachaduras e os movimentos das estruturas de concreto podem indicar perigo e devem ser estudados, a fim de se determinar suas causas. Movimentos da fundação e da subpressão, empuxo do gelo, cargas de terremotos, drenos inoperantes, carregamentos alterados e várias outras condições podem estar causando o perigo. Nos vertedouros e nas obras de restituição de alta velocidade, fraturas ou desalinhamentos no concreto, nos equipamentos metálicos ou na pintura podem dar início à cavitação. Uma visto-

ria do local deve incluir todas as partes do sistema. Esta vistoria pode exigir a construção de um tampão ou de uma ensecadeira, próxima da tomada d'água, para esvaziar e vistoriar todo o sistema.

Todos os muros de contenção devem ser vistoriados em busca de sinais de perigo. Os drenos devem ser verificados, a fim de comprovar se estão se desempenhando da maneira como foram projetados, porque a drenagem superficial que coleta águas do aterro por trás dos muros pode congelar-se e criar grandes tensões no concreto, devido ao empuxo do gelo.

Áreas deterioradas existentes nos revestimentos das galerias podem causar zonas de cavitação, quando houver vazões de alta velocidade.

Os vertedouros e as obras de restituição, controlados por comportas e/ou válvulas, só podem funcionar como foi projetado enquanto as comportas e válvulas possam ser operadas como foram planejadas. Caso um vertedouro ou uma obra de restituição não possa ser operada, em virtude de falhas nas comportas, nas válvulas ou no equipamento de manobra, a barragem pode correr o risco de entrar em colapso. Os defeitos de operação das comportas, de válvulas ou de equipamento de operação podem resultar dos seguintes itens:

- . Recalques ou deslocamento da estrutura embutida que provoque o emperramento das comportas.
- . Peças deterioradas, gastas, soltas ou quebradas.
- . Partes desalinhadas.
- . Ausência de uso.
- . Falta de lubrificação.
- . Vibração.
- . Procedimentos impróprios de operação.
- . Deficiências do projeto.
- . Falha da fonte de energia.
- . Falhas do circuito elétrico.
- . Vandalismo.
- . Formação de gelo.
- . Restrições ao acesso, que possam ocorrer durante as situações de cheia.

A operação inadequada das estruturas associadas pode originar muitos tipos de falhas. O galgamento da barragem pode resultar da operação imprópria da capacidade de armazenagem de água no reservatório ou da omissão em providenciar, em tempo, descargas parciais pelos vertedouros e obras de restituição. Os deslizamentos a montante, na barragem de terra e/ou nos enrocamentos, ou nos taludes do reservatório, podem ser causados pelo esgotamento excessivo ou rápido demais do reservatório. A manutenção inadequada do equipamento mecânico pode causar falhas operacionais quando o seu uso for necessário.

As estruturas hidráulicas podem sofrer restrições, visando a segurança da operação. Muitos vertedouros e obras de restituição exigem uma operação simétrica para atender aos critérios do projeto. O golpe de aríete, as velocidades excessivas, as vibrações, etc., são itens que podem ter que ser controlados visando uma operação segura da estrutura. Os limites, restrições e instruções para uma operação adequada e segura devem ser mantidos no local da barragem, na forma dos SOP's – Procedimentos de Operação Vigente e DOC's – Critérios de Operação dos Projetistas. Se estas instruções não forem seguidas, poderá ser criada uma situação de falha.

c) Controle Inadequado da Percolação – Os problemas de percolação podem ocorrer em barragens de terra e/ou de enrocamentos, ou de concreto, tanto através como ao longo das fundações.

A origem principal da percolação no corpo de uma barragem de concreto é através das juntas de contração ou ao longo de juntas de construção não delimitadas ou das linhas de desnível. As rachaduras no concreto maciço são, também, uma fonte potencial de percolação na estrutura. Os drenos prontos, instalados na barragem, são projetados para interceptar a percolação e reduzir as pressões que se possam desenvolver ao longo de desníveis ou fendas.

A percolação não controlada através de uma barragem de terra e/ou de enrocamentos pode carregar material em direção a saídas não protegidas, formando vazios que poderão conduzir à falha por erosão interna ("piping"). Compactação inadequada, recalques diferenciais, matérias permeáveis da barragem de terra e/ou de enrocamentos, ou a presença de lâminas de gelo, raízes, tocos de árvores e entulhos numa barragem de terra e/ou de enrocamentos, devido ao controle inadequado da construção, podem causar uma excessiva percolação.

A percolação não controlada, nos encontros ou na fundação de uma barragem de concreto, pode formar erosão interna ("piping") ou vazios, ocasionando a ligação das seções do encontro e consequente concentração de tensões no concreto. Nos encontros ou na fundação de uma barragem de terra e/ou de enrocamentos, a percolação não controlada pode formar também erosão interna ("piping") ou "túneis" embaixo dela. Isto pode causar o colapso dos materiais em volta, os quais podem levar à formação de rachaduras de recalque ou, finalmente, ao rompimento da barragem de terra e/ou de enrocamentos.

A percolação não controlada pode resultar em pressões capilares excessivas numa barragem de terra e/ou de enrocamentos, ou na fundação. Isto pode causar um enfraquecimento da massa do solo e ocasionar nascentes, bolhas de areia e falhas nos encontros e nos taludes a montante e a jusante. A excessiva pressão capilar pode originar-se, durante a construção, pelo assentamento muito rápido do material de aterro ou pelo lançamento de material demasiadamente úmido, pela percolação da água através de áreas de matérias permeáveis no aterro, ou ao longo das juntas da fundação, as quais são ligadas ao reservatório, ou através de um abaixamento rápido do nível d'água.

O fraturamento hidráulico é a formação de rachaduras no solo, causada pela aplicação de pressão hidráulica superior à tensão principal associada. O fraturamento hidráulico de solos altamente erosíveis, tais como siltes ou areias siltosas, quando não são protegidos por filtros, podem resultar na rápida remoção de partículas do solo e no subsequente colapso da barragem de terra e/ou de enrocamentos. As perfurações na barragem para averiguações, instalações de instrumentação ou injeções têm sido identificadas como uma fonte frequentemente negligenciada dos fraturamentos hidráulicos. Se for encontrada, no histórico do projeto, a evidência de tais perfurações, os fraturamentos hidráulicos na barragem de terra e/ou de enrocamentos podem ter ocorrido simultaneamente.

As rachaduras de recalque na barragem de terra e/ou de enrocamentos ou na fundação, causadas por material compressível, podem também formar caminhos de percolação. As rachaduras de contração, causadas pelo uso de argilas demasiado plásticas na barragem de terra e/ou de enrocamentos, podem também levar à erosão interna ("piping"). Outras causas de percolações excessivas são os buracos de animais, as raízes de grandes árvores e

vazamentos ao longo e através de encanamentos existentes na barragem de terra e/ou de enrocamentos.

Os efeitos adversos de percolações numa barragem de terra zonada são geralmente controlados por um filtro, para evitar a erosão interna ("piping") na barragem de terra e/ou de enrocamentos ou no material da fundação. Entretanto, se o filtro não for adequadamente projetado ou construído para controlar o volume da percolação verificada e evitar a erosão interna ("piping"), poderá existir uma situação de falha.

Ações químicas e biológicas podem causar o entupimento dos drenos da barragem e da fundação. Se os drenos permanecerem obstruídos, a percolação d'água deverá procurar outros caminhos de saída que poderão ser prejudiciais à segurança da barragem.

As subpressões podem existir na base da barragem, devido à percolação ou à infiltração de água ao longo das camadas inferiores da fundação ou pelo sistema de juntas, após o enchimento do reservatório. Os valores medidos da subpressão podem também indicar a eficácia das injeções na fundação e do sistema de drenagem projetado. Se os valores de subpressão forem extremos ou excederem as hipóteses do projeto, a estabilidade da barragem poderá ser reduzida. Estudos adicionais poderão ser exigidos, caso subpressões ou distribuições de pressões extremas ou imprevistas forem notadas.

d) Materiais Inferiores ou Defeituosos — Os materiais de qualidade inferior ou defeituosos usados na construção de uma barragem de concreto ou de terra e/ou de enrocamentos poderão resultar na deterioração e possível falha da estrutura.

O agregado reativo utilizado numa barragem de concreto é uma das causas principais da deterioração do concreto. Se um agregado altamente reativo é usado, sem um cimento adequado de baixa alcalinidade, a reação entre o agregado e o cimento poderá causar a expansão da massa do concreto, criando rachaduras superficiais e deterioração. A dilatação do concreto pode causar também o emperramento das comportas, válvulas e equipamento de operação, e a deterioração do concreto junto às estruturas embutidas.

Agregados de baixa resistência ou cimento com características pobres de ligação podem produzir um concreto de baixa resistência, que causará rachaduras ou áreas de perigo na barragem. Os agregados com características de alta absorção são muito suscetíveis a avarias pelo congelamento-degelo. O agregado que tenha sido contaminado por silte, argila, mica, carvão, fragmentos de

madeira, matérias orgânicas, sais químicos ou revestimentos superficiais produzirá concreto de baixa resistência e durabilidade. Minerais contidos na água usada no traço do concreto também podem impedir a produção de um concreto satisfatório.

Materiais inferiores ou defeituosos utilizados numa barragem podem causar sérios problemas. Os materiais sujeitos à dissolução, degradação, perda de resistência ou à alteração mineralógica, são de uso indesejável numa barragem de terra e/ou de enrocamentos.

A dissolução de materiais solúveis, tal como o gesso, poderá, ao longo do tempo, formar canais e a erosão interna ("piping") ou o aumento da percolação. As argilas dispersivas nas barragens de terra e/ou de enrocamentos são também suscetíveis à erosão interna ("piping") ou à erosão por túneis, quando submetidas ao escoamento d'água de baixo teor de sal dissolvido. Outros minerais solúveis podem apresentar características diferentes, mas criar condições similares de erosão interna ("piping").

Perdas de resistência e as resultantes falhas rasas em taludes compostos de argilas altamente plásticas poderão ocorrer próximas à superfície de uma barragem de terra e/ou de enrocamentos, quando o solo compacto gradativamente se expande, formando fendas de dessecação, e desliza quando o material é molhado novamente.

Os solos de baixa densidade, saturados e sem coesão, numa barragem de terra e/ou de enrocamentos, ou fundação, podem sofrer um aumento na pressão capilar e na perda de resistência ao cisalhamento, quando submetidos às tensões de cisalhamento provocadas por terremoto. Dependendo de uma variedade de fatores, inclusive as características dos materiais e as condições de implantação, as tensões antes do terremoto, a magnitude e a duração das tensões sísmicas induzidas, etc., a barragem de terra e/ou de enrocamentos ou suas fundações podem apresentar instabilidade, recalques verticais excessivos e perda na margem de cota d'água máxima ou rachaduras. As barragens de terra e/ou de enrocamentos construídas por técnicas de aterro hidráulica são frequentemente suscetíveis de danos causados por terremotos, em virtude do potencial de liquefação sob a carga sísmica.

A decomposição de raízes, tocos, folhas, galhos ou outros entulhos numa barragem de terra e/ou de enrocamentos pode resultar

na formação de vazios. Esses vazios podem formar rachaduras de recalque ou percolações que resultem em erosão interna ("piping") ou vazamento excessivo.

e) Deterioração das Partes Metálicas e do Concreto — As condições adversas devidas à deterioração do concreto podem ocorrer em barragens de concreto ou nas suas estruturas associadas. As formas mais comuns da deterioração do concreto resultam da reação agregado-álcalis e outras reações químicas; da ação de congelamento-degelo; da lixiviação do concreto; e da erosão, cavitação ou avarias resultantes de tensões excessivas.

A deterioração do concreto, atribuída à reação agregado-álcalis, é o resultado de uma reação química entre os álcalis no cimento e os componentes minerais dos agregados do concreto. A reação agregado-álcalis pode levar à deterioração bem no interior da massa da barragem de concreto. Geralmente, um dos primeiros efeitos da reação química é o desligamento dos blocos ao longo das várias linhas de desnível. A redução da resistência, resultante deste desligamento, combinada com a formação de pressão hidrostática ao longo das linhas de desníveis abertas, diminuirão o fator de segurança contra deslizamento e tombamento. A resistência efetiva do concreto pode também ser reduzida através de reação química. A situação é caracterizada pelas seguintes condições visíveis: 1) rachadura em escala relativamente grande, geralmente de formato aleatório; 2) expansão excessiva interna e total; 3) fendas que podem ser muito largas na superfície do concreto (aberturas de até ± 38 mm ou aproximadamente 1,5 polegada), mas que penetram no concreto somente 200 mm, ou aproximadamente 6 a 8 polegadas; 4) exsudações gelatinosas e depósitos amorfos esbranquiçados na superfície ou no interior da massa do concreto, principalmente nos vazios, e adjacentes a pedaços do agregado afetado; 5) zonas periféricas de reatividade, alteração ou infiltração nas partículas do agregado, particularmente naquelas contendo opala e certos tipos de rochas ácidas e vulcânicas intermediárias; e 6) aparência de giz em fraturas novas do concreto. A deterioração do concreto pode também ser causada por outras reações químicas, tais como: ácidos inorgânicos, sulfatos e outros sais.

A desintegração pela ação do tempo é ocasionada, principalmente, pela ação destruidora do congelamento-degelo e pela expansão e contração reprimidas, resultantes das variações de temperatura e alternados umedecimentos e secagens. O efeito da ação de congelamento-degelo numa barragem de concreto é geralmente

concentrado próximo à superfície de concreto e dentro dos componentes estruturais expostos. As áreas mais comuns afetadas pela ação do congelamento-degelo são os parapeitos, as vigas em balanço, as superfícies de rodovias nos topos das barragens, os muros da bacia de dissipação, os portais das galerias ou túneis e as plataformas e placas expostas. A ação do congelamento-degelo não constituirá normalmente um problema de segurança da barragem, exceto quando o concreto, associado aos locais de passagens da água ao equipamento mecânico ou aos acessos de emergência, for afetado. Os efeitos dessa ação, como aquela da reação agregado-álcalis, consistem em deterioração superficial e de rachaduras em formas que podem facilmente ser identificadas pelo exame visual. Algumas vezes torna-se difícil distinguir a ação de congelamento-degelo da reação alcalina, a não ser por testes de laboratório.

A deterioração do concreto pode também ser devida à remoção de componentes solúveis pela lixiviação.

A deterioração do concreto pode ocorrer pela erosão. As principais causas de erosão de superfícies de concreto são:

- . Cavitação.
- . Movimentação de material abrasivo pela água corrente.
- . Abrasão e impacto de tráfego.
- . Abrasão eólica.
- . Impacto do escoamento de gelo.

A erosão, sendo um tipo de deterioração superficial, pode ser facilmente identificada por um exame visual e suas causas são geralmente evidentes.

A deterioração do concreto pode ser causada por tensões anormais ou extremas dentro da estrutura. Uma vez ocorridos movimento estrutural e rachadura, os danos podem agravar-se pela ação do congelamento-degelo, ou pelo envelhecimento normal do concreto.

A sobrecarga de uma barragem de concreto normalmente gera áreas de risco e rachaduras, que geralmente podem ser identificadas visualmente durante uma vistoria do local. Rachaduras, abertura das linhas de desnível ou das juntas de construção, variações no vazamento e movimentos diferenciais são todos indícios de sobrecarga potencial. A sobrecarga pode ocorrer ao longo da fundação, por causa das movimentações diferenciais

ou extremas desta, ou em qualquer lugar da massa de concreto da barragem, onde as tensões são excessivas. A sobrecarga pode ser devida a condições de carregamento externo anormais, variações de temperatura, pressões de injeções nas juntas de contração, movimentação da fundação, ou subpressões excessivas na fundação ou ao longo de linhas de desnível não delimitadas.

A deterioração do concreto nas estruturas associadas, tais como: vertedouros, restituições e muros de contenção críticos, pode ser causada pela reação cimento-agregado, recalque da fundação, ação do congelamento-degelo, lixiviação do cimento, erosão pelo escoamento d'água, cavitação ou tensões excessivas por cargas externas. A vibração proveniente de golpes de aríete ou da operação do equipamento mecânico pode também causar a deterioração do concreto.

A deterioração devida à corrosão, à cavitação e/ou ao desgaste pode reduzir a área da seção efetiva de trabalho de uma parte ou de um componente metálico até o ponto onde a sobrecarga provoca a falha.

f) Controle Inadequado da Erosão — A proteção inadequada nos taludes de uma barragem de terra e/ou de enrocamentos a montante ou a jusante pode resultar na erosão da face a montante pelas ondas ou correntezas, ou na formação de sulcos na face a jusante, pelo escoamento superficial. As quinas são particularmente suscetíveis à erosão superficial.

O pé da barragem de terra e/ou de enrocamentos e da fundação adjacente pode também estar sujeito à erosão. Isto pode ocorrer se as bacias de dissipação do vertedouro e/ou das obras de restituição estiverem localizadas próximas da barragem e possuírem uma proteção dos taludes inadequada; ao redor das bacias e ao longo do canal de jusante.

A proteção dos taludes a montante e a jusante, bem como da bacia de dissipação e do canal, está sujeita à deterioração. Vistorias e reparos periódicos são necessários para manter a proteção dos taludes em condições satisfatórias.

g) Defeitos nas Margens do Reservatório — Os eventos e condições ocorridos na bacia de um reservatório que podem indicar ou levar a possíveis falhas catastróficas incluem: deslizamentos de terra, movimentos de falha geológica, seiches (ondas induzidas por terremotos ou deslizamentos), erosão da orla; e falha do reservatório devida à erosão interna ("piping").

Para se determinar a existência de defeitos nas margens do reservatório, devem ser revistos: as fotos aéreas, os mapas geológicos regionais e locais, os mapas topográficos e os trabalhos realizados por agências anteriores. Uma efetiva vistoria de campo deve então ser empreendida, consistindo de uma avaliação das condições conhecidas e de uma vistoria para as não identificadas.

A maioria dos reservatórios deixa vaziar água em alguma proporção; não obstante, o reconhecimento e a avaliação das condições que possam levar ao aumento da percolação são tarefas críticas a serem realizadas pela Equipe de Vistoria. A permeabilidade é uma preocupação fundamental em qualquer reservatório situado sobre um material não consolidado e em muitas rochas sedimentárias. São os seguintes os itens específicos a serem considerados como caminhos para a percolação: os canais enterrados, as zonas de falhas, as juntas, os canais de dissolução e outras formas de permeabilidade primária e secundária. Os indicadores de permeabilidade excessiva são: vazamentos observados, alterações anormais do nível do lençol freático, bolhas d'água, perdas inexplicáveis do reservatório e novas nascentes. As vias da percolação são formadas por erosão interna ("piping"); pela dissolução dos agentes de ligação, dos enchimentos das juntas e do próprio material; juntas abertas: zonas de fraturas, inclusive falhas; planos de estratificação, diferenças litológicas e outras formas primárias e secundárias de permeabilidade.

Os deslizamentos de terra são as formas mais predominantes de instabilidade que afetam as margens do reservatório. A dimensão de um deslizamento de terra pode ser a consideração fundamental, quando os aspectos de segurança são avaliados. No entanto, um deslizamento pequeno, num lugar crítico, poderá inutilizar os vertedouros ou as obras de restituição e criar uma condição insegura para a barragem. A avaliação de um deslizamento de terra deve incluir a grandeza, a causa da falha, a velocidade e o modo de translação, o tipo de material, a época do deslizamento, a situação e a configuração do reservatório, a saturação e suas fontes, e os movimentos correlatos às flutuações de nível do reservatório. Os dados de apoio necessários para se adquirir um conhecimento sobre deslizamentos de terra incluiriam uma revisão dos memorandos pertinentes e disponíveis do Registro de Deslizamento e dos dados de monitoramento.

A avaliação deve incluir uma apreciação do programa vigente de monitoramento e considerar os novos conceitos das formas de movimentação. Um julgamento deve ser feito sobre a estabi-

lidade do deslizamento e sua relação com a manutenção de uma estrutura segura e as restrições sobre as velocidades de enchimento e de esvaziamento.

A erosão litorânea existe, em certo grau, em reservatórios antigos, mas geralmente não é um problema significativo. Entretanto, a ação das ondas pode minar as paredes do reservatório, acionar novos deslizamentos e desgastar os encontros.

As bordas do reservatório que forem estreitas, compostas de materiais erosíveis, sujeitos à erosão interna ("piping"), e/ou instáveis, quando saturadas, são áreas de falhas em potencial que poderão causar um esvaziamento catastrófico da represa.

Os itens a serem considerados numa avaliação seriam: uma descrição geológica detalhada e as características técnicas dos materiais, a confecção das juntas, formação de falhas, caminhos possíveis de percolações e gradiente máximo entre o reservatório e os pontos potenciais de saída. A água que provém da área de percolação deve ser vistoriada quanto aos sedimentos em suspensão e sólidos dissolvidos.

h) Projeto ou Construção Inadequados — O projeto ou a construção inadequados ou defeituosos podem ser também causas de falhas.

Dados ou critérios de projeto incorretos ou incompletos podem resultar numa estrutura imprópriamente projetada. A omissão de verificar no projeto todas as condições prováveis de carga pode resultar numa estrutura insegura. Pesquisas ou ensaios incompletos dos materiais e a adoção de propriedades técnicas errôneas, durante o projeto, podem resultar na utilização de material inadequado na barragem ou nas estruturas associadas. A falta de reconhecimento dos possíveis problemas durante a fase de projeto pode conduzir a graves acidentes ou falhas.

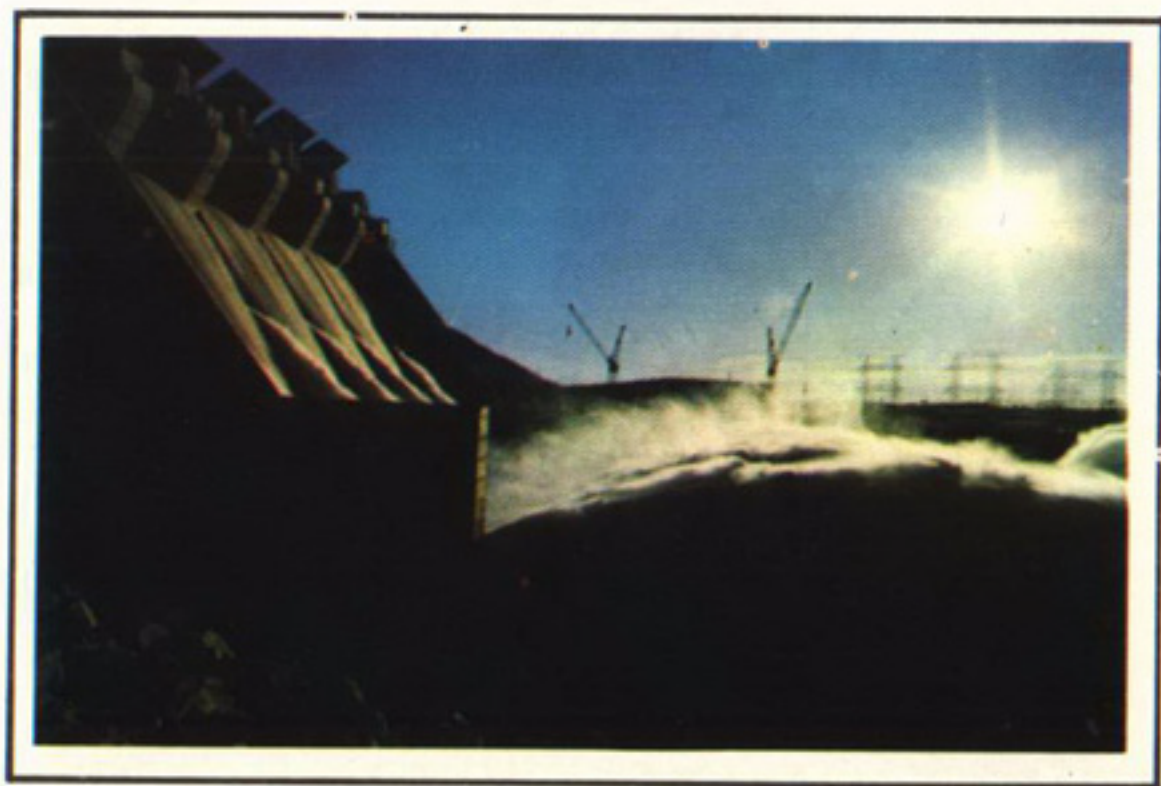
A falta de controle da consolidação de diversas zonas, numa estrutura de barragem de terra zonada, pode resultar em recalques diferenciais ou excessivos. O recalque diferencial ou excessivo pode ocorrer devido à umidade imprópria ou à compactação inadequada dos materiais da barragem de terra e/ou de enrocamentos.

Investigações incompletas ou inadequadas da fundação podem levar a hipóteses de projeto imprecisas e ao tratamento inadequado do projeto da fundação. Se o engenheiro-construtor não compreendeu nem avaliou os critérios do projeto e/ou o proje-

tista não foi consultado durante a construção, o tratamento para preparar uma fundação adequada pode não ter sido realizado.

A construção defeituosa pode causar diversos pontos fracos, tais como: camadas de baixa densidade ou zonas de gelo numa barragem. Mudanças de condições, durante a construção, que não foram identificadas e tratadas em compatibilidade com o projeto poderão gerar falhas latentes.





Equipe de Vistoria

a . Especialidades e Qualificações

Uma Equipe de Vistoria é normalmente composta de geólogos e engenheiros civis e mecânicos. Os Engenheiros da Equipe devem ser profissionais devidamente registrados. Os membros da Equipe devem ter uma experiência profunda em projeto, construção e operação de barragens e seus elementos associados. Uma Equipe adequada deve ter especialistas nos seguintes assuntos: hidráulica, mecânica de rocha e solos, projeto estrutural e análise de estabilidade de taludes, projeto mecânico, avaliação das propriedades dos materiais, geologia, instrumentação, etc. Também devem ser conhecedores das causas e modos de falhas de barragens.

Os membros da Equipe devem ter vontade e capacidade de fazer uma revisão abrangente de todos os dados relativos à barragem e de efetuar uma completa vistoria no local. Devem ser capazes de efetuar profundas avaliações e desenvolver conclusões confiáveis. Devem ser observadores, ter bom raciocínio analítico e não ficar embaraçados quando diante de um grande número de detalhes. Devem ser capazes de se concentrar nas considerações sobre segurança e nas condições que possam conduzir a falhas de barragens, e estar atentos para mudanças de condições. Os membros da Equipe devem ser desconfiados, curiosos, insatisfeitos, metódicos e possuir sólido julgamento de engenharia. Devem possuir ponto de vista independente e evitar conclusões apressadas e infundadas.

Operadores e pessoal de campo, familiarizados com a barragem e sua operação, devem juntar-se à Equipe na vistoria local. Devem ser capazes de responder ou obter respostas às perguntas que a Equipe possa fazer, relativas às condições existentes e à operação da barragem.

b. Organizações Envolvidas

As Equipes de Vistoria do Bureau são normalmente chefiadas pelos engenheiros designados pela Divisão de Segurança de Barragens. Outros membros da Equipe podem ser pessoal regional, consultores autônomos ou outros elementos da Divisão de Segurança de Barragens. Outro pessoal regional e/ou do Empreendimento e representantes de outras agências federais ou estaduais podem juntar-se à Equipe para a vistoria local.

Onde houver suspeita ou conhecimento de problemas ou defeitos específicos, pessoal com a respectiva especialização pode também ser recrutado ou contactado pela Equipe.

c. Treinamento

Um programa de treinamento do pessoal da Equipe foi desenvolvido para o uso em conjunto com este manual. É altamente desejável que o pessoal vistoriador de barragens faça este treinamento.

O programa de treinamento foi projetado para enfatizar a necessidade de uma vistoria adequada da segurança de barragens e auxiliar engenheiros e geólogos a desenvolver boas técnicas de revisão, vistoria e avaliação. Algumas das causas mais comuns de falhas de barragens e exemplos de condições adversas são abordadas no programa de treinamento.

d. Deveres

A Equipe realizará uma revisão completa de todos os dados pertinentes à segurança da barragem, fará uma vistoria no local, analisará todos os dados e constatações, atualizará o Livro de Dados e redigirá um Relatório de Vistoria para o Chefe da Seção de Inspeções, relatando suas constatações, conclusões e recomendações relativas à segurança da barragem. Uma descrição detalhada das obrigações é dada nas seções subsequentes.

e. Responsabilidade

A Equipe tem a responsabilidade de revisar, cuidadosamente, todos os dados e informações, incluindo aqueles obtidos durante a vistoria local,

relativos à segurança da barragem. A Equipe tem a responsabilidade de obter quaisquer dados que necessite para esta revisão. Isto é normalmente realizado como um trabalho de rotina pelo pessoal subordinado ao Chefe da Divisão de Segurança de Barragens; entretanto, quando conveniente, serão preparados memorandos pela Equipe, para a assinatura do Chefe da Divisão ou do Diretor-Assistente para Engenharia e Pesquisa.

O pessoal regional e o do empreendimento devem ser consultados, com a devida antecedência, da data da vistoria local, do itinerário e dos elementos a serem vistoriados pela Equipe. Se arranjos especiais forem necessários para a vistoria de partes específicas, estas deverão ser identificadas com antecedência. Isto é necessário, a fim de dar tempo para coordenar essas revisões com a programação normal de operação.



Livros de Dados e Registros

4.1 Generalidades — A avaliação adequada da segurança de barragens envolve uma completa revisão dos registros de projeto, construção e desempenho, antes de se conduzir uma vistoria local. O Livro de Dados é um documento não publicado, preparado, inicialmente, por engenheiros da Equipe ou contratados pela Divisão de Segurança de Barragens. O Livro de Dados é uma fonte abreviada e conveniente de informações, que resume todos os registros pertinentes e o histórico relacionados com a segurança de uma barragem e é preparado antes da vistoria inicial de cada barragem. Um Livro de Dados, preparado adequadamente, deve ser bastante abrangente, de tal modo que não seja necessário rever de novo, em pormenores, os registros-fonte como parte das avaliações subseqüentes; deve também conter o tipo e a quantidade de registros requeridos por uma Equipe SEED, para avaliar a segurança estrutural da barragem. Uma lista de referências é incluída, se forem necessárias informações adicionais. O Livro de Dados deve ser considerado um documento vivo, que será periodicamente revisto e atualizado. Este Livro torna-se uma referência valiosa para as Equipes de Vistoria.

4.2 Preparação de um Livro de Dados — O Livro de Dados constitui um registro histórico que se refere à segurança do projeto, da construção e da operação de uma barragem. Ele deve conter todos os dados pertinentes relativos à segurança da barragem, obtidos de fontes disponíveis, tais como registros e relatórios de projeto, construção e observações, e recomendações de avaliações prévias e de vistorias locais, listas de verificação, Relatórios de Vistoria e SEED, relatórios de consultores, etc.

O redator do Livro de Dados deve fornecer informações suficientes para ajudar a responder à maioria das questões que possam ser levantadas. O redator deve extrair de cada registro todos os dados e informa-

ções pertinentes que sejam merecedores de consideração; deve apresentar esses dados em forma de texto e os suplementar com a sua própria interpretação ou análise.

Discussões e descrições complexas ou difíceis devem ser transcritas, palavra por palavra, para evitar a introdução de más interpretações e, portanto, a alteração do significado original. Devem ser incluídas fotografias e desenhos de tamanho médio para suplementar o texto, mas sua quantidade deve ser limitada por criteriosa seleção. Cada elemento novo ou nova seção deve começar com uma nova página. Devem ser identificadas as referências que foram usadas, para obter informações que possam ser julgadas importantes. Um Sumário Estatístico deve ser completado para cada barragem e incluído no Livro de Dados. Um esboço do Livro de Dados e um modelo do Sumário Estatístico podem ser obtidos na Divisão de Segurança de Barragens, Seção de Inspeções, no Centro de E&R.

4.3 Atualização do Livro de Dados – O Livro de Dados deve ser conservado atualizado para servir ao seu propósito, como referência completa. Ele deve ser atualizado, quando fatos significativos ocorrerem na barragem, quando critérios atualizados tenham sido desenvolvidos, tais como projetos de terremotos e cheias, e na ocasião de cada vistoria intermediária e oficial.

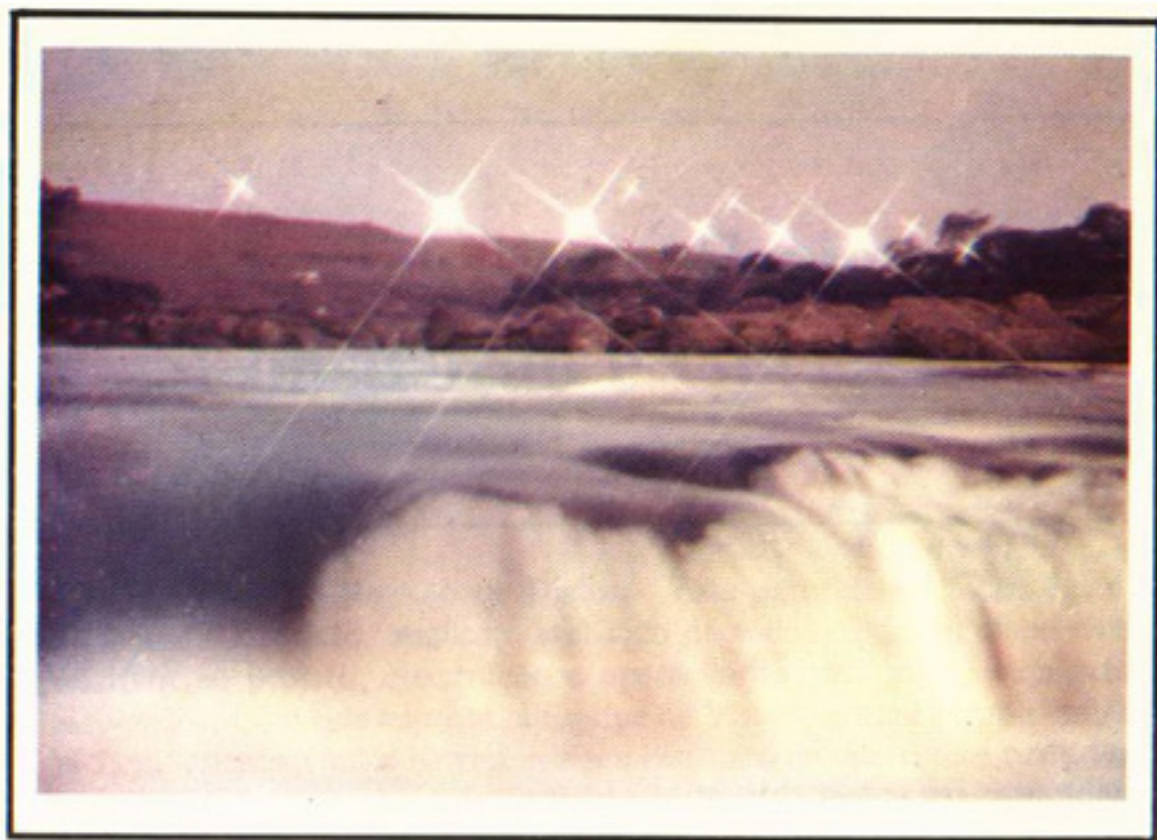
Cada Equipe de Vistoria tem a responsabilidade de revisar, atualizar e recomendar adições específicas e/ou revisões no Livro de Dados. Qualquer informação do Livro de Dados que pareça errônea, pouco clara ou incompleta deve ser pesquisada pela Equipe, através de uma revisão dos registros originais, ou identificada numa recomendação pela Equipe.

4.4 Arquivo do Livro de Dados – Os originais dos Livros de Dados são guardados nos arquivos da Divisão de Segurança de Barragens, Seção de Inspeções. Cópias de microfichas são mantidas na Biblioteca do Centro E&R e nos Escritórios Regionais.

4.5 Registros SEED – A Divisão de Segurança de Barragens mantém os arquivos dos registros e relatórios requeridos, para executar o programa SEED. Cada informação relativa a uma barragem é arquivada alfabeticamente pelo nome da barragem. A Seção de Inspeções mantém arquivos para Livros de Dados e avaliações preliminares necessárias para apoiar as Equipes de Vistoria. O Gerente do Programa SEED mantém arquivos de estudos de engenharia e geologia, executados para avaliar a segurança de barragens. Quando concluída uma análise, o responsável técnico pela análise ou acompanhamento da execução do contrato preparará um breve resumo que inclua sumários de dados, hipóteses e procedimentos usados na análise, constatações,

conclusões e recomendações, conforme for o caso. Quando a análise e os resultados forem reunidos, cópias das sinopses são endereçadas ao arquivo SEED a respeito da barragem, e para a Seção de Inspeções, para posterior incorporação no Livro de Dados da barragem.





Avaliação do Projeto, Construção e Operação

5.1 **Objetivo da Revisão de Dados** – Esta parte da avaliação é dedicada à revisão, análise e avaliação de todos os dados disponíveis relativos ao projeto, construção e operação da barragem e elementos associados. Com este suporte, a Equipe de Vistoria estará completamente familiarizada com a barragem e seu histórico de operação e manutenção, de forma que possa, efetivamente, vistoriar e avaliar sua capacidade de desempenhar, no futuro, como esperado.

Os Relatórios de Vistorias prévias da RO&M (Revisão de Operações e Manutenção), outrora ROM – Revisão de Manutenção (Review of Maintenance), Programa e Relatórios do SEED proporcionam uma fonte valiosa de informações relativas ao histórico operacional e às condições recentes da barragem. As recomendações resultantes desses programas revelam o histórico, o progresso e as condições dos reparos ou modificações das barragens.

Deve ser determinado qualquer efeito potencialmente prejudicial causado por barragens a montante ou a jusante, na segurança de uma barragem do Bureau.

Durante o processo de avaliação, a adequação da barragem e de suas estruturas associadas, para cumprir as funções requeridas, deve ser determinada. Caso seja identificada qualquer inadequação, esta deve ser descrita e apoiada por dados relevantes, justificativa técnica e análises. Especialistas nas disciplinas correlatas devem ser consultados, para aconselhar e colaborar no preparo de declarações e análises de apoio, constatações e conclusões.

Ao longo de todo o processo de avaliação, a Equipe de Vistoria deve estar ciente da responsabilidade de preparar um Livro de Dados ou de atualizar um Livro de Dados existente, com informações novas, concernentes às condições alteradas, como discutido no Capítulo IV.

Um perfil abrangente de considerações para a execução de avaliação da segurança é dado no Apêndice A.

5.2 Disponibilidade e Fonte de Dados — Durante o levantamento preliminar, antes da avaliação inicial de uma barragem, todos os registros de investigações, projeto e construção, como descritos na seção 5-3, devem ser recuperados para uso da Equipe. A lista de registros não é necessariamente considerada completa, mas, certamente, deve ser sempre representativa do que possa estar disponível. Uma barragem recentemente construída terá numerosos registros disponíveis, enquanto que uma barragem mais antiga, particularmente uma construída no início do século, pode ter muito poucos registros.

Se a barragem a ser avaliada tiver sido projetada e construída pelo Bureau of Reclamation, quase todos os registros disponíveis serão encontrados nos arquivos do Bureau. O pessoal da Seção de Projeto que possa ter estado envolvido deve ser interrogado quanto à existência de quaisquer registros ou informações que tenham sido arquivadas. Deve ser feito contato, também, com os Escritórios Regionais e do Empreendimento, para obter-se quaisquer registros operacionais e de manutenção ou de dados pertinentes que possam ser úteis.

Registros de projeto e construção para uma barragem antiga podem ser em quantidade muito limitada ou mesmo inexistentes. Nessa situação, a Equipe de Vistoria deve pesquisar informações em publicações técnicas e, possivelmente, recomendar que sejam coletados dados de campo.

Para barragens projetadas e construídas por outras agências, estaduais ou federais, deve ser feito contato com o escritório ou a agência apropriada, para obter-se os registros necessários. De novo, pode ser necessário obter dados faltantes ou não existentes por intermédio da agência no local.

Os tipos, formatos e finalidades dos relatórios, registros e dados, variam com os proprietários da barragem e com os seus agentes que os prepararam. No entanto, existem padrões para as fases progressivas do desenvolvimento do empreendimento, desde o planejamento até a operação. Esses padrões se assemelharão, em algum grau, ao sistema usado pelo Bureau, como descrito na seção 5-3, e o processo de revisão, para os registros de outros proprietários de barragens, será semelhante ao descrito na seção 5-4.

5.3 Descrição dos Registros do Bureau — Os parágrafos seguintes descrevem e discutem os relatórios e registros do Bureau que possam estar disponíveis para revisão no Centro E&R.

a) **Registros Técnicos de Projeto e Construção** — Este documento é uma publicação do Bureau of Reclamation, que tem sido produzido para muitas barragens do Bureau. Cópias deste documento, se disponíveis, podem ser obtidas por meio do Escritório de Revisão Técnica e Serviços de Gerência, ou da Biblioteca do Centro E&R. Este registro contém o plano geral, a informação histórica, uma descrição dos elementos, do resumo de custos, da geologia, dos aspectos do projeto dos vários elementos e seus componentes, da administração do contrato e das operações de construção. Os aspectos do projeto incluem uma discussão dos estudos realizados para determinar o projeto final, os critérios e hipóteses, os projetos estrutural e hidráulico, os estudos de cheia de projeto, a sismicidade, o tratamento das fundações, o desvio do rio e o projeto mecânico. São também discutidos em pormenores os métodos de construção e operação utilizados pelo Empreiteiro e problemas encontrados durante a construção.

b) **Considerações de Construção** — Esses documentos, anteriormente chamados “Considerações de Projeto”, são escritos para cada uma das especificações mais importantes e onde métodos de construção novos ou não usuais são necessários, ou onde requisitos de segurança ou desempenho não usuais devem ser atendidos. Eles são redigidos para mostrar ao pessoal de construção os conceitos gerais do projeto, alertá-lo para as condições reais no campo que se desviam daquelas previstas pelos projetistas e para sugerir as ações necessárias a fim de assegurar que as especificações sejam cumpridas, atendendo aos conceitos do projeto. Eles chamam a atenção para as informações sobre ambiente, geologia, fundação, cheias máximas de construção e lençol freático que influenciaram o projeto; são também dados posicionamentos críticos e tolerâncias de instalação, e métodos de construção. As Considerações de Projeto e de Construção estão disponíveis na Biblioteca do Centro E&R.

c) **Sumário de Projeto** — A publicação deste documento começou para todos os novos projetos a partir de 1978. Ele é preparado pelos grupos de projeto das Divisões de Projeto do Centro E&R. Um Resumo de Projeto contém: uma declaração de objetivo do empreendimento; uma descrição e localização do empreendimento; cronologia de eventos; discussão da seleção do local e tipo de estrutura; estimativas de custo; cronograma de projeto e construção, incluindo estimativa de homens-hora; dados do projeto; geologia; sismologia; memorandos técnicos de projetos de cada componente mais importante do empreendimento; todos os

memorandos de decisão; Considerações de Construção; e referências. Resumos do Projeto são conservados em arquivo na Biblioteca e nas Seções de Barragens de Concreto e de Terra e/ou de Enrocamentos, no Centro E&R.

d) Relatórios de Laboratório — Esses relatórios dos engenheiros de laboratório contêm resultados de estudos desenvolvidos a pedido dos engenheiros de projeto. Relatórios ou memorandos podem ser obtidos do escritório de distribuição de publicações do Bureau, de escritórios de laboratórios, Biblioteca ou Arquivo Geral.

e) Relatórios de Tensões no Modelo — Embora estudos de tensões no modelo não tenham sido executados para a maioria das barragens do Bureau, deve ser determinada a existência de tais estudos. Se disponíveis, esses relatórios podem ser achados no escritório de distribuição de publicações do Bureau, em escritórios de projeto, na Biblioteca ou no Arquivo Geral.

f) Relatórios de Geologia — Os relatórios geológicos antes da construção e finais, e fotografias aéreas estão geralmente disponíveis na Divisão de Geologia, Biblioteca ou Arquivo Geral. Deve ser contatado também o pessoal da Divisão de Geologia com respeito à existência de outros relatórios.

A Seção de Águas da O&M mantém um Registro de Acompanhamento de Deslizamentos de Terra que fornece dados sobre itens, tais como: a data do último movimento, volume, monitoramento, data da última vistoria e outros pormenores.

g) Relatórios de Sismicidade Local — Dados sísmicos usados no projeto de barragens recentes podem ser encontrados no Registro Técnico de Projeto e Construção, no Relatório Final de Projeto ou em memorandos da Divisão de Geologia.

h) Gráficos Históricos de Terremotos — Registros de relatos de terremotos são tabulados em fita magnética e atualizados pelo Centro Nacional de Dados Geofísicos e Solar-Terrestres, da NOAA — Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (National Oceanic and Atmospheric Administration), em Boulder, Colorado. Mapas desses acontecimentos, desenhados por computador, estão disponíveis no NEIS — Serviço Nacional de Informação de Terremoto (National Earthquake Information Service). Embora esses dados estejam em forma não elaborada, eles certamente fornecem indicação da atividade histórica na vizinhança de qualquer barragem.

i) Plantas e Especificações — Plantas e especificações para as barragens do Bureau são arquivadas na Biblioteca do Centro E&R. Este registro estabelecerá o conceito original do projeto. Plantas e especificações posteriores, que envolvem modificações do empreendimento, devem também ser revistas. Deve-se tomar cuidado para estar certo de que todas as plantas e especificações envolvidas no empreendimento foram recuperadas. Os desenhos da construção e da obra, conforme construída, devem também ser revistos.

j) Relatório Final de Projeto — Este relatório contém descrições dos elementos mais importantes; condições, hipóteses e procedimentos do projeto, incluindo requisitos hidráulicos, tensões permissíveis e fatores de estabilidade, etc.; as principais alternativas consideradas e as razões para a seleção do projeto adotado; mudanças no projeto e razões para isso; breve consideração da geologia local, com ênfase nos problemas geológicos especiais, métodos e resultados de análises e ensaios pertinentes; uma bibliografia de documentos pertinentes, publicados ou não; e ilustrações, se forem disponíveis. Os Relatórios Finais do Projeto são arquivados na Biblioteca do Centro E&R.

k) Relatório Final de Construção — Este Relatório é preparado nos Escritórios de Construção do Empreendimento do Bureau, na conclusão da construção. Este registro cobre o histórico completo da construção. Os problemas da construção e suas soluções são cobertos, neste relatório, com muito mais pormenores do que nos Registros Técnicos de Projeto e Construção. São incluídas muitas fotografias de operações da construção, as quais podem ser muito úteis. Podem ser encontrados pormenores de investigações, geologia, materiais de construção, administração do contrato, operações de construção, instrumentações, operações de injeções, construção de barragens de terra e/ou de enrocamentos, construção e controle do concreto e instalação do equipamento mecânico. Uma cópia do Relatório Final de Construção pode ser obtida do Arquivo-Geral do Bureau, a pedido da Biblioteca do Centro E&R.

l) Relatório Final de Injeções — Este relatório contém informações pormenorizadas acerca dos procedimentos e resultados das injeções nas fundações. As quantidades de perfurações e a aceitação de injeções para cada furo são listadas e as necessidades de quantidades anormais são discutidas. São também discutidos

os problemas encontrados durante a perfuração e as injeções. Este relatório pode ser obtido no Arquivo-Geral do Bureau, a pedido da Biblioteca do Centro E&R.

m) Relatórios de Andamento da Construção — Os relatórios seguintes são típicos daqueles costumeiramente preparados, quanto às atividades de construção. Esses relatórios são disponíveis por meio da Unidade de Correspondência e Registros do Bureau, no Centro E&R.

- 1) Relatórios de Andamento Semanal — O Bureau pode exigir do Engenheiro de Construção a apresentação de um relatório semanal ao Centro E&R, durante toda a duração da atividade de construção. Este relatório cobre o progresso feito durante a semana anterior para as atividades de construção, tais como: escavação, produção e lançamento de concreto, aterro, instalações mecânicas, etc. São geralmente incluídas no relatório fotografias de detalhes selecionados da construção.
- 2) Relatório de Operações de Perfuração e Injeção (L-10) — A cada mês, o Engenheiro de Construção apresenta um resumo pormenorizado das operações de perfuração e injeção que tiveram lugar no mês. Para cada tipo de furo, os volumes de perfurações em metros (pés) de extensão e a aceitação de injeções em sacos de cimento é anotada. Qualquer aceitação de injeção muito alta é discutida.
- 3) Relatórios de Instalações Técnicas (L-21) — Além da cobertura dos pormenores de instalação de instrumentos, este relatório fornece os resultados dos instrumentos instalados utilizados durante a construção, o enchimento e a operação do reservatório. Quaisquer problemas não usuais que tenham sido observados devem ser encontrados neste relatório em aditamento a outros relatórios. Fotografias de instalações de instrumentos são geralmente incluídas no fim desses relatórios.
- 4) Relatórios de Atividades Mensais de Construção (L-29) — Este relatório cobre a atividade e o progresso da construção durante cada mês, mas, geralmente, não fornece tantos detalhes quantos possam ser achados no relatório semanal. Geralmente é fornecido um gráfico desenhado ou de barras, que retrata o progresso da construção.
- 5) Relatório Diário dos Inspetores — Os relatórios dos inspetores fornecem informação pormenorizada da atividade diária da construção, o que inclui os progressos feitos e os problemas encontrados.

n) **Relatórios de Viagens** — Durante a construção, numerosos relatórios de viagens são preparados pelos projetistas e pelo pessoal de ligação da construção, a respeito das visitas ao local da construção. Os motivos de visita ao local podem incluir uma revisão da atividade de construção, dos seus problemas e ainda outras informações pertinentes. Os relatórios de viagens estão disponíveis na Unidade de Correspondência e Registros.

o) **Arquivos de Correspondência** — Os arquivos oficiais de correspondência estão disponíveis na Unidade de Correspondência e Registros. Esses arquivos devem ser recuperados, revisados e guardados, para referência ao longo do processo de revisão.

p) **Registros da Operação e Manutenção, e Relatórios de Vistorias Anteriores** — Os relatórios de vistorias anteriores do Programa RO&M fornecem descrições detalhadas das condições existentes na época, recomendações para reparo ou modificação de um elemento e fotografias de todos os aspectos importantes do empreendimento. As fotografias proporcionam uma excelente comparação de condições que mudam com o tempo. Os relatórios descrevem as razões dos reparos e modificações que devem ser feitas e avaliações das recomendações prévias que não foram executadas. Esses relatórios são arquivados na Divisão de Serviços Técnicos de Água e do Solo.

Os relatórios e memorandos do Programa EES — Vistoria das Estruturas Existentes (Examination of Existing Structures) fornecem informações relativas a estudos analíticos da adequação hidrológica e sísmica da barragem e associados. Esses registros são encontrados nos arquivos de correspondência geral ou nos arquivos da unidade organizacional envolvida.

q) **DOC — Critérios de Operação dos Projetistas** — O DOC, se disponível, pode ser obtido por meio do Escritório de Revisão Técnica e Serviços de Gerência, ou das Seções de Barragens de Concretos ou de Terra e/ou de Enrocamentos, para as barragens do Bureau. Este documento é preparado pelos projetistas para a operação da barragem e seus elementos associados. Ele contém critérios a serem seguidos na operação da barragem e quaisquer restrições que possam ter sido impostas nas características de operação.

r) **SOP — Procedimentos de Operação Vigentes** — O SOP é preparado pelo Escritório Regional para uso pelo pessoal de operação e pode ser obtido através da Divisão de Serviços Técnicos de Água e do Solo. O SOP contém a maioria dos procedi-

mentos requeridos para manter e operar o equipamento da barragem, um guia das comunicações, procedimentos de notificação a serem utilizados em caso de emergência e um Plano de Estar Preparado para Emergências. Os SOP's são revistos anualmente e atualizados quando necessário. Este documento deve definir, claramente, os procedimentos de operação para todas as situações previstas, inclusive emergências.

s) **Registros de Operação do Reservatório** – Os registros de operação do reservatório, que começam com o seu enchimento inicial, existem para todos os reservatórios do Bureau. Esses registros contêm os dados do reservatório, com relação a cotas, vazões afluentes e descargas. Esses registros são normalmente arquivados na Divisão de Planejamento de Serviços Técnicos no Centro E&R do Bureau, mas podem ser obtidos também no Escritório Regional apropriado.

t) **Livro de Dados** – Os Livros de Dados estão arquivados na Divisão de Segurança de Barragens, no Escritório da Seção de Inspeções. Esses dados fornecem uma fonte valiosa de informações para equipes futuras. Ao usar o Livro de Dados, a Equipe deve reconhecer que a informação pode estar incompleta e que uma revisão adicional dos registros das fontes poderá ser necessária. Cópias de microficha dos Livros de Dados estão também arquivadas na Biblioteca do Centro E&R e no Escritório Regional responsável.

u) **Dados Básicos da Segurança de Barragens** – Um Banco de Dados da Segurança de Barragens é armazenado, de modo acessível, no computador do Centro E&R. O Banco de Dados contém informação selecionada da segurança estrutural e da barragem, para cada barragem incluída no programa SEED. Narrativas curtas sobre deficiências suspeitadas e conhecidas estão incluídas no Banco de Dados. O Banco de Dados deve ser consultado para informação durante a revisão dos registros, bem como devem ser trocadas observações necessárias para atualizá-lo, as quais devem ser fornecidas ao Chefe da Seção de Inspeções, antes de completar o trabalho sobre o Relatório de Vistoria.

5.4 Revendo os Registros:

a) **Fase Antes da Construção** – Os registros, durante a fase antes da construção, contêm informações sobre investigações de materiais, geologia, fotografias e outros dados anteriores à construção. Com esses registros, a Equipe pode avaliar a qualidade dos

dados obtidos, a validade de sua interpretação e uso pelo projetista e pelo geólogo nos estágios de viabilidade e de especificações do projeto.

(Esses registros estão localizados no Arquivo Geral do Bureau ou nas Divisões de Projeto de Barragens e Canal e de Geologia.)

b) Fase de Projeto — São arquivados, como é indicado na seção 5.3 ou nas seções relativas ao projeto, de acordo com a característica estrutural, numerosos documentos do projeto, incluindo considerações sobre a Construção, Sumários de Projeto, Relatórios Finais de Projeto e os mais importantes projetos selecionados, Registros Técnicos de Projeto e Construção. Uma revisão desses registros fornecerá uma informação essencial sobre o tipo e a qualidade dos dados disponíveis na época do projeto, os critérios que foram estabelecidos, as decisões que foram tomadas e que possam ter influenciado o projeto e as plantas e especificações finais de construção que dirigiram a construção da estrutura.

As cópias das plantas e especificações estão arquivadas na Biblioteca do Centro E&R. Quaisquer outras plantas e especificações para alterações, reparos ou modificações da barragem e seus associados devem também ser revistas. Com esses dados, a Equipe pode avaliar a adequação das especificações do projeto e da construção às características locais.

Um Registro Técnico de Projeto e Construção fornece material de suporte dos critérios de projeto, hipóteses, análises, condições de carga e resultados das análises com relação às barragens e às estruturas associadas. Para suplementar este registro, a Equipe deve consultar outros documentos, tais como: Relatórios Finais de Projeto, Considerações sobre a Construção, Sumários de Projeto, documentação das decisões e cálculos do projeto, relatórios de análises de tensão e estabilidade, estudos de propagação e/ou amortecimento de cheias, estudos em modelo hidráulico, ensaios de laboratório, relatórios de sismicidade local e DOC's.

Quando forem revistos os registros geológicos, deve ser dada atenção especial às zonas de cisalhamento, falhas, fraturas abertas, camadas, juntas, fissuras, cavernas, deslizamentos de terra, diversidade de formações, materiais compressíveis ou liquefativos, e camadas estratificadas fracas. Usando esta informação, deve ser determinada a continuidade da adequação do local da barragem. Registros de extrações de minerais, hidrocarbonetos e lençóis freáticos, incluindo localização, perspectivas de produção,

produção acumulada e taxa de produção atual devem ser vistoriados. Pesquisas de afundamentos devem ser revistas, quando disponíveis.

Fundamentada nos conhecimentos básicos, obtidos desses relatórios, uma avaliação da adequação da fundação e de seu tratamento deve ser feita.

Relatórios de investigação de materiais devem ser revistos, para determinar a origem e as propriedades físicas do agregado de concreto, dos materiais da barragem de terra e/ou de enrocamentos e de outros materiais de construção. Com esta informação, a Equipe poderá avaliar a durabilidade e as características de resistência dos materiais, de acordo com a sua função nas estruturas. Deve ser dada atenção especial às propriedades de resistência dos materiais com relação a ruptura, congelamento-degelo, ataque químico, reação do agregado-álcalis, resistência a sulfatos, e outros fatores.

A IDF — Cheia Afluente de Projeto — é usualmente descrita nos Registros Técnicos de Projeto ou em memorandos preparados por hidrólogos da Seção de Hidrologia da Divisão de Planejamento de Serviços Técnicos. A cheia usada durante o projeto pode estar ultrapassada. Se assim for, a Equipe deve obter estudos atualizados de cheias de projeto e de sua propagação e/ou amortecimento, a fim de avaliar a adequação da capacidade do vertedouro. Nos casos em que a antiga IDF, para uma barragem do Bureau, tenha sido julgada inadequada ou inexistente, um novo estudo de precipitações e cheias deve ser programado pelo Gerente do Programa SEED e executado pela Seção de Hidrologia da Divisão de Planejamento de Serviços Técnicos ou pela Seção Regional de Hidrologia. A adequação dos vertedouros e dos elementos associados com as cheias pode então ser avaliada, a partir dos dados oficialmente atualizados sobre a propagação e/ou o amortecimento das cheias.

Ao se considerar a segurança de uma barragem durante uma situação de emergência, a capacidade de descarga para esvaziamento do reservatório pode ser muito crítica. Esta capacidade deve ter sido determinada durante o projeto. Entretanto, se nenhum registro puder ser encontrado, a Equipe de Vistoria deve determinar a capacidade de descarga, em comum acordo com a unidade organizacional apropriada.

As barragens podem falhar ou ser severamente danificadas pelos movimentos do solo, causados pelos terremotos. Os métodos de

determinação da resposta de uma estrutura a um terremoto de projeto estão-se tornando mais realistas e confiáveis. Por essa razão, os terremotos de projeto, desenvolvidos pela tecnologia atual, devem ser usados. Os dados de sismicidade local que foram considerados durante o projeto estão contidos nos relatórios de projeto e nos memorandos. Dados atualizados estão disponíveis nos arquivos das Unidades de Correspondência e Registros, ou nos da Divisão de Segurança de Barragens, no Centro E&R. A Equipe de Vistoria deve rever os dados sísmicos e, se aqueles usados durante o projeto estiverem ultrapassados, a Equipe deve procurar um estudo de sismicidade local atualizado, da Divisão de Geologia, e uma reanálise da tensão e estabilidade da barragem, usando a tecnologia atual.

c) Fase de Construção — Defeitos latentes de uma construção deficiente podem aparecer mais tarde e afetar, de maneira adversa, a segurança de uma barragem. Pela análise dos relatórios disponíveis, o revisor pode, algumas vezes, determinar como uma técnica específica de construção poderia ter contribuído para uma situação em curso.

Registros de construção são geralmente bastante numerosos para barragens recentemente construídas. Durante o período de construção de uma barragem do Bureau, são preparados relatórios mensais de atividades da construção pelo Escritório de Construção do Empreendimento. Em acréscimo, devem ter sido preparados, pelo Engenheiro de Construção, relatórios de atividade semanal de construção, da instalação técnica e de injeção, cobrindo, detalhadamente, a atividade de construção. A correspondência da construção, além dos relatórios acima mencionados, fornece pormenores de todas as atividades da construção, inclusive das condições anormais ou inesperadas encontradas e das medidas corretivas adotadas.

A preparação e o tratamento adequados da fundação são essenciais para a integridade estrutural final de uma barragem. Registros de construções e relatórios de geologia são de utilidade na avaliação da adequação da fundação. A aceitação da fundação é geralmente apoiada por um memorando que tenha sido preparado e assinado por um engenheiro experiente. Os relatórios de injeções na fundação fornecem dados sobre as injeções, tais como: localização, orientação, profundidade e aceitação de injeções em cada furo.

As fotografias tiradas antes e durante a construção fornecem uma excelente interpretação visual do empreendimento, desde

o princípio até a conclusão. Os problemas descritos nos registros são, muitas vezes, documentados por fotografias e sua relação ou interação com os elementos estruturais adjacentes podem ser visualmente avaliadas. Elementos geológicos que afetam o projeto podem também ser vistos nas fotografias. Uma análise abrangente deve ser feita de todas as fotografias, para identificar qualquer anormalidade ou discrepância que pudesse ter sido omitida durante os estágios de projeto e construção e que poderia afetar, a longo prazo, a segurança operacional de uma estrutura.

d) Fase Depois da Construção — A partir do enchimento inicial do reservatório, são mantidos registros de operação que fornecem um histórico operacional completo do reservatório, do vertedouro e das obras de restituição. Esses registros contêm a cota do reservatório, as vazões afluentes e descargas para cada dia. Pela exploração desses dados, os níveis de operação máximos e/ou usuais podem ser identificados. A operação das estruturas associadas deve ser comparada com as instruções DOC e SOP.

Uma vez que o reservatório tenha sido enchido, a possibilidade de deslizamentos é aumentada e sempre presente, particularmente quando o nível d'água é variável. A possibilidade de um acidente por deslizamentos de terra e suas conseqüências devem ser determinadas.

O desempenho da barragem e seus associados deve ser determinado pelo estudo dos arquivos de correspondência, relatórios especiais e registros da instrumentação. Uma discrepância na operação de um componente estrutural deve ser identificada e estudada, para apurar seu efeito na segurança geral da barragem.

Pelo exame dos arquivos de correspondência, a Equipe pode tornar-se conhecedora das atividades antes da construção, dos dados de projeto, dos problemas ocorridos durante a construção, das modificações do projeto original e das feitas durante a fabricação, instalação e operação de qualquer equipamento mecânico e dos problemas de manutenção e depois da construção. Qualquer correspondência que tenha sido usada como fonte informativa, no Livro de Dados, no Relatório de Vistoria ou no Relatório SEED, deve ser listada como referência, se significativa.

Deve ser incluída, nestas vistorias dos registros, uma revisão de todos os registros da instrumentação, compreendendo desenhos de arranjo geral, o programa de observação, o cronograma e gráficos dos resultados. O desempenho de todas as estruturas deve ser comparado com os critérios e hipóteses de

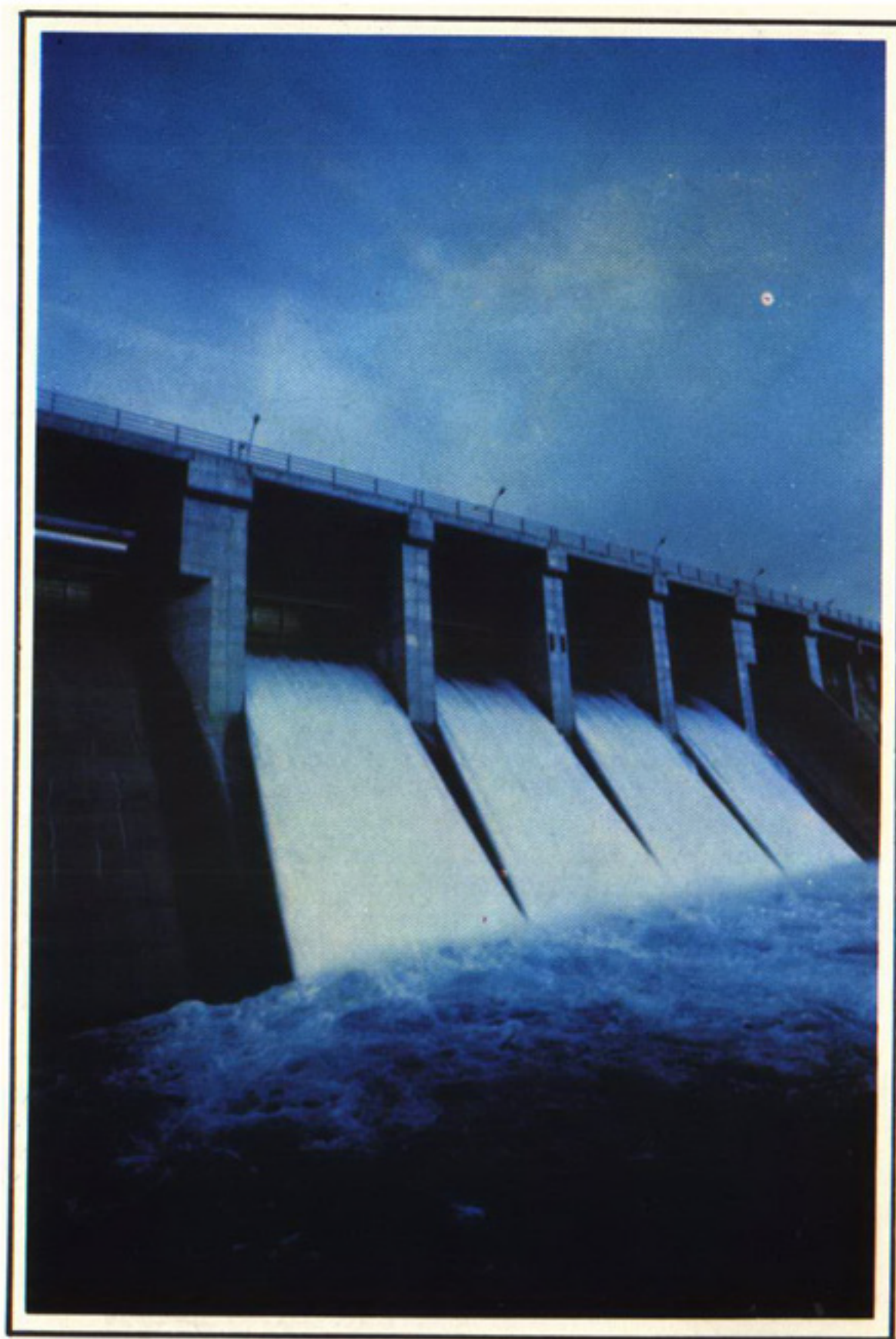
projeto, para comprovar se as mesmas estão-se comportando ou desempenhando como previsto.

Reparos e modificações importantes devem ser especialmente anotados. Se possível, razões e informações básicas devem ser fornecidas para cada reparo ou modificação. Modificações requeridas durante a construção podem ser identificadas nos Registros de Construção, nos Relatórios Finais de Construção, nos desenhos da obra como construída, e na correspondência. Durante o estágio operacional, os reparos e as modificações concluídas ou previstas são descritas nos arquivos de correspondência ou nos relatórios de vistorias anteriores.

A segurança local é, às vezes, necessária, para evitar a sabotagem, o vandalismo e a destruição por visitantes e impedir a invasão de áreas críticas. Embora nenhum sistema de segurança possa ser considerado cem por cento eficaz, ele deve deter uma grande porcentagem de pessoas. Esses sistemas incluem cercas, dispositivos de alarme fotoelétrico ou monitores de televisão. Os dispositivos de controle devem ser abrigados e trancados num armário, dependência ou construção, ou protegidos por sistemas de alarme ou detecção. Todos os sistemas, trancas ou outros dispositivos de segurança devem ser vistoriados periodicamente, para assegurar sua correta operação.

A Equipe de Vistoria deve comunicar-se com o Escritório Regional ou do Empreendimento, para obter informação sobre o sistema de comunicação, sistema de aviso a jusante, fontes auxiliares de energia, sistemas de operação a distância, estradas de acesso de emergência e pessoal de contato.





Vistorias Locais

a. Comentários Gerais

A Vistoria local de uma barragem e seus associados é uma parte essencial da avaliação da segurança da estrutura. As características dos locais de implantação e dos materiais influenciam o comportamento consequente das barragens, das estruturas associadas e suas fundações, as quais têm uma relação direta com a operação segura das estruturas. Os participantes das vistorias locais devem ser capazes de identificar perigos em potencial devido a condições que tenham ocorrido progressivamente ao longo de vários anos e que os operadores locais possam não ter reconhecido, ou que vistorias anteriores não detectaram. A vistoria e a avaliação do local devem ser guiadas e determinadas por contínua atenção, reconhecimento e compreensão das causas primárias de falhas de barragens. A detecção de modificações, de indicações de mudanças iminentes e do desenvolvimento de fragilidades estruturais e hidráulicas são objetivos fundamentais das avaliações de segurança da barragem. Os participantes devem também averiguar se os elementos estão sendo operados como projetados.

A vistoria local intermediária, a qual muitas vezes será conduzida por um único Inspetor de Segurança de Barragens, é idêntica, em âmbito, à feita pela Equipe de Vistoria, descrita nesse capítulo. Uma Equipe, geralmente constituída de três membros, executará a vistoria oficial. Portanto, a palavra Equipe, como empregada neste capítulo, pode significar uma ou mais pessoas. Arranjos, programação e coordenação, antes da vistoria, são necessários para uma condução eficiente e segura da vistoria e incluem o seguinte:

- Programação operacional prévia
 - Alterações de descargas no vertedouro e restituição.
 - Credenciamentos de segurança e para uso de energia.

- . Esvaziamento
 - Bacias, condutos e bacias de dissipação.
 - Galerias e câmaras.
- . Montagem de dispositivos temporários para acesso e segurança do pessoal.
- . Disposições especiais de transporte.
 - Para o local.
 - No local.
 - Exame visual por sobrevôo.
- . Coordenação dos participantes.
 - Operadores e engenheiros do distrito local.
 - Operadores regionais.
 - Participantes que não do Bureau.
- . Arranjos especiais para equipes subaquáticas de vistoria.

b. Arranjos para Vistoria

6.1 Alojamento e Transporte – Um dos membros da Equipe deve providenciar todos os arranjos necessários para alojamento e transporte, assim que um programa de vistoria for estabelecido. O alojamento deve ser próximo ao local da barragem. Geralmente um membro do Escritório do Empreendimento fará as reservas de alojamento a pedido.

Os membros da Equipe são responsáveis pelo arranjo de seus transportes terrestres e aéreos, entre Denver e o local. O Escritório do Empreendimento, na maioria dos casos, fornecerá os transportes terrestres necessários. Se eles não puderem fornecer este transporte, deverão ser feitas reservas através de uma agência de aluguel de carros. Uma Autorização de Viagem deve ser aprovada (ou assegurada sua aprovação), antes de se efetuarem quaisquer despesas.

6.2 Equipamento – Os membros da Equipe devem determinar o equipamento necessário para a vistoria e providenciar os arranjos para tê-lo disponível. O equipamento incluirá:

- a) Materiais de Referência – O Livro de Dados deve ser revisto, antes que a Equipe proceda à vistoria local. Uma cópia do Relatório SEED anterior, incluindo desenhos de tamanho conveniente dos elementos específicos a serem vistoriados, e Relató-

rios de Vistorias anteriores devem ser mantidos disponíveis, para pronta referência durante a vistoria.

b) Lista de Verificação — Em condições ideais, uma lista de verificação deve ser desenvolvida para cada barragem ou estrutura mais importante a ser vistoriada. Quando forem adicionados novos elementos ou feitas modificações nas estruturas existentes, alterações na lista de verificação devem ser feitas, para conservá-la atualizada. Cada membro da Equipe de Vistoria deve rever e revisar, quando necessário, a norma da lista de verificação para os pontos específicos a serem vistoriados, dentro de suas respectivas disciplinas, durante as vistorias no local. A lista de verificação deve ser um breve esboço de informações e instruções especiais para conduzir a vistoria. Uma lista especial de itens que exijam respostas específicas deve ser anexada à lista de verificação principal. Muitas vezes é útil incluir folhas em branco na lista de verificação para anotações adicionais e possíveis identificações das fotografias. Deve-se ter em mente que uma lista de verificação deve ser usada como um guia e não deve limitar a vistoria. As listas de verificação, após a conclusão do Relatório de Vistoria, devem tornar-se uma parte permanente do Livro de Dados. Modelos de listas de verificação podem ser achados no apêndice C para barragens de concreto ou de terra e/ou de enrocamentos.

c) Fotografia — Pelo menos um membro da Equipe (de preferência mais) deve levar consigo uma máquina fotográfica. Teleobjetivas e lentes de grande abertura angular são muito úteis. É necessário também um “flash” de boa qualidade. “Slides” coloridos são preferíveis às fotos em cores, em razão de sua versatilidade. O fotógrafo deve ter em mente que o filme é relativamente barato e, assim, deve tirar as fotografias com liberalidade. A quantidade de filme necessária dependerá da complexidade do empreendimento a ser vistoriado. Para obter-se fotografias de alta qualidade, é essencial que o fotógrafo esteja completamente familiarizado com a operação da máquina fotográfica a ser usada.

O fotógrafo deve tentar tomar fotografias de um dado objeto, obedecendo à mesma orientação apresentada nos relatórios anteriores, para facilitar uma comparação das condições estruturais com relação ao tempo.

d) Auxílios para a Vistoria — Uma pequena trena de aço de bolso é muito útil. Um bom binóculo, com ampliação de 8 ou 10 vezes, aumenta a capacidade de observar áreas inacessíveis, tais como: encontros, faces das barragens de concreto e áreas de

deslizamentos. Outros itens úteis que devem ser considerados são: uma lista de verificação e/ou um pequeno caderno de apontamentos, gravador cassete portátil, lanterna elétrica, termômetro, nível de mão, picareta de geólogo, Nível de Abney, Bússola de Brunton e uma sonda.

Cada membro da Equipe deve ter disponível um capacete, botas e óculos de segurança aprovados, antes de fazer as vistorias do local. O representante do empreendimento deve estar apto a fornecer, a pedido, itens tais como: botas altas, capas de chuva, cordas e equipamento principal de iluminação, se necessário. O suprimento de tais itens deve ser coordenado com um representante do empreendimento antes da vistoria local.

6.3 Programa de Vistoria — A vistoria deve ser programada para uma ocasião em que os usuários da água serão menos incomodados, numa época do ano em que a maioria dos elementos estão visíveis e quando a maior parte do equipamento possa ser operada durante a vistoria. Níveis desejáveis do reservatório, na ocasião da vistoria são 1) quase no máximo, 2) perto do normal e 3) próximo do mínimo.

Deve ser feito um contato com um representante de campo, de confiança, familiarizado com a barragem. Na maioria dos casos, a pessoa seria um membro do Escritório do Empreendimento. O representante de campo será solicitado a fornecer informações acerca das condições da barragem e dos elementos associados e relativas ao nível e às descargas do reservatório, valores tanto presentes como os previstos para a ocasião da vistoria. A Equipe deve estabelecer, logo que possível, as aparelhagens e os equipamentos que devem ser operados durante a visita e em que extensão. As operações propostas devem ser discutidas com o representante de campo, que deve determinar se alguma das operações requer autorização especial e, então, informar a Equipe. Se desejado, a Equipe deve então solicitar autorização especial por intermédio do Diretor-Assistente-Engenharia e Pesquisa. O representante de campo deve providenciar para se ter um operador responsável disponível, durante a vistoria. Quando a operação requerida de equipamentos, tais como comportas ou válvulas, não puder ser realizada durante uma vistoria, a Equipe deve pedir que ela seja informada, com antecedência, da data em que o equipamento poderá ser operado. Nessa ocasião, a Equipe deve decidir se um representante dela deve estar presente para a operação, ou se um relatório escrito da operação será satisfatório.

A Equipe deve definir se as bacias amortecedoras devem ser vistoriadas através do esvaziamento, ou pelo uso de uma equipe de mergulha-

dores, ou se o último Relatório de Vistoria é suficiente. A vistoria de vertedouros e de obras de restituição, dos túneis e canalizações e de escoamentos livres pode exigir o uso de um barco ou de uma escada para acesso. O representante de campo deve fornecer o equipamento necessário para o esvaziamento e o acesso.

A Equipe deve estabelecer o tempo necessário para a vistoria. A complexidade das estruturas, associada com os relatórios de vistorias anteriores e discussões com o representante de campo, devem ser usadas como guia. Há ocasiões em que seria útil para a Equipe sobrevoar o local ou vistoriar as margens do reservatório de barco. Deve-se destinar tempo suficiente para permitir uma vistoria completa e sem pressa de todos os componentes, com ampla margem para visitar novamente o local, a fim de conferir itens omitidos e/ou encontrar-se com o pessoal do empreendimento para discutir as constatações da vistoria.

c . Elementos a Serem Vistoriados

Esta seção trata das estruturas, elementos, eventos e evidências a serem vistoriados. O apêndice B as relaciona sistematicamente.

6.4 Barragens e Diques Auxiliares – Quaisquer ocorrências registradas ou observadas, incidentes ou mudanças relativos a barragens e associados devem ser vistoriados por suas características, situação e idade. Muitos dos problemas são genéricos ou de natureza universal, independentemente do tipo de estrutura ou da classe da fundação.

a) Barragens de Terra e/ou de Enrocamentos – As superfícies externas de uma barragem de terra e/ou de enrocamentos podem muitas vezes fornecer indicações do comportamento do interior da estrutura. Por este motivo, uma vistoria completa de todas as superfícies expostas da barragem deve ser feita. Se possível, devem também ser feitas vistorias de campo, quando o reservatório estiver cheio e a barragem de terra e/ou de enrocamentos estiver igualmente sujeita às suas cargas máximas.

A barragem de terra e/ou de enrocamentos deve ser cuidadosamente vistoriada, em busca de quaisquer evidências de deslocamento, rachaduras, sumidouros, nascentes, pontos molhados, erosão superficial, buracos de animais, vegetação, etc. Quaisquer destas condições, se não corrigidas, podem afinal levar à falha da barragem.

O deslocamento superficial sobre uma barragem de terra e/ou de enrocamentos pode, muitas vezes, ser detectado pelo exame

visual. Uma visada ao longo do alinhamento das estradas da barragem de terra e/ou de enrocamentos, parapeitos, linhas de transmissão ou distribuição, cercas de proteção, canalizações longitudinais ou outros alinhamentos paralelos ou concêntricos à barragem pode revelar a existência de deslocamento superficial. A crista deve ser vistoriada para se encontrar depressões que possam diminuir a borda livre. Os taludes de montante e de jusante e as áreas a jusante da barragem de terra e/ou de enrocamentos devem ser vistoriados, à procura de qualquer sinal de protuberância ou outro desvio de planos lisos e uniformes. Quaisquer movimentos suspeitos, identificados por estes métodos, devem ser verificados por levantamentos topográficos.

As rachaduras na superfície de uma barragem de terra e/ou de enrocamentos podem ser indicadoras de muitas condições potencialmente inseguras. Elas são, muitas vezes, causadas por dessecação e retração dos materiais próximos à superfície da barragem; entretanto, a profundidade e a orientação das rachaduras devem ser definidas para melhor se entender suas causas. Aberturas ou escarpas na crista da barragem de terra e/ou de enrocamentos ou nos taludes podem identificar deslizamentos. Uma vistoria rigorosa dessas áreas deve ser feita, para delinear a posição e extensão da massa deslizada. Rachaduras superficiais, próximas das zonas de contato dos encontros da barragem, podem ser uma indicação de recalque da mesma e, se forem bastante severas, podem desenvolver-se em um caminho de vazamento ao longo destas zonas de contato. Portanto, esses locais devem ser completamente vistoriados. Rachaduras podem também indicar um recalque diferencial entre as zonas da barragem de terra e/ou de enrocamentos.

A face da jusante e o pé da barragem e áreas a jusante da barragem de terra e/ou de enrocamentos devem ser vistoriados em busca de pontos úmidos, bolhas, depressões, sumidouros ou nascentes que possam indicar percolação excessiva através da barragem. Outros indicadores de percolação são pontos moles, evaporitos, crescimentos anormais de vegetação e, nos climas frios, acúmulo de gelo em áreas onde ocorre rápida fusão da neve. A água de percolação deve ser vistoriada para constatar quaisquer sólidos em suspensão e, se houver suspeita de dissolução, amostras da água de percolação e da do reservatório devem ser colhidas para análises químicas. A água de percolação deve ser analisada quanto ao sabor e à temperatura, para ajudar a identificar sua origem. Se forem localizadas áreas saturadas, elas devem ser estudadas para determinar se o(s) ponto(s) úmido(s) é(são) resul-

tante(s) de umidade superficial, percolação na barragem ou outras origens. Áreas molhadas, nascentes e bolhas devem ser corretamente localizadas e mapeadas, para comparação com vistorias futuras. A percolação deve ser medida e controlada em base periódica, para assegurar que uma tendência adversa não se desenvolva e leve a uma condição insegura.

Os sistemas de drenagem devem ser vistoriados quanto a depósitos químicos, desenvolvimento de bactérias, deterioração, corrosão ou outras obstruções que possam entupir os drenos.

Em acréscimo à verificação do desempenho previsto da barragem e da fundação, a instrumentação também pode alertar para o desenvolvimento de condições inseguras e deve ser vistoriada para seu desempenho apropriado. A instrumentação mais comumente instalada nas barragens de terra e/ou de enrocamentos do Bureau consiste de pontos superficiais de medição do recalque e de movimentos horizontais, instalações internas de movimentos horizontais e verticais, clinômetros, piezômetros e dispositivos de medição de percolação. Os pontos de medição superficial e as instalações internas de movimentos devem ser vistoriados quanto a possíveis danos causados por vandalismo, atividade de máquinas, erosão, ou levantamentos por geadas. A proteção e os componentes estruturais do poço terminal do piezômetro, a erosão interna ("piping") e os manômetros devem ser vistoriados, para assegurar que o sistema está sendo mantido, de tal maneira que possam ser obtidas leituras confiáveis e sem interrupção. Danos resultantes de vandalismo ou atividade de máquinas, reenchimento impróprio ou falta de tampas ou envoltórios protetores podem afetar o desempenho do tubo piezométrico. Erosões internas ("pipes") ou vertedouros de medição usados para medir a percolação devem ser vistoriados quanto a obstruções, corrosão, deterioração e erosão. Em acréscimo à anotação de deficiências na instrumentação existente, devem ser identificadas as áreas onde instrumentação adicional é necessária.

Complementando a vistoria da barragem com o reservatório cheio, a face de montante da barragem e a área do reservatório devem ser vistoriadas durante os períodos de nível baixo, quando as condições permitirem. Todas as faces de montante da barragem devem ser vistoriadas quanto à evidência de deslizamentos, sumidouros ou deterioração dos taludes de proteção. Se os níveis de armazenamento não permitirem a vistoria, podem ser necessárias vistorias subaquáticas. Se existir uma situação grave, pode ser-

necessário esvaziar o reservatório para facilitar a vistoria das áreas a montante.

Todas as superfícies da barragem devem ser vistoriadas quanto a sinais de erosão excessiva. Causas de erosão, tais como: proteção de talude inadequada, excesso de chuvas, escoamento superficial concentrado, ou a presença de siltes ou de argilas dispersivas altamente erodíveis devem ser identificadas. As áreas adjacentes a todas as estruturas incorporadas na barragem devem ser vistoriadas quanto à erosão que possa resultar em erosão interna ("piping") através da barragem.

As superfícies da barragem de terra e/ou de enrocamentos, especialmente nas menores, devem ser vistoriadas quanto a buracos de animais e vegetação. Qualquer vegetação que tenha sistema extenso de raízes ou que impeça uma visão clara da barragem ou das áreas de encontro deve ser removida. Como já foi mencionado, vegetação nova e tipos de vegetação que requeiram grande quantidade de umidade são motivo de suspeita, porque podem indicar pontos úmidos na barragem. Uma diferença de cor notada dentro de uma área de um mesmo tipo de vegetação é uma boa indicação de pontos úmidos na barragem. Fotografias infravermelhas podem detectar pontos úmidos em uma barragem.

b) Barragens de Concreto — As barragens de concreto incluem uma grande variedade de estruturas, de gravidade, laje e contrafortes, arcos múltiplos ou arco simples. Independentemente do tipo da barragem, todas estão sujeitas às mesmas considerações básicas com respeito à segurança.

A barragem deve ser verificada quanto a indicações de tensão e de formação excessivas, assim como quanto a sinais de instabilidade. Na maioria das barragens, há marcas de levantamento topográfico e/ou de linhas de prumo para medições regularmente programadas de movimentos dentro da barragem, cujos resultados podem ser plotados para determinar a tendência do comportamento. Há indicações óbvias de movimento que podem ser notadas durante uma vistoria. Uma barragem de gravidade pode geralmente ser verificada pela visada ao longo dos parapeitos ou corrimãos de um encontro ao outro. Cada junta de contração deve ser vistoriada quanto à evidência de movimento diferencial entre blocos adjacentes. As juntas devem ser vistoriadas quanto à evidência de expansão ou contração excessivas. Os contatos da fundação devem ser vistoriados quanto a qualquer evidência de interação com a fundação.

As superfícies de concreto devem ser vistoriadas quanto a lixiviação e deterioração causadas pelo tempo, tensão anormal ou extrema, reação química alcalina ou outra, erosão, cavitação, diferencial de temperatura, vandalismo, etc. O concreto deve ser vistoriado quanto a indicações de expansão (o intumescimento é usualmente causado por reação alcalina), tais como: rachaduras em disposição regular, rachadura em estruturas metálicas embutidas e movimento diferencial.

Todas as rachaduras e lascas nas faces da barragem e nas galerias devem ser vistoriadas. As rachaduras nas galerias devem ser vistoriadas para verificar se elas coincidem com rachaduras nas faces. As rachaduras e lascas observadas durante vistorias anteriores devem ser avaliadas quanto a qualquer mudança de estado. Novas rachaduras e lascas devem ser observadas e vistoriadas para determinar o tipo, tais como tensão ou esmagamento, e as razões de sua existência. Documentação fotográfica das condições de uma rachadura ou lasca ajuda na avaliação de mudanças de uma vistoria para a seguinte.

A percolação deve ser vistoriada para determinar possíveis origens, tais como: má aderência nas linhas de desníveis, falha de vedações, rachaduras estruturais, etc. A quantidade de percolação deve ser comparada com a previamente observada, para determinar se houve qualquer mudança significativa na vazão para níveis equivalentes do reservatório. Isto pode requerer a revisão dos gráficos de elevação do reservatório versus percolação.

Os drenos e bueiros devem ser verificados para determinar se estão abertos e funcionando como projetados. Os drenos na fundação e na barragem devem ser vistoriados, para determinar se houve mudanças significativas no seu desempenho. Muitas vezes, drenos que não funcionam são evidenciados pelo exame visual, mas, na maioria das vezes, a única indicação de um problema em desenvolvimento é uma mudança na vazão.

6.5 Encontros e Fundação — As áreas críticas dos encontros e fundações são usualmente cobertas e não disponíveis para uma vistoria direta. Por este motivo, importância especial deve ser colocada na revisão dos registros e documentos durante a preparação para a inspeção no local.

As características originais dos materiais da fundação e dos encontros, assim como quaisquer mudanças que possam ter sido reveladas durante a construção e a operação, devem ser avaliadas durante a revisão dos dados de instrumentação, lençol freático e percolações anteriores à

vistoria do local. Esta revisão deve identificar condições gerais e áreas específicas, ou elementos a serem vistoriados.

A vistoria das partes a montante dos encontros e da fundação não é normalmente possível, por estar cheio o reservatório. Assim, a vistoria física é tipicamente limitada aos encontros, quinas e ao pé a jusante da barragem. Túneis de injeção e de drenagem, especialmente nas barragens de concreto, podem também estar disponíveis para a vistoria. Porções das áreas de fundação de estruturas associadas podem estar expostas para vistoria. Características de desgaste pelo tempo de materiais típicos das fundações e encontros podem ser determinadas, a partir de cortes de estradas próximas ou outras escavações. Os efeitos da saturação do material de fundação são às vezes visíveis, quando expostos na zona de variação de nível do reservatório.

A reação das estruturas muitas vezes reflete mudanças na fundação. Depressões ou afundamentos na crista ou nos taludes de uma barragem de terra e/ou de enrocamentos podem refletir consolidação da barragem ou fundação, dissolução ou erosão interna ("piping").

Desvios nas juntas de barragens de concreto podem refletir mudanças ou deficiências da fundação. Estruturas associadas que se acomodaram ou estejam fora de prumo indicam elasticidade ou compressão excessivas da fundação.

Indicações de percolação prejudiciais podem ser completamente óbvias ou muito sutis. Mudanças na vazão medida por drenos monitorados são imediatamente suspeitas, se ela aumenta ou diminui. Outras indicações de mudanças podem ser o aumento da frequência de operação da bomba de esgotamento e o desenvolvimento de vegetação nova ou exuberante. Gráficos dos níveis de água nos poços de observação e piezômetros devem ser cuidadosamente verificados e comparados com o nível do reservatório e a precipitação local.

É muitas vezes essencial que a percolação seja controlada por filtros eficazes. A presença de partículas em suspensão na água de percolação é evidência de que está acontecendo erosão interna ("piping"), e é causa de cuidado imediato. Falha no controle da erosão interna ("piping") pode levar rapidamente à falha.

Quando a possibilidade de dissolução existe, amostras da água do reservatório e da percolação devem ser coletadas, para análise da sua qualidade, se tais dados já não estiverem disponíveis. Tais análises podem identificar o material solúvel. Se a taxa de percolação puder ser determinada, a taxa de dissolução pode ser estimada.

A vistoria de deslizamentos de terra na vizinhança de barragens e no reservatório é discutida na seção 6-7.

6.6 Reservatório — A bacia do reservatório, embora usualmente não afete diretamente a estabilidade da barragem, deve ser vistoriada quanto às características que possam comprometer a operação segura da barragem e do reservatório.

A região em torno do reservatório deve ser vistoriada quanto à indicação de problemas que possam afetar a segurança da barragem ou do reservatório. As conformações do terreno e estruturas geológicas regionais devem ser avaliadas. Devem ser vistoriadas áreas de extração de minerais, carvão, gás, óleo e água do subsolo. A região deve ser verificada quanto a indicações de sedimentação, tais como: sumidouros, trincheiras e recalque de estradas e estruturas. A reação de outras estruturas na mesma formação pode fornecer informação acerca do possível comportamento da barragem e associados.

Sempre que uma vistoria é feita, o nível do reservatório deve ser registrado. Quaisquer níveis altos ou baixos, dignos de nota, recentes, e qualquer invasão na bacia de cheia devem ser registrados.

Se as condições permitirem, a bacia do reservatório deve ser vistoriada nas ocasiões em que ela tiver nível baixo. Se isto não for possível, então vistorias subaquáticas dos locais suspeitos ou selecionados podem ser necessárias.

As superfícies da bacia do reservatório devem ser vistoriadas quanto a depressões, sumidouros, ou erosão das superfícies naturais ou revestimentos do reservatório. A bacia do reservatório deve também ser vistoriada quanto à excessiva sedimentação que possa afetar adversamente o carregamento da barragem ou obstruir os canais de entrada para o vertedouro ou obras de restituição.

6.7 Deslizamentos de Terra — Deslizamentos, como empregados aqui, incluem todas as formas de movimento de massa que possam afetar a barragem, associados, reservatório, ou vias de acesso. Incluem áreas de deslizamentos ativas, inativas e potenciais que podem variar, desde pequenos rolamentos sobre o talude até movimentos de grande volume.

Os membros da equipe devem ter conhecimento das causas, mecanismos, características, sintomas e tratamento de deslizamentos de terra. Áreas de deslizamentos podem muitas vezes ser identificadas e, possivelmente, delineadas por numerosos sinais de perigo ou movimento, os quais incluem escarpas, árvores inclinadas, áreas de vegetação morta ou morrendo, rachaduras de tensão, distorções das encostas

das colinas, desalinhamento de elementos retos, invasão da vegetação litorânea para dentro do reservatório, e nascentes. A documentação das condições existentes utilizando fotografias é firmemente recomendada. Se for justificado, poderá ser requerido um levantamento da estabilidade do talude e do histórico do mesmo.

As barragens e reservatórios do Bureau têm sido usualmente investigadas quanto a deslizamentos de terra existentes e potenciais, e os resultados são incluídos no Registro de Deslizamentos. O Registro, portanto, fornece excelente informação para esta parte da avaliação. Entretanto, o Registro pode não incluir informações sobre todos os deslizamentos, especialmente os recentes. O Registro pode não identificar deslizamentos potenciais devido a mudanças locais, tais como áreas de lazer. Os membros da Equipe devem rever todos os relatórios e desenhos geológicos, quaisquer fotografias aéreas disponíveis e históricos da construção e operação. Como parte da sua vistoria, a Equipe deve incluir informações e recomendações para atualizações no Registro de Deslizamentos de Terra.

a) Deslizamentos no Reservatório — Deslizamentos de terra entrando num reservatório causam, na ocasião, uma onda superficial capaz de galgar a barragem, danificando seus associados, ou causando erosão excessiva em pontos críticos ao longo da borda do reservatório. Características de interesse, de deslizamentos de terra, incluem tamanho; orientação relativa à configuração do reservatório; distância da barragem, associados, diques ou seções críticas da borda; velocidade da falha; tipo de material e mecanismo da falha.

As causas ou mecanismos que os desencadeiam podem incluir terremotos, depressão do reservatório, níveis desusadamente altos do reservatório, erosão por ação de ondas ou saturação proveniente de excessiva precipitação. O progresso em torno do reservatório pode resultar em mudanças do equilíbrio natural por alteração dos taludes, mudanças no padrão de drenagens e mudanças no nível do lençol freático. Os sinais de progresso podem incluir estradas de acesso, terraplenagem para áreas de lazer, desmatamento, pilhas de lixo, campos de secagem e obras de drenagem.

O tempo disponível durante uma vistoria típica de segurança de barragens é insuficiente para um exame em profundidade de cada área de deslizamento existente ou potencial do reservatório. Portanto, é necessária uma revisão para determinar as áreas que devem ser vistoriadas. A identificação de condições suspeitas deve

induzir a uma recomendação da Equipe para um estudo em profundidade a ser feito.

b) Deslizamentos de Terra na Vizinhança da Barragem e nas Estradas de Acesso — Escavações para a barragem, associados e estradas de acesso perturbam os taludes naturais e a drenagem estabelecida através de tempos geológicos e, na maioria dos casos, resultam numa condição menos estável. A presença de um reservatório invariavelmente muda o regime do lençol freático, o qual, por sua vez, afeta a estabilidade do talude. Enquanto que o pessoal de operação está normalmente mais familiarizado com as condições na vizinhança da barragem ao longo das estradas de acesso comumente usadas, o pessoal pouco familiarizado com a área pode facilmente não notar ou não compreender um sintoma de instabilidade do talude que se tenha desenvolvido lentamente. Os membros da Equipe devem arguir a equipe de operações acerca de quaisquer deslizamentos conhecidos na área. Pequenos rolamentos sobre o talude podem obstruir uma vala de drenagem, dando lugar a empoçamento da enxurrada e eventual saturação dos taludes. Pilares de amarração e telas de arame imprópriamente conservados podem desprender-se, resultando em falhas no talude. A conservação pode tender a ser negligenciada ou abolida, como medida de economia, muitas vezes resultando em deslizamentos incipientes.

Os efeitos da precipitação extrema nas áreas de deslizamentos existentes e potenciais, ao longo das estradas de acesso, devem ser avaliados. Avaliações semelhantes devem ser feitas com relação aos taludes ao longo dos canais de tomada e de jusante, para determinar se as características de capacidade de vazão do vertedouro e obras de restituição estão adversamente afetadas. Taludes acima das estruturas de acesso e de controle, cuja falha possa impedir o acesso ao elemento, ou a operação dele, devem ser vistoriadas.

6.8 Estruturas Associadas — Todas as estruturas associadas que afetem a operação segura da barragem devem ser vistoriadas. As estruturas incluem o vertedouro, obras de restituição, subestação e canais de restituição. Cada uma das estruturas pode ser composta de qualquer um dos seguintes itens ou de todos eles:

a) Canais de Tomada e Restituição — Praticamente qualquer estrutura hidráulica é servida por canais de tomada e restituição, compostos de taludes cortados ou aterrados de solo ou rocha. Uns poucos vertedouros e “tampões fusíveis” têm sido

construídos em cortes ou aterros de rocha ou terra. A maioria dos vertedouros de solo ou capeados de rocha têm uma seção de controle de concreto ou de rocha sólida para reduzir o potencial de percolação ou de erosão. Os canais de tomada e das obras de restituição estão normalmente submersos e podem requerer investigação subaquática especial.

Os canais devem ter taludes estáveis e serem livres de poças, deslizamentos e escombros. Os canais e taludes devem estar livres de todas as formas de crescimento de vegetação que obstrua a vazão. Os canais devem ser vistoriados quanto à evidência de sumidouros, bolhas ou erosão interna ("piping"). Os canais devem apresentar um espaço satisfatório em torno das tomadas d'água e estruturas terminais, de forma que as estruturas possam operar hidraulicamente como projetado. Os canais devem ser vistoriados quanto à evidência de correntes circulatórias destrutivas. Os canais de saída devem ser verificados quanto à excessiva degradação que possa, adversamente, afetar as características hidráulicas da estrutura terminal.

O canal de aproximação, especialmente para o vertedouro, deve ter algum tipo de linha de segurança feita de troncos ou flutuadores, para conservar pessoas e escombros flutuantes afastados da estrutura de tomada. A linha de segurança deve estar apropriadamente ancorada e mostrando muito pouca evidência de encharcamento dos flutuadores ou desgaste do cabo ou correntes e esticadores, e deve ter folga adequada para operação apropriada durante níveis altos e baixos do reservatório. Estes elementos devem ser observados quanto ao manuseio e à acumulação de quaisquer detritos ou escombros.

b) Estruturas de Concreto — As porções de concreto dos vertedouros, obras de restituição e subestações, todas desempenham funções hidráulicas e estruturais semelhantes; as técnicas e objetivos da vistoria são, portanto, semelhantes. As estruturas devem estar livres de todas as instalações não autorizadas, tais como pranchões, que reduzem a capacidade de descarga através das estruturas. As superfícies de concreto devem ser vistoriadas quanto à deterioração causada por desgaste pelo tempo, tensões não usuais ou extremas, reação química alcalina ou outra, erosão, cavitação, vandalismo, etc. As estruturas (especialmente estruturas em torre, tais como: tomadas de vertedouros de queda, tomadas de obras de restituição e poços de acesso a céu aberto) devem ser vistoriadas quanto à evidência de recalque diferencial. O alinhamento das estruturas das paredes dos canais deve ser

vistoriado, tendo em vista que uma parede em balanço se deslocará mais para dentro do canal do que um painel de parede adjacente que tenha o suporte adicional de contrafortes ou algum outro tipo de reforço. As superfícies dos painéis de parede e piso, adjacentes a juntas de contração transversais e a jusante delas, devem estar niveladas ou apenas levemente afastadas da linha de escoamento da superfície do painel de montante, para evitar possível destruição do painel de jusante durante vazões de alta velocidade. Todas as juntas de contração devem estar livres de vegetação. As fendas de arejamento devem estar livres de detritos e escombros. Os túneis e condutos devem ser vistoriados quanto a rachaduras de tensão, saliências, deslocamentos do alinhamento e vazamento excessivo. Todas as passagens de água e de ar devem estar desobstruídas. Áreas suscetíveis de coletar escombros devem ser anotadas.

Todos os aterros adjacentes à estrutura devem ser vistoriados quanto a afundamento ou um acréscimo de profundidade causado por movimento do solo. Os contatos entre o aterro e a estrutura devem ser vistoriados quanto à evidência de erosão interna ("piping"). Todos os taludes de corte ou aterros adjacentes à estrutura devem ser vistoriados quanto a condições instáveis.

As pontes e plataformas de guindastes, assim como seus componentes de suporte, devem ser vistoriados quanto ao seu estado e ao funcionamento adequado. Todas as guias de grades, comportas ou outros elementos mecânicos devem estar em bom estado. Todos os drenos devem estar abertos e mostrar evidência de funcionamento adequado. A drenagem e a percolação devem ser dirigidas para longe de toda as obras metálicas, tais como: eletrodutos, tubos e ferragens. Drenos de ar dos respiradouros das bacias amortecedoras devem ser vistoriados, para determinar se as telas estão no lugar e os suspiros abertos. Os lineamentos de manchas nas paredes das estruturas para várias descargas devem ser estudados, para uma indicação das características da vazão através da estrutura. A proteção do canal adjacente à estrutura de dissipação de energia deve ser vistoriada, para determinar se o seu desempenho corresponde ao que foi projetado. Atenção especial deve ser dada à possibilidade de que o material possa ser atirado para fora do canal ou de volta para dentro da estrutura durante a operação.

c) Equipamento Mecânico — O equipamento mecânico e elétrico associado deve ser operado ao longo de toda a faixa de operação, sob as condições reais de operação, para determinar se o

equipamento se comporta satisfatoriamente. O equipamento deve ser verificado quanto a lubrificação adequada e operação suave, sem emperramento, vibração, ruídos não usuais e sobreaquecimento. A adequação e confiabilidade do suprimento de energia podem ser também verificadas durante a operação do equipamento. Fontes auxiliares de energia e sistemas de controle remoto devem ser testados quanto a operação adequada e confiável. Todas as partes acessíveis do equipamento devem ser vistoriadas quanto a partes danificadas, deterioradas, corroídas, cavitadas, soltas, gastas ou partidas.

Cabos devem ser vistoriados quanto a lubrificação adequada. Cabos e fios deformados, quebrados ou enferrujados devem ser anotados. Conexões de cabos de aço ou correntes nas comportas devem ser vistoriadas quanto a partes gastas ou partidas. Vedações de borracha ou neoprene das comportas devem ser vistoriadas quanto a deterioração, rachaduras, desgaste e vazamento. Guinchos hidráulicos e controles devem ser verificados quanto a vazamento de óleo. Pistões de guinchos ou hastes indicadoras devem ser vistoriados quanto a contaminação e quanto a áreas ásperas que possam danificar o embuchamento. As hastes das comportas e engates devem ser vistoriadas quanto a corrosão, partes quebradas ou gastas e condição do revestimento protetor. Dutos, painéis da comporta, mancais metálicos e vedações de comportas e válvulas devem ser vistoriados quanto a danos devido a cavitação, desgaste, desalinhamento, corrosão e vazamento. Bombas para esgotamento devem ser vistoriadas e operadas para verificar se o desempenho é confiável e satisfatório. Respiradouros para comportas e válvulas devem ser verificados para confirmar que estão abertos e protegidos.

As instruções de operação devem estar afixadas próximas dos equipamentos associados e verificadas quanto à clareza. Cada dispositivo operacional deve estar marcado, clara e permanentemente, para fácil identificação. Todos os controles de equipamentos devem ser verificados quanto à segurança adequada, de tal forma que pessoas não autorizadas não possam operar ou manusear indevidamente o equipamento.

O equipamento (de controle) de nível do reservatório deve ser verificado quanto à operação adequada. Os sistemas de prevenção contra gelo devem ser operados para verificar se todos os esguichos estão funcionando. O equipamento mecânico e elétrico associado deve ser vistoriado quanto à adequação da proteção ao gelo e ao tempo, e quanto a danos resultantes de proteção

inadequada. Sistemas de ventilação e aquecimento devem ser operados e verificados quanto à capacidade adequada para controlar ambientes úmidos, para os equipamentos elétricos e mecânicos. Escadas de acesso, caminhos e corrimãos devem ser vistoriados quanto a partes deterioradas ou quebradas ou outras condições inseguras. Comportas-ensecadeiras ("stop-logs"), comportas estanques e guias ou vigas pescadoras devem ser vistoriadas para determinar se estão disponíveis e em boas condições. A disponibilidade de equipamento para movimentar, suspender e colocar comportas-ensecadeiras, comportas estanques e grades deve também ser verificada.

Durante e depois da vistoria local, devem ser mantidas discussões com o operador ou encarregado da barragem para determinar se há quaisquer condições operacionais inusitadas ou problemas com o equipamento. As discussões e a operação do equipamento devem ser usadas para verificar se o operador conhece o equipamento e está qualificado para operá-lo. Procedimentos de manutenção e de uso devem também ser discutidos para determinar que eles estão adequados e de acordo com o DOC e o SOP.

A acessibilidade dos controles para operação de comportas críticas, durante uma emergência e sob condições adversas de tempo, deve ser discutida. A possível necessidade de controles remotos deve ser considerada. Se as condições não permitirem a vistoria de uma restituição ou a operação de comportas ou válvulas, ela deve ser programada para uma data posterior com os representantes do Empreendimento e, se possível, do ACER, presentes. Se o pessoal do ACER não puder estar presente, um relatório documentando pormenores da operação deve ser submetido pelo grupo de vistoria ao ACER.

d) Energia Auxiliar – Um suprimento adequado de energia auxiliar deve ser provido, durante os períodos em que a fonte normal de energia não estiver disponível, para a operação de emergência das comportas e de outros equipamentos necessários. A fonte de energia auxiliar deve ter capacidade suficiente para operar com a carga máxima pretendida, conforme descrita no DOC e no SOP. O suprimento de combustível deve ser suficiente para operar a unidade de energia auxiliar, durante a ausência máxima prevista do suprimento de energia normal.

Durante uma vistoria a fonte auxiliar de energia deve ser usada para operar comportas e outros equipamentos, a fim de determinar se o sistema está operacional e adequado. Proteção contra

incêndio, escoamento adequado dos gases de escapamento e proteção contra vandalismo devem ser vistoriados. Instruções de operação, descrevendo claramente os procedimentos requeridos para colocar manualmente em operação o suprimento auxiliar de energia devem estar afixadas. Sistemas automáticos devem ser verificados quanto à operação adequada. Estes sistemas normalmente não requerem instruções de operação. Todas as chaves e válvulas devem ser descritas nas instruções e claramente identificadas. A frequência dos exercícios, os procedimentos de manutenção e os problemas operacionais devem ser discutidos com o operador.

e) Estradas de Acesso — A operação segura de uma barragem depende de meios de acesso adequados e seguros. Usualmente, o único acesso a uma barragem é por estrada. A estrada deve ser de construção para qualquer tempo, adequada para a passagem de automóveis e de qualquer equipamento requerido para o serviço da barragem, sob quaisquer condições de tempo. O material do piso deve ser adequado para suportar as cargas previstas. Os taludes de todos os cortes e aterros, ladeira acima e abaixo da estrada, devem ser estáveis em todas as condições. A superfície da estrada e dos tabuleiros das pontes deve estar localizada acima do nível máximo projetado das águas, para quaisquer cursos d'água adjacentes. Se a estrada de acesso não é capaz de servir satisfatoriamente durante uma emergência, meios alternativos de acesso devem ser prontamente obtíveis, tais como helicópteros ou trilhas para jipe.

d. Notas da Vistoria Local

Cada membro da Equipe de Vistoria deve portar uma lista de verificação ou um pequeno caderno de notas durante a vistoria. A lista de verificação deve conter notas organizadas por estruturas e separadas por itens individuais vistoriados, tais como: pisos, paredes, enrocamento de proteção ("riprap"), vegetação etc. As notas devem incluir: 1) estado operacional do reservatório por ocasião da vistoria, 2) uma lista dos membros do grupo de vistoria e 3) notas especiais acerca do DOC, SOP, vistorias subaquáticas, deslizamento de terra potencial, instrumentação, comunicações, energia auxiliar, estradas de acesso e características de segurança. Modelos de listas de verificação podem ser encontrados no apêndice C.

e . Discussões no Local

6.9 Discussões com o Pessoal de Operação — Os membros da Equipe de Vistoria devem discutir a operação de cada elemento associado à barragem com o encarregado ou operador da barragem. A discussão pode indicar se os elementos estão operando como projetado. A discussão deve servir também para identificar problemas que possam requerer maiores investigações.

6.10 Discussões com Participantes de Fora do Bureau — Membros da Equipe de Vistoria devem questionar livremente com outros funcionários federais, estaduais e locais, todos os aspectos da vistoria. As discussões devem incluir os procedimentos propostos para a vistoria, os itens que requerem atenção e os itens específicos ou as condições observadas que são de especial interesse para os participantes de fora do Bureau.

f . Vistoria Local

Dependendo da situação do local, tamanho, idade e condição, a cada barragem será atribuído um programa para a vistoria intermediária. As vistorias intermediárias serão, usualmente, conduzidas por um Inspetor de Segurança de Barragens, ou um técnico especialista da Divisão de Segurança de Barragens; entretanto, por vezes, pessoal adicional pode ser necessário. As vistorias determinarão também o progresso feito na solução de recomendações resultantes de vistorias anteriores do SEED e as mudanças de condições anteriormente relatadas ou novas condições no local da barragem. As constatações do Inspetor de Segurança de Barragens serão reportadas num Relatório de Vistoria a ser completado e despachado ao Chefe da Seção de Inspeções dentro dos 30 dias corridos que se seguem à conclusão da vistoria local. A cada 6 anos, uma equipe multidisciplinar será reunida para perfazer uma vistoria oficial de segurança da barragem.

g . Relatório de Vistoria

Um Relatório de Vistoria será escrito ao fim da vistoria local, conforme é descrito no capítulo VII.



Relatório de Vistoria

a. Generalidades

Um Relatório de Vistoria será preparado em seguida a cada vistoria local. O objetivo deste Relatório é fornecer ao ACER (Diretor-Assistente - Engenharia e Pesquisa) e outros a documentação das atividades, constatações, conclusões e recomendações resultantes de uma vistoria de segurança da barragem. O Relatório deve ser concentrado no que for encontrado pelo Inspetor de Segurança de Barragens ou pelas Equipes de Vistoria que tenha significância existente ou potencial na segurança da barragem. Embora se pretenda a brevidade, o escopo das discussões do Relatório ou das constatações deve fornecer informações suficientes para assegurar cobertura completa de todos os elementos pertinentes que afetem a segurança da barragem, para apoiar plenamente as conclusões e recomendações do Relatório e para responder a questões específicas que possam surgir das recomendações. O Relatório de Vistoria deve ser objetivo, direto e abrangente. O estado da barragem deve ser determinado, de tal maneira que dê credibilidade à vistoria. O Relatório de Vistoria tem que ser completado e remetido ao Chefe da Seção de Inspeções, dentro dos 30 dias corridos que se seguem ao da conclusão da vistoria local.

b. Conteúdo do Relatório

O Relatório discutirá sucintamente, tanto os dados revistos como o estado operacional nos dias da vistoria do local. Em acréscimo ao estado operacional nos dias da vistoria local, devem ser fornecidas a data e a cota do nível máximo histórico do reservatório e a descarga máxima histórica do vertedouro. Para comparação, devem ser listadas a elevação de sobrecarga máxima do projeto e a descarga máxima de projeto dos

vertedouros, assim como outros eventos operacionais históricos que sejam importantes para o desempenho e a avaliação da segurança da barragem. Devem ser discutidos no Relatório de Vistoria os elementos de segurança estrutural de uma barragem relacionados nos apêndices A e B. Os fatos encontrados na vistoria serão discutidos por área de assunto, para apoiar as conclusões e recomendações.

A Seção de Inspeções fornece cópias de um formulário sugerido a ser seguido, quando o Inspetor de Segurança de Barragens ou a Equipe de Vistoria estiver preparando um Relatório de Vistoria. Embora cada Relatório deva amoldar-se à barragem vistoriada e às condições locais a serem relatadas, um formulário sugerido deve resultar em alguma uniformidade de apresentação das informações coligidas. Uma cópia do formulário de Relatório de Vistoria normalmente sugerido ou uma cópia de um Relatório de Vistoria recentemente elaborado podem ser obtidas na Divisão de Segurança de Barragens.

Os termos: satisfatório, aceitável, qualidade inferior e insatisfatório são empregados, num sentido geral, ao longo do Relatório de Vistoria, para descrever o estado estrutural ou operacional do equipamento; mas, quando eles aparecem em letras maiúsculas no Relatório SEED, eles representam a classificação geral de uma barragem, como se segue:

SATISFATÓRIO

Não são reconhecidas deficiências existentes ou potenciais na segurança da barragem. É esperado desempenho seguro sob todas as condições de carregamento previstas, inclusive eventos, tais como o MCE — terremoto máximo esperado (maximum credible earthquake) e a PMF — cheia máxima provável (probable maximum flood).

ACEITÁVEL

Não são reconhecidas deficiências existentes para as condições normais de carregamento. Eventos sísmicos e/ou hidrológicos pouco freqüentes, provavelmente, resultarão numa deficiência na segurança da barragem.

QUALIDADE CONDICIONALMENTE INFERIOR

Uma deficiência potencial de segurança da barragem é reconhecida para condições de carregamento anormais, as quais podem, realmente, ocorrer durante a vida esperada da estrutura. QUALIDADE CONDICIONALMENTE INFERIOR pode também ser usada, quando existem incertezas quanto à análise de parâmetros críticos que identificam uma deficiência poten-

cial de segurança da barragem; maiores investigações e estudos são necessários.

QUALIDADE INFERIOR

Uma deficiência potencial de segurança da barragem é claramente reconhecida para as condições normais de carregamento. Ações imediatas para resolver a deficiência são recomendadas; podem ser necessárias restrições ao reservatório, até a solução do problema.

INSATISFATÓRIO

Uma deficiência de segurança da barragem existe para condições normais. Ação corretiva imediata é necessária para a solução do problema.

Fotografias, particularmente das irregularidades, devem ser tiradas durante a vistoria local, referidas no texto e incluídas, como apêndice, no Relatório. Desenhos gerais, que mostram localização, planta e seções da barragem, do vertedouro e das obras de restituição devem ser incluídos, como apêndice, no Relatório.

c . Conclusões e Recomendações

O ponto mais importante do Relatório da Equipe de Vistoria está nas conclusões e recomendações. Conclusões e recomendações devem ser apoiadas nas constatações contidas no Relatório. Cada conclusão deve ser identificada, separadamente, em seqüência. Cada recomendação deve resultar de uma conclusão. As recomendações devem ser escritas concisamente e devem identificar, na extensão do conhecimento disponível da Equipe de Vistoria, as providências específicas a serem tomadas. O principal termo usado na recomendação deve ser uma palavra de ação (por exemplo: "Preparar" ou "Executar"). As recomendações devem ser dirigidas a todas as preocupações identificadas pela Equipe, relativas à segurança estrutural. Cada recomendação será identificada com um código de dois algarismos e uma letra (por exemplo: 80 - SOD - A). Os algarismos identificarão o ano civil da vistoria. As letras serão fixadas consecutivamente, começando com A.

d. Itens Selecionados a Serem Considerados para Inclusão no Relatório de Vistoria

Quando a Equipe de Vistoria determinar que os dados necessários para completar sua avaliação estão indisponíveis, inadequados ou incompletos, todos os esforços devem ser feitos para obter os dados faltantes, antes de se fazer uma avaliação final. Entretanto, quando a informação ou o dado faltante não puderem ser encontrados nos registros, os dados necessários devem ser identificados no Relatório e uma recomendação será feita para obtê-los, através de investigação e/ou de ensaio adicional.

Uma estimativa acerca da adequação da IDF – Cheia Afluente de Projeto, usualmente, ocorrerá antes da constituição da Equipe de Vistoria. Uma IDF atualizada deve ser considerada nos estudos do amortecimento das cheias a serem avaliados. Se a IDF não estiver atualizada, a Equipe deve recomendar que os dados hidrológicos sejam atualizados e que novos estudos de amortecimento das cheias sejam feitos.

Cada revisão geológica deve ser considerada única, porque as condições, os defeitos e as características próprias da barragem são heterogêneas em cada local. Duas questões básicas na adequação geológica precisam ser respondidas. Havia quaisquer condições geológicas diferentes das previstas? Se sim, por quê? O “porquê”, muito provavelmente, envolverá uma ou mais das seguintes razões: 1) preparo inadequado da fundação, 2) exploração inadequada e/ou 3) condições inesperadas. A necessidade de novos dados geológicos é, na maioria das vezes, baseada em opinião. Recomendações para esclarecer novos dados geológicos devem identificar a questão específica de adequação geológica a ser respondida.

Avaliações sísmicas preliminares do local têm sido preparadas para barragens selecionadas localizadas em regiões sismicamente ativas. As barragens que não foram analisadas mediante a aplicação de técnicas modernas de prevenção de terremotos devem ser vistoriadas, para se verificar a necessidade do uso dessas técnicas. O USGS – Levantamento Geológico dos Estados Unidos (U.S. Geological Survey) – “Relatório de Arquivo Aberto 76-146” (Open File Report 76-146) por Algermissen e Perkins [15] fornece uma fonte de dados para uso nos estudos de sismicidade local. Mapas geológicos pormenorizados, tanto do USGS como do Estado, e registros de eventos históricos são fontes adicionais, com bases regionais mais precisas. Baseado nos dados disponíveis, o revisor deve avaliar o risco sísmico potencial e, se for o caso, recomendar que seja concedida alta prioridade a uma avaliação preliminar ou mais elaborada do local sísmico.

As revisões de análises de projetos e procedimentos passados devem incluir uma comparação com os métodos do estado-da-arte atual. A revisão necessita avaliar a adequação do projeto e da construção da barragem, vertedouro, obras de restituição, e outros associados requeridos para desempenho seguro. As análises avaliadas incluem aquelas de estabilidade estrutural (estática e dinâmica, interna e externa), controle de percolação e drenagem, borda livre, desempenho hidráulico, e operação do equipamento durante tanto operações normais, como também, de emergência. Se qualquer análise for considerada antiquada ou imprecisa, estudos usando métodos analíticos atualizados devem ser recomendados. Um exemplo de uma análise que se desenvolveu rapidamente nos últimos anos é a da tensão dinâmica para barragens de concreto e de aterro (de terra e/ou de enrocamentos). A análise anteriormente executada geralmente inclui cargas sísmicas, pela aplicação de uma aceleração básica estimada. As análises mais recentes estão usando o MCE, acelerograma de projeto e espectro de resposta. Quando novas análises são completadas, a integridade estrutural da barragem pode ser julgada mais completamente. Devem ser oferecidas conclusões sobre: 1) a comparação do projeto da barragem e dos elementos associados originais com as práticas atuais de projeto do presente estado-da-arte; 2) irregularidades e resposta estrutural inadequada ou abaixo das práticas do presente estado-da-arte, descobertas durante a revisão da construção, bem como histórico operacional; 3) observações de risco potencial em estruturas, durante a vistoria local.

A instrumentação é usada para acompanhar o comportamento de uma barragem e sua fundação. Quando os dados da instrumentação estiverem disponíveis, os resultados de desempenhos passados devem ser avaliados. Se estiver faltando instrumentação, deve ser recomendada a necessidade de sua instalação para acompanhar aspectos específicos do comportamento da barragem durante os ciclos operacionais. Quando nenhum dado ou gráfico de instrumentação estiver disponível, uma avaliação do comportamento passado da barragem pode ser determinada somente pela vistoria local, a qual é, na melhor das hipóteses, uma observação superficial. As conclusões sobre instrumentação devem ser apresentadas e recomendações deverão ser feitas quanto a itens específicos de desempenho estrutural que necessitem ser instrumentados.

e . Exclusões do Relatório

Não se pretende que o Relatório de Vistoria seja uma documentação completa sobre a barragem avaliada. Informações básicas, além das

requeridas para apoiar as preocupações da Equipe de Vistoria com a segurança da barragem, não devem ser incluídas no Relatório. A revisão dos dados de registro pela Equipe de Vistoria incluirá itens recentes da RO&M (Revisão de Operações e Manutenção) nas conclusões ou recomendações do Relatório de Vistoria. Ocasionalmente, há itens relacionados com a manutenção ou com a manutenção preventiva que estão sendo esquecidos e, se continuarem a ser esquecidos, podem afetar significativamente a segurança da barragem. Uma conclusão estabelecendo a importância dos itens desta natureza deve constar no Relatório de Vistoria, quando o item da manutenção tem o potencial de, rapidamente, se desenvolver em uma ameaça significativa à segurança da barragem. Também pode ser apropriada uma recomendação para que o ACER acompanhe o problema. Se um item de tal preocupação não for habitualmente incluído no programa de recomendação da RO&M, uma descrição do item deve ser preparada e incluída na lista de observações de O&M da Equipe de Vistoria. A lista de observações de O&M da Equipe de Vistoria não deve repetir quaisquer recomendações relevantes da RO&M. A lista de observações da O&M da Equipe será transmitida à Divisão de Serviços Técnicos de Água e do Solo para avaliação de sua possível inclusão no programa de RO&M, quando o pessoal da RO&M não participar da vistoria local.

f . Assinaturas

Os membros da Equipe de Vistoria devem assinar o Relatório de Vistoria. Quando os membros da Equipe forem consultores que tenham assinado relatórios preparados individualmente e o Relatório de Vistoria apenas extrai informações desses relatórios, preparados para preencher obrigações contratuais, eles não necessitam assinar o Relatório de Vistoria. Sua participação como membros da Equipe de Vistoria deve ser identificada no Relatório.

g . Distribuição

Após uma revisão pelo Chefe da Seção de Inspeções, o Relatório de Vistoria será distribuído como se segue:

Cópias para	Número de Cópias
Gerente do Programa SEED, D-3320 (*)	2
Seção de Apoio da Segurança de Barragens, D-3390	1
Líder da Equipe de Vistoria, D-3310	1
Livro de Dados, D-3310	1

h. Relatórios Preparados para Vistoria da Segurança de Barragens Conduzidos para outras Agências

Quando barragens são vistoriadas e avaliadas pelo Bureau para outras agências, os mesmos procedimentos gerais da Equipe de Vistoria da SEED para vistoria local e para o Relatório serão seguidos. As diferenças significativas são que: a agência responsável pela barragem fornecerá ao Bureau os dados disponíveis de projeto, de construção e de operação, para preparação do Livro de Dados e para a avaliação prévia da vistoria local; e a agência é responsável pelo início de todas as atividades requeridas, para prosseguir as recomendações da Equipe e a análise do Relatório SEED. Quando especificamente solicitado, o Bureau pode concordar em fornecer maiores estudos de engenharia ou serviços de consultoria, além daqueles cobertos no Relatório SEED.

As cópias solicitadas dos Relatórios SEED serão remetidas ao Escritório da agência que requereu a vistoria e pagou por ela, com uma carta indicando que o trabalho do Bureau foi completado e a responsabilidade remanescente, se houver. Uma cópia será encaminhada ao Diretor-Geral, Attn D-200; uma outra cópia será enviada ao Coordenador de Segurança de Barragens da agência que exigiu a vistoria.

(*) Nota do Tradutor: Código alfanumérico correspondente a órgãos internos do Bureau.



Análise Técnica

8.1 Generalidades – Os problemas de engenharia e geologia de segurança das barragens, identificados desde as vistorias locais, assim como de outras fontes, entram num registro computarizado SOD – Segurança de Barragens (Safety of Dams) e recebem prioridade quanto ao seu nível de seriedade. Deste modo, todas as barragens recebem prioridade com respeito aos pontos significativos e estudos podem, então, ser programados, de acordo com a natureza crítica das conseqüências identificadas. Os problemas de SOD são então analisados por especialistas técnicos (engenheiros, geólogos ou hidrólogos) para fazer um Relatório de Análise, o que é combinado com o Relatório de Vistoria, o Relatório de Instrumentação e o Resumo de Gerência, formando um Relatório SEED (Avaliação da Segurança de Barragens Existentes) para a barragem. O Relatório SEED dá uma classificação geral do nível de integridade da barragem, como: SATISFATÓRIO, ACEITÁVEL, QUALIDADE CONDICIONALMENTE INFERIOR, QUALIDADE INFERIOR ou INSATISFATÓRIO. (As definições destas classificações são dadas no capítulo VII, seção B).

8.2 Análise Técnica – O tipo de recomendações analisadas cobre uma larga faixa de pontos que podem, normalmente, ser aplicados em barragens de armazenamento e incluem tipicamente conseqüências de falha, hidrologia/hidráulica, geologia, engenharia de terremoto, problemas geotécnicos e estruturais. As análises são conduzidas em duas fases. A Fase I é uma avaliação técnica, usando dados disponíveis e hipóteses conservadoras, para determinar se o problema potencial identificado é uma deficiência da SOD. Se os resultados nesta fase forem inconclusivos, então um estudo da Fase II é programado. A Fase II é um estudo em maior profundidade e pode incluir investigações no campo e ensaios de laboratório para estabelecer parâmetros de projeto. O objetivo das análises da Fase I, dentro de cada área principal, é geralmente o que se segue. Uma completa revisão do Livro de Dados,

do Relatório de Vistoria, dos Registros de Operação e Manutenção e do Registro Técnico de Projeto e Construção existentes, assim como de quaisquer informações novas ou adicionais disponíveis, é efetuada por um engenheiro ou geólogo, em cada disciplina, para obter conhecimentos básicos acerca de uma barragem individual. Depois que essa informação de base é revista, são iniciadas as análises técnicas quanto às recomendações e aos problemas estabelecidos no Relatório de Vistoria. Durante ambas as fases do processo de análise, os problemas potenciais de percolação, estabilidade e sismicidade muitas vezes requerem um enfoque multidisciplinar e também podem requerer uma vistoria local por engenheiros ou geólogos selecionados ou multidisciplinares. Com a conclusão da análise da Fase I, a avaliação técnica pode concluir que:

- . Nenhuma nova ação é requerida porque a ameaça à segurança da barragem é pequena ou desprezível.
- . É necessária imediata ação para abrandar o perigo, porque está determinada a existência de uma ameaça à segurança da barragem.
- . São requeridos estudos adicionais de campo ou analíticos (Fase II) para avaliar os problemas.

Esses estudos poderiam envolver exploração superficial ou subterrânea, o que poderia requerer perfuração, amostragem, ensaios de laboratório, instalação de instrumentação ou outros tipos de investigações de campo necessárias para fornecer novos dados para a análise da Fase II.

8.3 Conseqüências de Falha — Se os resultados das análises de engenharia e geologia indicarem que existe um problema potencial de segurança de barragens, serão examinados os mapas de cheia disponíveis, preparados pelas regiões ou outras fontes, para determinar as conseqüências da falha. Se tais mapas não existirem, são executados estudos adicionais para determinar as conseqüências de uma falha. Este estudo é empreendido para determinar a urgência de quaisquer estudos futuros e é baseado na propagação de cheias a jusante, usando os seguintes critérios:

- . USGS mapas de 7,5 x 7,5 minutos, se disponíveis
- . $Q = 19,13 D^{1,85}$ (para barragens de terra)
 B para D em metros e Q em m^3/s
 B

Onde Q é o fluxo máximo, através da ruptura, em pés cúbicos por segundo, devido a falha por galgamento. (Q pode ser modificado para mais ou para menos, dependendo do tamanho do reservatório, características do vale ou outros fatores pertinentes considerados pelo analista). D é a altura hidrostática em pés (distância vertical do pé de jusante da barragem ao nível da superfície da água no reservatório, por ocasião da ruptura). Esta versão da equação foi usada, pela primeira vez, nas linhas mestras do mapeamento de inundação do Bureau of Reclamation, em junho de 1980. Ela representa a descarga proveniente de uma ruptura de barragem que ocorra na ocasião de uma PMF (Cheia Máxima Provável) e é baseada em uma curva envolvente cobrindo os dados históricos disponíveis de descargas medidas e estimadas de falhas de barragens.

A distância mínima limite de mapeamento em nível de reconhecimento, para fins dessas análises, é definida por um dos seguintes critérios:

- a) Existe um curso d'água ou reservatório importante, com capacidade suficiente para, com segurança, dar destino às águas de cheias potenciais.
- b) Um afluente importante do rio é capaz de suprir cheias de descarga máxima, equivalente a 50 por cento do Q proveniente da barragem rompida.

Baseado nos mapas de cheias e nos critérios dados na seção 8-3, os riscos associados com esses níveis de inundação podem ser estimados.

- Se uma cidade, uma aldeia, ou um centro populacional é obviamente afetado, este fato é mencionado e feita recomendação de que a barragem seja avaliada para modificação. A discussão deve identificar e avaliar, em termos gerais, as alternativas de nível de decisão que parecem disponíveis para conter a enchente.
- Se os mapas do leito maior mostram que a área inundada é esparsamente povoada até seus limites, uma viagem ao campo é muitas vezes levada a efeito para verificar a extensão dos riscos. A existência de riscos limitados pode resultar numa recomendação de que uma análise probabilística de decisão seja tomada na avaliação da barragem para modificações.

8.4 Avaliação Hidráulica/Hidrológica – O objetivo da avaliação é fornecer:

- . Amortecimento da cheia para determinar a possibilidade de galgamento da estrutura existente, segundo uma IDF (Cheia Afluente de Projeto) recentemente aprovada, ou hidrógrafa de PMF.
- . Uma avaliação em nível de reconhecimento dos riscos a jusante, conseqüentes da inundação, em caso de falha da barragem existente.
- . Uma revisão das condições da bacia a montante, particularmente para mudanças no uso, tais como: novos desenvolvimentos urbanos ou barragens de armazenamento.
- . Uma definição de análise futura que seja necessária.

A avaliação hidráulica/hidrológica incluirá tipicamente o seguinte:

- . Absorção, pelo reservatório, da hidrógrafa da PMF, usando hipóteses conservadoras.
 - a) Se ocorrer galgamento, serão determinadas a descarga de pico, a profundidade e a duração (supondo nenhuma falha de barragem).
 - b) Se não ocorrer galgamento, serão determinadas a extensão da borda livre, a descarga de pico do vertedouro e a duração da descarga acima do máximo do projeto ou informação similar.
- . Se a absorção da PMF ameaça a segurança da barragem, será estudada a absorção pelo reservatório de hidrógrafas de cheias para vários períodos de recorrência (isto é, 1000 anos, 500 anos, 100 anos). Na ausência dos dados de frequência, serão determinados a absorção pelo reservatório e o impacto sobre a barragem e o canal a jusante, para cheias iguais a várias porcentagens do pico e do volume da PMF. Quando solicitado, será estudada a absorção de outras cheias para determinar a amplitude da cheia na qual o galgamento da barragem ocorre.

Itens desempenhados por outros programas, ou reservados para análise mais pormenorizada, na Fase II, incluem:

- a) Preparação de um mapa pormenorizado de inundação e perfil de cheia para quaisquer condições modificadas.
- b) Inclusão dos modelos de uso da terra, existentes ou propostos, nos mapas de inundação.

- c) Atribuição de custos, associados com qualquer grau de inundação.
- d) Cálculos de frequência de cheias.
- e) Mapas de inundação para outras frequências de cheias.
- f) Preparo de alternativas de projeto do empreendimento ou de modificação estrutural.

8.5 Avaliação Geológica — As áreas primárias de preocupação geológica são as bordas do reservatório, a estabilidade dos encontros, a percolação e os riscos de deslizamentos de terra. A análise geológica necessita muitas vezes localizar ou estabelecer conhecimento, em pormenores, da estrutura da rocha, da sismicidade e dos efeitos relacionados com sismos, e das propriedades geofísicas das barragens de terra e/ou de enrocamentos e fundações. A análise consistirá de uma revisão de dados geofísicos, instrumentação, registros e relatórios de percolações passadas, movimentos de lençóis freáticos, estudo das propriedades dos materiais e estruturas, e interpretações de fotografia aérea por sensoriamento remoto.

A análise para desenvolver a sismicidade de um local exigirá uma revisão dos registros e relatórios que tratam de sismicidade e de interpretação de sensoriamento remoto. Duas abordagens gerais podem ser utilizadas, ambas dependendo de se o local da barragem está a leste ou a oeste do limite das Montanhas Rochosas. Nas Montanhas Rochosas e a oeste delas, uma abordagem determinística é geralmente possível, mas métodos probabilísticos podem ser empregados, isoladamente ou junto com métodos determinísticos. Uma abordagem determinística utiliza características das falhas e sismicidade, combinadas com distâncias epicentrais, para determinar o carregamento potencial do terremoto. À leste da Província Sismotectônica das Montanhas Rochosas, uma abordagem probabilística é mais exequível e utiliza recorrência baseada em sismicidade histórica, para determinar o carregamento potencial de terremoto. Os materiais de fundação sujeitos a liquefação, os potenciais por deslocamentos de falhas na fundação e encontros da barragem, e os movimentos de massa da fundação do reservatório são considerações adicionais em qualquer avaliação de desempenho, num local de barragem, durante um terremoto.

A contribuição geológica freqüentemente inclui uma discussão interpretativa na revisão dos registros geológicos, relatórios e mapeamento geológico, para fornecer informações a respeito da estrutura da rocha, tais como: estratificação, juntas, falhas ou folhação. Em acréscimo, resultados de novos estudos de sensoriamento remoto são fornecidos como adendos às análises geológicas.

Para as análises recomendadas da Fase II, os geólogos precisam estar intimamente envolvidos na definição do campo de investigação dos programas, para coletar dados adicionais ou amostras.

8.6 Estabilidade ao Terremoto – Em áreas de carregamento sísmico baixo e infrequente (isto é, na maioria das Zonas Sísmicas 2, 1 e 0, do “Uniform Building Code”, [16]), as análises iniciais são muitas vezes conduzidas, usando simplificações e métodos sísmicos expeditos, conservativamente selecionados, para arbitrar dados e propriedades. Se esta análise conservativa mostra que a barragem é segura, não será requerido trabalho adicional. Em áreas de carregamento sísmico mais rigoroso e/ou frequente (isto é, nas Zonas Sísmicas 4 e 3 do “Uniform Building Code”, e em outras zonas onde apropriado), e no caso em que uma análise simples inicial não demonstre que a barragem é segura, são requeridas análises mais sofisticadas.

a) Análises de Estabilidade Dinâmica (Deformação) – Geralmente serão feitas análises que incorporem a aceleração do solo em função do tempo e da resposta dinâmica (isto é, mais sofisticadas que as pseudo-estáticas).

1) Barragens de Terra e/ou de Enrocamentos – O passo inicial será uma análise SEED simplificada, usando o espectro de resposta da NRC – Comissão Reguladora Nuclear (Nuclear Regulatory Commission). Os efeitos do local não são considerados na determinação das amplitudes espectrais. Os resultados a serem obtidos incluem:

- Os deslocamentos permanentes ao longo de supostas superfícies de falha que se estendam pela quarta parte superior à metade superior e na plena altura da barragem de terra e/ou de enrocamentos, resultantes dos MCE's (terremotos máximos esperados) críticos e/ou terremotos probabilísticos aproximados.
- As distâncias epicentrais de eventos de grandeza $M = 6 \frac{1}{2}$, $7 \frac{1}{2}$ e $8 \frac{1}{4}$, os quais causariam uma deformação permanente de 91,44 cm (3 pés) ao longo de uma superfície de falha, estendendo-se através de uma seção crítica da barragem de terra e/ou de enrocamentos.

Devem ser, então, conduzidas, conforme necessário, análises mais sofisticadas da Fase II.

As análises mais sofisticadas são geralmente em etapas, (isto é, são progressivamente mais exatas) até que a barragem seja considerada segura ou definida como insegura, o que é comumente mais difícil.

2) Barragens de Concreto de Gravidade – O passo inicial será uma análise simplificada de espectro de resposta, usando o espectro de resposta da NRC. Os efeitos do local de implantação não são considerados na determinação das amplitudes espectrais. Os resultados a serem obtidos incluem:

- Tensões de pico em elementos críticos, fatores de segurança ao tombamento e ao deslizamento, ou análises por métodos energéticos, se o fator de segurança for inferior a 1,0, resultante dos MCE's críticos e de terremotos probabilísticos aproximados.
- As distâncias epicentrais de eventos de grandeza $M = 6 \frac{1}{2}$, $7 \frac{1}{2}$ e $8 \frac{1}{4}$, que provoquem esforços excessivos em elementos críticos ou resultem em fatores de segurança de 1,0 ao tombamento e ao deslizamento.

3) Barragens de Arco e Outras de Concreto -- O passo inicial será uma análise de espectro de resposta simplificada. Pormenores das análises variam de caso para caso. Os resultados a serem obtidos incluem, quando aplicável, aqueles listados para as barragens de concreto acima.

4) Estruturas Associadas – O nível de análise varia de uma simples avaliação qualitativa a análises de espectro de resposta mais detalhada, dependendo da importância dos associados na segurança geral da barragem.

b) Análise de Liquefação – Análises de liquefação serão conduzidas para todas as fundações e barragens de terra e/ou de enrocamentos, quando uma avaliação inicial indicar a presença de materiais potencialmente liquefatíveis. As análises iniciais seriam por métodos simplificados. Posteriormente, análises da Fase II seriam executadas na extensão requerida.

c) Deslocamentos de Falhas através da Barragem e/ou Encontros – Os efeitos de deslocamentos de falhas seriam analisados caso a caso.

d) Seiche – Os efeitos de seiche, resultantes da aceleração do solo (isto é, não por falha ou deslizamento de terra) no reservatório, considerando oscilações perpendiculares ou paralelas à barragem, seriam investigados. Se os terremotos em consideração têm conteúdo de energia significativo nesses períodos, então uma análise simplificada de superposição modal será conduzida e serão estimadas as amplitudes das ondas resultantes. Análises adicionais da Fase II seriam executadas, conforme necessário, incluindo os efeitos de galgamento da barragem.

e) Ondas de Deslizamentos de Terra e Deslocamento de Falhas — Os efeitos de ondas geradas por deslizamentos de terra e deslocamento de falha no reservatório são avaliados caso a caso.

f) Geofísica — Os programas geofísicos têm duas facetas principais no programa SEED. Uma faceta é localizar anomalias ao longo de uma barragem de terra ou fundação. Se tal anomalia existe, o procedimento usual é recomendar maior exploração, tal como perfuração, para definir as propriedades dos materiais. A outra faceta inclui o uso das velocidades de onda de cisalhamento derivadas de levantamentos sísmicos a serem usadas para análises de estabilidade sísmica.

Seguem-se as várias técnicas geofísicas e como suas implicações são usadas para investigações SEED:

1) Refração e Reflexão Sísmicas — Este método mede velocidade de compressão de camadas e de movimentos ondulares da terra. Se houver quaisquer alterações nos materiais de uma barragem de terra, então será gerada uma velocidade de maneira anômala. As velocidades de movimentos ondulares são próximas das velocidades de ondas de cisalhamento e podem ser usadas como um parâmetro para determinar a resposta dinâmica de uma barragem de terra, quando não estão disponíveis velocidades das ondas de cisalhamento.

2) Investigações da Velocidade da Onda de Cisalhamento Sísmico — As ondas de cisalhamento são medidas pelos métodos de furo para baixo, furo transversal e furo para cima, usando um sismógrafo normal de refração como o registrador. As velocidades da onda de cisalhamento são usadas como um dos parâmetros-chave na determinação da resposta dinâmica de uma barragem de terra.

3) Levantamentos por Radar — Levantamentos por radar medem reflexões de qualquer interface que tenha um contraste nas suas complexas propriedades dielétricas. O radar é usado para localizar vazios no concreto, vazios por trás de paredes de túnel e para avaliar os solos a pouca profundidade. (*)

(*) Nota do Tradutor: Pela descrição, trata-se de sonar, embora no texto original conste radar, como foi traduzido.

4) Levantamentos por Resistividade — Levantamentos por resistividade medem as propriedades elétricas do solo e da rocha. A resistividade é usada principalmente para localizar a superfície freática através de barragens de terra e/ou de enrocamentos.

8.7 Avaliação Geotécnica — O desempenho da estrutura sob uma condição de carregamento máximo anterior muitas vezes fornece uma base parcial de avaliação. A qualidade do desempenho é julgada na condição visual da estrutura, tal como é descrita por engenheiros inspetores de instrumentação, quando disponíveis.

Todos os dados de instrumentação disponíveis são revistos durante a avaliação. Se não há dados ou se os dados disponíveis são limitados, uma determinação é feita quanto à necessidade de instrumentação adicional para avaliar um problema potencial de segurança de barragem.

Para cada barragem, é feita uma avaliação da estabilidade estrutural e da integridade do controle de percolação da barragem e da fundação, sob cargas estáticas. A extensão da avaliação, que variará em cada caso, depende dos seguintes fatores:

- . Condição visual da barragem e fundação.
- . Registro de operação e desempenho.
- . Altura estrutural e hidráulica da barragem.
- . Zonificação da barragem e inclinação do talude exterior.
- . Capacidade do reservatório, procedimentos operacionais e capacidade de evacuação.
- . Consequências de falha de barragem.
- . Categoria de risco.
- . Informações relevantes de engenharia e geologia disponíveis.

A estabilidade estática da barragem e da fundação será analisada quanto a recalque, deslocamento e umedecimento excessivo. Dados tais como mapas geológicos, registros de perfuração, ensaios de laboratório, superfície freática e métodos de construção serão usados, quando disponíveis. Hipóteses de resistência ao cisalhamento, para análise, são baseadas nos tipos, gradações e métodos de compactação dos materiais e usualmente pressupõem que uma condição de resistência a longo prazo, consolidada e drenada, tenha sido atingida. Superfícies freáticas são estimadas, utilizando-se dados piezométricos, quando disponíveis, ou são estabelecidas, baseadas na zonificação da barragem e na configuração do talude. Análises de estabilidade serão normal-

mente executadas para uma condição de percolação estacionária. Análises do abaixamento rápido do nível d'água serão realizadas para cada caso conforme determinado, a partir de fatores tais como: se a barragem se destina a aproveitamento a fio d'água ou a reservatório de acumulação, capacidade de abaixamento do nível d'água (evacuação do reservatório) das obras de restituição, capacidade de drenagem das zonas da barragem e se o reservatório tem o potencial de reencher rapidamente por ocasião de uma cheia, antes que um deslizamento provocado pelo abaixamento do nível d'água possa ser reparado.

A estabilidade à percolação de uma barragem e fundação é avaliada. A análise será focalizada em itens tais como aumento da percolação com o tempo, presença de sumidouros, cavidades ou bolhas de areia e utilizará registros de informações na avaliação. Análises de percolação tais como por gradientes críticos, por construção de redes de escoamento e por elementos finitos são executadas quando necessárias e quando dados suficientes estão disponíveis. A integridade de controle da percolação dos filtros, drenos, coberturas e materiais de zonas de transição é também analisada.

Os requisitos da análise da Fase II serão identificados, quando os resultados das análises da Fase I, da estabilidade dos taludes e da estabilidade da percolação indicarem um fator de segurança baixo ou no limite. Investigações adicionais ou estudos podem também ser recomendados, quando itens tais como aumento da percolação com o tempo ou a presença de sumidouros, cavidades ou bolhas de areia forem identificados. Os requisitos da Fase II podem incluir perfuração de campo, amostragem, ensaios de laboratório, instalação e monitoramento de instrumentação, e análise dos resultados dessas funções.

8.8 Avaliações Diversas — Ainda mais uma grande variedade de outros problemas que não se incluem nas categorias acima pode ser identificada nas barragens de armazenamento e de desvio. Esses problemas, tipicamente, consistem na necessidade de examinar elementos subaquáticos, instalar energia de emergência, ensaiar comportas de vertedouros e outros itens. O nível de análise e a urgência da realização e/ou da resolução desses itens devem ser identificados caso a caso. Orientação pormenorizada para esta larga faixa de problemas está além do escopo deste manual, mas os engenheiros que fazem sua análise técnica precisam estar atentos quanto à sua existência.

Relatório SEED

a. Generalidades

A Divisão de Segurança de Barragens é responsável pelo preparo de um Relatório SEED sobre cada barragem. O objetivo do Relatório é apresentar, num único documento, a informação reunida por meio da revisão da documentação pertinente, de observações locais, de recomendações SEED, de análises das recomendações e de qualquer averiguação futura e/ou análise que auxiliariam na indicação de que barragem e os associados eram seguros ou se precisavam de modificações para a segurança das barragens. O Relatório será revisto e atualizado, de acordo com a necessidade, obedecendo a cada avaliação de segurança oficial ou intermediária.

O Relatório SEED abrangerá um Resumo de Gerência e Relatório de Vistoria, de Análise e de Instrumentação.

Anexo a um Relatório SEED inclui-se correspondência pertinente, informação de análises, dados de campo e laboratório, obtidos durante as atividades SEED, e relatórios selecionados de consultores.

b. Distribuição

O Relatório final SEED (6 cópias) é encaminhado ao Diretor Regional, com cópias informativas para os seguintes destinos:

Cópias para	Número de Cópias
Diretor-Geral, Attn: 200	1
Engenheiro-Chefe, D-200	1
Chefe da Divisão de Projeto de Barragens e Canal, D-210	1

Chefe da Divisão de Projeto Elétrico, Mecânico e Civil, D-215	1
Chefe da Seção de Barragens de Concreto, D-220	1
Coordenador da Segurança de Barragens, D-220S	1
Chefe da Seção de Barragens de Terra e/ou de Enrocamentos D-230	1
Chefe da Divisão de Serviços Técnicos de Água e do Solo, D-400	1
Chefe da Divisão de Planejamento de Serviços Técnicos, D-700	1
Chefe da Seção de Biblioteca, D-950	2
Chefe da Divisão de Serviços de Pesquisa e Laboratório, D-1500	1
Chefe da Divisão de Geologia, D-1600	1
Chefe da Seção de Geologia do Oeste (Coordenador da Segurança de Barragens), D-1610 ou Chefe da Seção de Geologia Central (Coordenador da Segurança de Barragens). D-1620	1
Chefe do Escritório de Revisão Técnica e Serviços de Gerência, D-3200	1
Chefe da Seção de Inspeções, D-3310	2
Gerente do Programa SEED, D-3320	1
Chefe da Seção de Comportamento Estrutural, D-3350	1
Uma cópia, somente do memorando de remessa, é enviada aos códigos D-1630 e D-3390.	

Bibliografia

a. Generalidades

As referências que se seguem foram selecionadas para fornecer a engenheiros e geólogos uma base geral em muitos dos fatores que afetam a segurança da barragem. Note-se que a lista não está admitida como completa. Entretanto, as referências citadas nesses artigos podem servir como guia para outros artigos, pelos quais os membros da Equipe podem estender seu conhecimento das causas e modos de falhas de barragens, ou artigos que possam se relacionar diretamente a condições existentes em estruturas específicas a serem vistoriadas.

b. Bibliografias

10.1 Referidas no Texto

- [1] "Recommended Guidelines for Safety Inspection of Dams", Office of the Chief of Engineers, Department of the Army, Washington, D.C., May 1975.
- [2] "National Program of Inspection of Dams", vols. 1-5, Office of the Chief of Engineers, Department of the Army, Washington, D.C., 1975.
- [3] Report by General John W. Morris, Chief of Engineers, Department of the Army, to the January 31, 1978 Annual Meeting of USCOLD, Charleston, S.C.

- [4] "Safety of Dams, A Review of the Program of the U.S. Bureau of Reclamation for the Safety of Existing Dams", National Research Council, Committee on the Safety of Dams, 1977.
- [5] "Model Law for State Supervision of Safety of Dams and Reservoirs", USCOLD Committee on Model Legislation for Safety of Dams, New York, N.Y., 1970.
- [6] "Risks to Third Parties from Large Dams Report", ICOLD Committee on Risks to Third Parties from Large Dams, Paris, France, 1976.
- [7] "Lessons from Dam Incidents", ICOLD Committee on Failures and Accidents to Large Dams, Paris, France, 1974.
- [8] "Lessons from Dam Incidents, USA", ASCE/USCOLD Joint Publication, ASCE, New York, N.Y., pp. 6-16; 29-89, 1975.
- [9] "Inspection, Maintenance, and Rehabilitation of Old Dams", Selected papers from Engineering Foundation Conference Proceedings, September 23-28, 1973, ASCE, New York, N.Y., 1974.
 - . Summary of the Session on Federal Inspection Activities, pp. 67-75.
 - . Summary of States Experiences in Dam Safety Regulation, pp. 86-104.
 - . Summary of International Experiences, pp. 262-271.
 - . Summaries of Sessions on Hydrology and Spillways, pp. 273-281.
 - . Safety Appraisal of Old Dams: An Undated Perspective, pp. 405-417.
 - . Mechanical Equipment Problems on Old Dams, pp. 440-450.
 - . Underwater Inspection by Submarine, pp. 459-463.
 - . Summary of Workshop on Foundations, pp. 541-557.
 - . When is Foundation Seepage Unsafe?, pp. 570-583.
 - . Foundations of Existing Dams - Seepage Control, pp. 584-608.
 - . Stability of Old Dams as Related to Their Foundations, pp. 688-696.

- . General Report on Seismic Hazards and Problems, pp. 745-767.
 - . Potentially Active Faults in Dam Foundations, pp. 768-770.
 - . Inspection, Maintenance, and Remedial Treatment; San Francisco Water Department, pp. 849-870.
 - . Resolutions, pp. 905-906.
- [10] "Safety of Small Dams", Engineering Foundation Conference Proceedings, August 4-9, 1974, Henniker, N.H., ASCE, New York, N.Y., 1975.
- [11] "Responsability and Liability of Public and Private Interest on Dams", Engineering Foundation Conference Proceedings, September 28-October 3, 1975, ASCE, New York, N.Y., 1976.
- [12] "Evaluation of Dam Safety", Engineering Foundation Conference Proceedings, November 28-December 3, 1976, Pacific Grove, Calif., ASCE, New York, N.Y., 1977.
- [13] "Report on the Bureau of Reclamation's Dam Safety Review", (Lange Report), Bureau of Reclamation Review Team, Denver, Colo., August 1977.
- [14] "Summary Report of the Organization Review Committee (ORC)", Bureau of Reclamation, Denver, Colo., September 1977.
- [15] Algermissen, S. T. and D. M. Perkins, "A Probabilistic Estimate of Maximum Acceleration in Rock in the Contiguous United States", Open File Report 76-416, United States Geological Survey, 1976.
- [16] Uniform Building Code, International Conference of Building Officials, 1982.

10.2 Não Referidas no Texto

- "Evaluation of Dam Safety", Selected papers from Engineering Foundation Conference Proceedings, ASCE, New York, N.Y., 1976.
- . The Malpasset Dam, pp. 72-136.
 - . Dam Safety Program of EBMUD, pp. 179-194.
 - . Evaluation of Seepage Stability of Dams, pp. 195-218.
 - . Unit Curves for Judging Spillway Adequacy, pp. 219-239.
 - . Identifying Potential Stability Problems, pp. 245-268.

- . Latent Stability Deficiencies, pp. 269-273.
- . Evaluation Guidelines for Spillway Adequacy, pp. 395-414.
- . Downstream Hydrograph from Dam Failure, pp. 437-462.

Sowers, George F., "The Use and Misuse of Earth Dams", Consulting Engineer, vol. 17, No.1, pp. 106-114, July 1961.

Starr, Chauncey, "Social Benefit Versus Technological Risk", Science, vol. 165, pp. 1232-38, September 19, 1969.

Wiggins, John H., Jr., "The Balanced Risk Concept: New Approach to Earthquake Building Codes", Civil-Engineering-ASCE, vol. 42, No. 8, p. 55, August 1972.

Biswas, Asit K. and Samar Chatterjee, "Dam Disasters: An Assessment", Engineering Journal (Canada), vol. 54, No. 3, pp. 3-8, March 1971.

Chatterjee, Samar and Asit K. Biswas, "The Human Dimensions of Dam Safety", Water Power, part 1, vol. 23, No. 12, pp. 446-453, December 1971; part. 2, vol. 24, No. 1, pp. 17-21, January 1972.

Taylor, Karl V., "Some Unusual Aspects of Dam Safety Studies in Western United States", 10th ICOLD, June 1970, Montreal, Question 38, Report 28, Transactions, vol. III, pp. 465-487, 1970.

Eberhardt, Andrew, "Judgment Factors in Inspection of Dams", Water Power, vol. 21, No. 11, pp. 431-435, November 1969.

Jansen, Robert B., Roy W. Carlson, and Edward L. Wilson, "Diagnosis and Treatment of Dams", 11th ICOLD, 1972, Madrid, Communication 14, Transactions, vol. IV, pp. 975-991, 1973.

Wilson, Stanley D., "Incompatibility of Materials and Effect on Dam Performance", In Recent Developments in the Design, Construction, and Performance of Embankment Dams Proceedings, University of California, Berkeley, June 16-20, 1975.

Johnson, Stanley J., "Comments on Lessons Learned Since 1968", *ibid.*

Deere, Don U. and Ralph B. Peck, "Problems of Dams Founded on Rock", Including Karstic Limestone, *ibid.*

"Review of Practices for Safety of Dams", U.S. Department of Agriculture, August 1977.

Shaw, Gaylord, "The Search for Dangerous Dams — A Program to Head Off Disaster", Smithsonian, vol. 9, No. 1, pp. 36-45, April 1978.

"Actions Needed to Increase the Safety of Dams Built by the Bureau of Reclamation and the Corps of Engineers", Report of the Comptroller General of the United States, June 3, 1977.

Coal Refuse Inspection Manual, U.S. Department of the Interior, Mining Enforcement and Safety Administration, April 1976.

"Improving Federal Dam Safety", Report of the Federal Coordinating Council for Science Engineering and Technology, November 15, 1977.

Bureau of Reclamation, Dams and Public Safety, Jansen, Robert B., Revised Reprint, 1983.

Bureau of Reclamation, Training for Dam Operators — A Manual for Instructors, September, 1981.

Safety of Existing Dams — Evaluation and Improvement, National Research Council, Committee on the Safety of Existing Dams, Washington, D.C., 1983.



a. Considerações para a Execução de Avaliações da Segurança

CONTEÚDO		Página
1.	Generalidades	107
2.	Geologia	107
3.	Sismicidade	108
4.	Hidrologia e cheias de projeto de vertedouros	109
5.	Barragens de terra e/ou de enrocamentos	111
5.1	Generalidades	111
5.2	Propriedades dos materiais - colocação, ensaio e controle	113
5.3	Fundação	114
5.4	Dados analíticos	114
6.	Barragens de concreto	115
6.1	Generalidades	115
6.2	Propriedades dos materiais - colocação, ensaio e controle	117
6.3	Fundação	118
6.4	Dados analíticos	118
7.	Estruturas Associadas	119
7.1	Generalidades	119
7.2	Vertedouro	121
7.3	Estruturas e controles das obras de restituição	121
7.4	Propriedades dos materiais para vertedouro e restituições - colocação, ensaio e controle	122
7.5	Fundações dos vertedouros e restituições	122
7.6	Dados analíticos para vertedouros e restituições	123
8.	Operação e manutenção	123

1. GENERALIDADES

O apêndice A fornece uma lista abrangente de ações, estudos e revisões que devem ser considerados no determinar se uma barragem é segura. Alguns itens não serão aplicáveis a todas as barragens nem têm, todos os itens, a mesma significância. Os conceitos de plano, projeto, construção e operação são aqueles comumente aplicados para as instalações do Bureau. Foi usada a terminologia do Bureau.

2. GEOLOGIA

- a) Rever mapeamentos geológicos, plantas e seções transversais, mostrando todos os elementos da exploração e resumindo interpretações dos perfis de sondagem e geológicos, incluindo pelo menos a barragem, estruturas associadas, fontes de material e, se disponível, a geologia do reservatório. Deve ser dada especial atenção aos aspectos geológicos que influenciem considerações de projeto, tais como: zonas de cisalhamento; falhas; fraturas abertas; camadas, juntas, fissuras ou cavernas; deslizamentos de terra; variabilidade de formações; materiais compressíveis ou liquefatíveis; planos de estratificação fracos, etc.
- b) Rever registros pormenorizados de exploração, inclusive condições litológicas e físicas dos materiais encontrados, dados de ensaio da água, resultados dos ensaios de penetração normal e outros ensaios de resistência, e frequência e tipos das amostras obtidas dos ensaios de laboratório.
- c) Rever dados geofísicos.
- d) Rever registros de nível da água do subsolo na vizinhança, antes e depois do reservatório ter sido enchido.
- e) Rever estudos petrográficos ou químicos dos materiais da fundação e dos materiais naturais de construção.
- f) Rever as partes geológicas de todos os relatórios relevantes do local, desde estudos preliminares de reconhecimento até os registros finais de como-construído.
- g) Rever fotografias aéreas do local e do reservatório.
- h) Rever estudos geológicos regionais, publicados ou não, que sejam relevantes para a locação da barragem e do reservatório.

- i) Examinar as características pertinentes da geologia da área nos locais da barragem e associados, locais de empréstimos e de bota-fora, e, na medida do possível, na bacia do reservatório. Examinar núcleos representativos recuperados da exploração do local, particularmente das zonas indicadas nas testemunhas como sendo severamente quebradas, desgastadas pelo tempo ou altamente permeáveis.
- j) Com base na locação geológica geral, é este um local aceitável para o tipo de barragem selecionado? Estão as posturas das estratificações e das juntas particularmente favoráveis ou desfavoráveis à percolação, estabilidade dos taludes, estabilidade da fundação, aceitação das cargas e pressões da barragem e do reservatório, e deslizamento?
- k) Foi considerado o efeito do aumento dos níveis do lençol freático na estabilidade do encontro e dos taludes do reservatório?
- l) Foi adequadamente avaliado o potencial da atividade química — reatividade do agregado, qualidade da água superficial e do subsolo, tipo de cimento e dissolução de gesso?
- m) Foi a fundação sujeita a melhoramento por tratamentos, tais como: injeção sob pressão, injeção de calda, injeção em zona da fundação, drenagem, concreto denteado e escavações mais profundas ou mais extensas?
- n) Avaliar a adequação do programa de exploração em geral.
- o) As informações geológicas coletadas durante a construção corresponderam às originariamente disponíveis para os projetistas? Se houve quaisquer diferenças significativas, foi o verdadeiro tratamento das condições geológicas adequado para compensar as condições que mudaram? Se as quantidades previstas de empréstimos e de outros materiais não foram obtidas das fontes primárias, foram as fontes alternativas suficientemente semelhantes?
- p) Estava disponível adequada informação geológica?
- q) Identificar todos os documentos revistos. Listar como referências nos relatórios em preparo. (Muito importante.)

3. SISMICIDADE

- a) Rever a história sísmica e tectônica da região — literatura publicada ou não.

- b) Rever a história sísmica do local – literatura publicada ou não, inclusive registros da NOAA.
- c) Determinar a localização e a influência relativa de falhas, ativas e potencialmente ativas, que poderiam afetar o local do empreendimento. Para locais situados na Califórnia, deve-se fazer referência às zonas de estudos especiais de Alquist - Priolo e ao estado do “Programa de Mapeamento e Avaliação de Falhas Ativas”.
- d) Considerar todos os efeitos potenciais de terremotos que poderiam influenciar o local do empreendimento, tais como:
 - . Ruptura da superfície . Abatimento (“slumping”)
 - . Inclinação do terreno . Liquefação
 - . Alterações de elevação . Recalque
 - . Tremor . Seiches
 - . Deslizamentos de terra
- e) Rever o terremoto de projeto – localização, magnitude e período de recorrência.
- f) Rever o MCE (terremoto máximo esperado) de projeto – localização, magnitude e período de recorrência.
- g) Eram esperados movimentos da rocha de base para os terremotos de projeto desenvolvidos? Quais eram e como se desenvolveram? Os acelerogramas de projeto estão disponíveis?
- h) Foram recomendados fatores pseudo-estáticos “g” para projetos? Como foram eles determinados?
- i) Há um potencial para sismicidade induzida pelo reservatório?
- j) Rever fotografias aéreas e imagens espaciais do local e da região.
- k) Era adequada a informação disponível para os projetistas?
- l) Identificar todos os documentos revistos. Listar como referências nos relatórios. (Muito importante.)

4. HIDROLOGIA E CHEIAS DE PROJETO DE VERTEDOUROS

- a) Rever o resumo de dados hidrológicos contido nos relatórios do empreendimento.

- b) Rever os relatórios de projeto, manuais de operação e manutenção, planos e especificações de contrato relativos a vertedouro e instalações de restituição para familiarização com o projeto.
- c) Rever os critérios de cheia de projeto:
 - . Reservatórios e desvios a montante.
 - . Avaliação do risco a jusante.
 - . PMF (cheia máxima provável) ou frequência da cheia adotada para projeto.
- d) Rever a precipitação de tempestade de projeto, duração, valores das enxurradas: (2)
 - . Distribuição das tempestades ao longo do tempo.
 - . Condições estimadas de acúmulo de neve.
 - . Taxas estimadas de derretimento de neve.
 - . Características da bacia — Umidade anterior, tipo de vegetação, topografia, uso do solo, etc.
- e) Rever os estudos de amortecimento e/ou propagação de cheias:
 - . Área do reservatório — curva de capacidade.
 - . Curva nominal do vertedouro (com comporta ou de lâmina livre).
 - . Análises de amortecimento e/ou propagação de cheias.
 - . Superfície da água no reservatório estimada antes da entrada da cheia de projeto.
 - . Nível de sobrecarga de cheia máxima.
 - . Borda livre residual entre a crista da barragem e o nível de sobrecarga de cheia máxima.
- f) Rever os critérios de armazenamento de controle de cheias:
 - . Requisitos de armazenamento sazonal.
 - . Potenciais de cheias sazonais.
 - . Conflitos operacionais potenciais.
 - . Vertimentos normais.

(2) A Seção de Hidrologia da Divisão de Planejamento de Serviços Técnicos avalia a cheia afluente de projeto e fornece suas constatações à Divisão de Segurança de Barragens, antes da vistoria oficial.

- g) Se o vertedouro tem comporta:
- . Rever os procedimentos e programas de operação sazonal da comporta.
 - . Os estudos de amortecimento e/ou propagação de cheia consideram o mau funcionamento da comporta e quaisquer provisões redundantes para a passagem de cheias?
- h) Rever as condições de leito maior a jusante:
- . Limites dos melhoramentos, tais como: canais e/ou diques de cheia.
 - . Áreas de inundação potencial para descargas de IDF (cheia afluente de projeto).
 - . Proximidade de áreas desenvolvidas.
 - . Foi feito um estudo de uma falha arbitrada e preparado um mapa de inundação?
- i) A capacidade do vertedouro foi reavaliada à luz do presente estado-da-arte e dos registros hidrológicos depois da construção?
- j) Identificar todos os documentos revistos. Relacioná-los, como referências, no relatório em preparo. (Muito importante.)

5. BARRAGENS DE ATERRO (TERRA E ENROCAMENTO)

5.1 Generalidades

- a) Rever planos e especificações, desenhos de construção e como-construído, e relatórios de projeto para familiarização geral e compreensão das intenções.
- b) Rever o projeto básico, inclusive planta de arranjo geral da barragem, seções transversais e de zoneamento, tratamento especificado para a fundação, e injeção. Observar quaisquer aspectos anormais ou omissões.
- c) Rever os resumos de exploração, geologia e dados de sismicidade da barragem e do reservatório, e avaliar. Notar efeitos adversos potenciais de características geológicas conhecidas e aspectos que requeiram revisão mais pormenorizada. Avaliar características geológicas críticas, quando relacionadas com a segurança da barragem. Avaliar

a adequação geral dos programas de exploração. Avaliar o potencial de liquefação dos solos da fundação.

d) Rever os procedimentos de ensaios de laboratório e os resultados.

e) Rever as propriedades de projeto dos materiais da fundação e da barragem de terra e/ou de enrocamentos adotadas, e comparar com os resultados de exploração, de campo e de ensaios de laboratório, quanto à adequação. Avaliar a compatibilidade da barragem com a fundação.

f) Rever o resumo das análises de estabilidade, incluindo as condições operacionais e de carregamento analisadas. Notar quaisquer deficiências aparentes e/ou resultados anormais que apareçam. Foram usados métodos correntemente aceitos de análise, tais como o método dos elementos finitos?

g) Rever os desenhos e dados como-construído, incluindo a configuração da fundação, sumários de injeção, provisões para drenagem, mudanças na construção, tipo e profundidade da trincheira de vedação ("cutoff"), discontinuidades da fundação, tratamento especial da fundação, etc. e avaliar seus efeitos potenciais no desempenho.

h) Rever reclamações de condições alteradas, memorandos de ação corretiva e ordens de alteração de construção. Avaliar sua relação com a segurança e desempenho da barragem e associados.

i) Rever as fotografias da construção.

j) Rever resumos dos resultados dos ensaios do controle da construção. Compará-los com os resultados da fase de exploração para projeto, com os resultados de ensaios e com as hipóteses de projeto.

k) Comparar os resumos das propriedades dos materiais e da fundação, determinados durante a construção, com os critérios gerais usados para o projeto. Avaliar a adequação dos critérios e provisões das especificações, do ponto de vista da segurança, com respeito a itens específicos, tais como: controle da percolação, capacidade e potencial de entupimento dos drenos da fundação e do interior, potencial de erosão interna ("piping"), etc.

l) Avaliar os critérios de projeto e métodos de análises e suas relações com o presente estado-da-arte.

- m) Há atividades na região tais como mineração, extração de óleo ou água, que poderiam afetar adversamente a barragem?
- n) Avaliar se as especificações de construção, procedimentos e materiais estão compatíveis com as hipóteses gerais de projeto e condições conhecidas do local.
- o) Rever as instalações de instrumentação e avaliar a adequação da instrumentação para monitoração do provável desempenho operacional em geral ou, especificamente, os padrões comportamentais identificados.
- p) Rever os registros da instrumentação e avaliar a significância dos resultados.
- q) Conduzir vistoria pormenorizada do local e vizinhanças. Notar e registrar quaisquer condições anormais ou suspeitas, tais como: nascentes e sudações, áreas reviradas, etc. Observar núcleos de furos selecionados, se disponíveis.
- r) Avaliar possíveis efeitos de congelamento e degelo nos aspectos estruturais e funcionais do ambiente da barragem.
- s) Avaliar implicações dos resultados das revisões com respeito a possível falha catastrófica da barragem.
- t) Informações adequadas estavam disponíveis para os projetistas? Se não, o que estava faltando?
- u) Estavam o projeto e a construção de acordo com o estado-da-arte na ocasião?
- v) Como poderia ser comparado o projeto e a construção com o presente estado-da-arte?
- w) Identificar todos os documentos revistos. Listar, como referências, no relatório em preparo. (Muito importante.)

5.2 Propriedades dos Materiais – Colocação, Ensaio e Controle

- a) Classificação, gradação, limites de consistência (ou de Atterberg).
- b) Massas específicas para os materiais de granulação fina, densidade para materiais de granulação grossa. Umidade ótima.
- c) Congelamento-degelo (duração do enrocamento de proteção ou “riprap”).
- d) Consolidação e recalque.

- e) Ensaios de argila dispersiva, ensaios de solubilidade.
- f) Materiais dos filtros e drenos, granulometria, permeabilidade, etc.
- g) Descrições petrográficas e mineralógicas.
- h) Espessura da camada, esforço de compactação, método de compactação.
- i) Quantidade e distribuição dos ensaios de controle. Variação da massa específica e da umidade.
- j) Métodos de seleção de material e de colocação nos encontros e em torno das estruturas.
- k) Variabilidade do material em áreas de empréstimos.
- l) Recalque relativo das zonas adjacentes.
- m) Propriedades de resistência dinâmicas e estáticas (ângulo de atrito e coesão).

5.3 Fundação

- a) Métodos usados na determinação da resistência e características de comportamento da massa de fundação.
- b) Extensão da investigação da fundação — área coberta — número e tipo dos furos de exploração.
- c) Resumo da injeção — profundidade, aceitação, pressões, aditivos e misturas.
- d) Furos para drenos, percolação e sistemas de controle de subpressão.
- e) Direção e inclinação do sistema de junta.
- f) Tratamento especificado para a fundação.
- g) Tamanho e localização das camadas e cisalhamentos.
- h) Características de quaisquer enchimentos de juntas.
- i) Massa específica do solo e potencial de liquefação.

5.4 Dados Analíticos

- a) Método de análise — elementos finitos, círculo de escorregamento, fatias, etc. Que materiais e propriedades de engenharia (resistência, etc.) foram usados? Eram válidos?
- b) Como foi considerada a deformação da fundação?
- c) Quais foram as condições de carregamento adotadas?

- d) Resultados de análises – tensões, deformações, deslocamentos, fatores de estabilidade, pressões na fundação.
- e) Foi feita alguma análise da distribuição da pressão intersticial no interior da barragem e da fundação?
- f) Foi feita análise da distribuição da percolação no interior da barragem e da fundação?
- g) Os encontros foram analisados?
- h) Comparar as deformações calculadas e medidas, na barragem e na fundação.
- i) Foram considerados e monitorados a subpressão e o fraturamento, causados pela injeção?

6. BARRAGENS DE CONCRETO

6.1 Generalidades

- a) Rever os planos e especificações, desenhos de construção e como-construído, e relatórios de projeto para familiarização geral e compreensão das intenções.
- b) Rever os projetos básicos, inclusive planta de arranjo geral, da barragem, seções transversais, tratamento especificado para a fundação, e injeção. Notar qualquer aspecto anormal ou omissões.
- c) Rever características geológicas básicas e aspectos que requeiram revisão mais pormenorizada. Avaliar as características críticas geológicas e sísmicas, quando relacionadas com a segurança de barragens. Avaliar a adequação geral dos programas de exploração, inclusive a integridade do encontro, com respeito a falhas da parede de rocha a jusante.
- d) Rever procedimentos e resultados de ensaios de laboratório.
- e) Rever as propriedades de projeto dos materiais adotados para fundação e concreto, e comparar com os resultados de ensaios de laboratório, de exploração e de campo quanto a conformidade. Avaliar a compatibilidade da barragem e da fundação.

- f) Rever o resumo dos resultados de análises de tensões ou análises de estabilidade, incluindo carregamento e condições operacionais analisadas. Anotar quaisquer deficiências aparentes e/ou resultados anormais que surjam.
- g) Rever desenhos e dados como-construído, inclusive configuração da fundação, resumos de injeção da fundação e das juntas, provisões para drenagem, mudanças na construção, etc., e avaliar seus efeitos potenciais no desempenho.
- h) Rever reclamações de condições alteradas, memorandos de ação corretiva e ordens de mudança da construção. Avaliar a relação com segurança e desempenho da barragem e associados.
- i) Rever fotografias da construção.
- j) Rever resumo dos resultados dos ensaios de controle da construção e registro de resultados de ensaios. Compará-los com a exploração da fase de projeto e resultados de ensaios com as hipóteses de projeto.
- k) Comparar o resumo das propriedades dos materiais e fundação, determinados durante a construção, com os critérios gerais usados no projeto. Avaliar a adequação dos critérios do ponto de vista da segurança.
- l) Avaliar os critérios de projeto e métodos de análises, e sua relação com o presente estado-da-arte.
- m) Há atividades na região, tais como: mineração ou extração de água ou óleo, que poderiam afetar adversamente a barragem?
- n) Avaliar se as especificações de construção, procedimentos e materiais estão compatíveis com as hipóteses gerais de projeto e condições conhecidas no local.
- o) Rever as instalações de instrumentação na barragem e na fundação e avaliar a adequação da instrumentação para monitoramento do desempenho operacional provável em geral ou para modelos de comportamento especificamente identificados.
- p) Rever os registros da instrumentação e avaliar a significância dos resultados.
- q) Conduzir uma vistoria pormenorizada do local e vizinhanças. Notar e registrar quaisquer condições anormais

ou suspeitas, tais como nascentes e sudações, rachadura de concreto, áreas reviradas, etc. Observar núcleos de furos selecionados, se disponíveis.

- r) Avaliar possíveis efeitos de congelamento e degelo nos aspectos estrutural e operacional da barragem.
- s) Avaliar os resultados das revisões e sua relação com possível falha catastrófica da barragem.
- t) Havia informação adequada disponível para os projetistas? Se não, o que estava faltando?
- u) Estavam o projeto e a construção, de acordo com o estado-da-arte da ocasião?
- v) Como se comparam o projeto e a construção com o presente estado-da-arte?
- w) Identificar todos os documentos revisados. Listar, como referências, no relatório em preparo. (Muito importante.)

6.2 Propriedades dos Materiais – Colocação, Ensaio e Controle

- a) Resistência e durabilidade do concreto empregado – Resistência de 90 dias, etc., tamanho dos cilindros (valores de projeto versus os de construção), coeficiente de variação – valores altos e baixos – número de cilindros.
- b) Módulos de ruptura e de elasticidade do concreto.
- c) Foram retirados alguns núcleos da barragem e ensaiados? Como se comparam os resultados com os critérios de projeto?
- d) Tipo de cimento, fator do cimento, aditivos e relação água-cimento. Que ensaios foram conduzidos no cimento usado? Proporções da mistura de concreto? Foi a propriedade de fluência do concreto determinada?
- e) Altura da camada e método de colocação.
- f) Tratamento das juntas verticais ou de contração e das superfícies das camadas.
- g) Programa de lançamento de concreto e de injeções das juntas – como executado.
- h) Características de geração de calor das misturas de concreto.

- i) Características físicas, químicas e mineralógicas e fontes dos agregados usados.

6.3 Fundação

- a) Métodos usados na determinação da resistência e características de comportamento da massa rochosa.
- b) Extensão da investigação da fundação — área coberta — número e tipo dos furos de exploração — túneis — métodos geofísicos.
- c) Resumo das injeções — profundidade, aceitação, pressões, aditivos e misturas.
- d) Furos de drenagem, percolação e sistemas de controle da subpressão.
- e) Direção e inclinação do sistema de junta.
- f) Tratamento especificado para a fundação.
- g) Tamanho e localização das camadas e cisalhamentos.
- h) Características de quaisquer enchimentos de juntas.

6.4 Dados Analíticos

- a) Método de análise — carga de prova — elementos finitos — número de vigas — arcos, etc.
- b) Como foi considerada a deformação da fundação?
- c) Como foi tratado o efeito do carregamento vertical antes da injeção?
- d) Quais foram as condições de carregamento adotadas?
- e) Qual foi a variação de temperatura admitida?
- f) Quando, com relação à sequência de construção, as juntas de construção sofreram injeção?
- g) Qual o resfriamento que ocorreu antes da injeção?
- h) Resultados de análises — tensões, forças, movimentos, fatores de estabilidade, fatores de segurança ao atrito de cisalhamento, pressões na fundação.
- i) Foram feitas análises da distribuição de pressão no interior da fundação?
- j) Encontros radiais ou não?
- k) Chaves na vertical ou juntas de contração?
- l) O efeito das seções rachadas foi incluído?

- m) Foram analisados os encontros?
- n) Forças de impacto da água na bacia de dissipação (somente em barragens de arco).
- o) Comparar as tensões calculadas e medidas e as deformações na barragem e na fundação.

7. ESTRUTURAS ASSOCIADAS

7.1 Generalidades

- a) Rever os planos e especificações de contrato, desenhos de construção e como-construído, e relatórios de projeto, para familiarização geral e compreensão das intenções.
- b) Rever o projeto básico, inclusive planos, seções, pormenores, hipóteses e critérios. Anotar quaisquer aspectos anormais e omissões.
- c) Rever o resumo de exploração, geologia e dados de sismicidade do local e do reservatório, e avaliar. Notar efeitos potencialmente adversos de características geológicas conhecidas e os aspectos que requeiram uma revisão mais pormenorizada. Avaliar características críticas de elementos geológicos com relação aos aspectos de desempenho dos associados que possam pesar sobre a segurança da barragem.
- d) Rever os procedimentos e resultados dos ensaios de laboratório e de modelo hidráulico.
- e) Rever as propriedades de projeto adotadas na fundação, concreto e armação, e comparar com os resultados de ensaios de exploração, campo e laboratório, e a prática, geralmente aceita, quanto à propriedade. Avaliar a compatibilidade da estrutura com a sua fundação e o ambiente.
- f) Rever o sumário dos resultados de análises de tensão e estabilidade, inclusive condições de carregamento e operacionais analisadas. Notar quaisquer deficiências aparentes e/ou resultados anormais que surjam.
- g) Rever os desenhos e dados como-construído, inclusive configuração da fundação, resumos da injeção, provisões para drenagem, mudanças na construção, etc., e avaliar seus efeitos potenciais sobre o desempenho.

- h) Rever reclamações de condições alteradas, memorandos de ações corretivas, ordens de mudança da construção e avaliar o impacto potencial sobre o desempenho.
- i) Rever fotografias da construção.
- j) Rever o resumo dos resultados dos ensaios de controle da construção. Compará-los com a exploração da fase de projeto, com os resultados de ensaios e com as hipóteses de projeto.
- k) Comparar o resumo das propriedades dos materiais e da fundação, determinados durante a construção, com os critérios gerais usados para o projeto. Avaliar a adequação dos critérios do ponto de vista da segurança.
- l) Avaliar os critérios de projeto e métodos de análises e suas relações com o presente estado-da-arte.
- m) Há atividades na região, tais como mineração ou extração de óleo ou água, que poderiam afetar as estruturas?
- n) Avaliar se as especificações de construção, procedimentos e materiais estão compatíveis com as hipóteses gerais de projeto e as condições conhecidas do local.
- o) Rever a instalação da instrumentação e avaliar a adequação da instrumentação para o monitoramento do desempenho operacional provável.
- p) Rever os registros da instrumentação e avaliar a significância dos resultados.
- q) Conduzir uma vistoria pormenorizada das estruturas. Notar e registrar quaisquer condições anormais ou suspeitas, tais como nascentes e sudações, rachaduras de concreto, áreas reviradas, etc. Observar núcleos de furos selecionados, se disponíveis.
- r) Avaliar possíveis efeitos de congelamento e degelo no serviço estrutural e operacional das estruturas.
- s) Avaliar os resultados das revisões e de sua relação com possível falha catastrófica da barragem.
- t) Era adequada a informação disponível para os projetistas? Se não, o que estava faltando?
- u) Estavam o projeto e a construção de acordo com o estado-da-arte na ocasião?

- v) Como se comparam o projeto e a construção com o presente estado-da-arte?
- w) Identificar todos os documentos revisados. Listar, como referências, no relatório em preparo. (Muito importante).

7.2 Vertedouro

- a) Avaliações hidráulicas — Avaliar a capacidade do vertedouro para passar todas as cheias de projeto, sem colocar a barragem em perigo. Se o vertedouro tem comportas de controle, avaliar provisões redundantes para passar seguramente as cheias, caso as comportas falhem em operar completamente por qualquer motivo. Rever as provisões (proteções, de troncos, contra flutuantes, etc.) para conservar a entrada do vertedouro livre de obstruções.
- b) Avaliações estruturais — Rever e avaliar os seguintes pontos relevantes para a segurança da barragem:
 - 1) Dados geológicos com respeito à fundação do vertedouro e compatibilidade com o projeto estrutural.
 - 2) Critérios de projeto em comparação com as normas geralmente aceitas. A avaliação incluiria revisão das várias combinações de carregamento para as quais os componentes do vertedouro poderiam estar sujeitos, tais como:
 - . Cargas do solo.
 - . Cargas hidrostáticas.
 - . Forças de subpressão.
 - . Forças dinâmicas da água.
 - . Forças de terremoto.
 - 3) Projeto das trincheiras de vedação ("cutoff") de percolação, e provisões de drenagem por trás das paredes do vertedouro e por baixo das lâminas de piso.
 - 4) Elementos de dissipação de energia.

7.3 Estruturas e Controles das Obras de Restituição

Rever e avaliar os seguintes itens relevantes para a segurança da barragem:

- a) Critérios de projeto com respeito aos requisitos hidráulicos e estruturais.
- b) Critérios operacionais inclusive capacidade das restituições para reduzir ou esvaziar completamente o armazenamento do reservatório, em caso de emergência.

- c) Condições geológicas e quaisquer efeitos potencialmente adversos nos requisitos estruturais ou operacionais.
 - d) Sistemas de retaguarda disponíveis, em caso de mau funcionamento operacional.
 - e) Elementos de dissipação de energia.
- 7.4 Propriedades dos Materiais para Vertedouros e Restituições – Colocação, Ensaio e Controle.**
- a) Resistência e durabilidade do concreto empregado – Resistência de 90 dias, etc., tamanho dos cilindros (valores de projeto versus os de construção), coeficiente de variação – valores altos e baixos – número de cilindros.
 - b) Módulos de ruptura e de elasticidade do concreto.
 - c) Tipo de cimento, fator de cimento, aditivos e relação água-cimento. Que ensaios foram conduzidos no cimento? Proporções da mistura de concreto?
 - d) Métodos de lançamento do concreto.
 - e) Tratamento das juntas de construção e de contração.
 - f) Características físicas, químicas e mineralógicas e fontes de agregados.
 - g) Propriedades do aço da armação.
 - h) As propriedades dos materiais, verdadeiramente usados, foram conforme as hipóteses de projeto?
- 7.5 Fundações de Vertedouros e Restituições.**
- a) Métodos usados na determinação da resistência e características de comportamento da rocha suportante.
 - b) Extensão da investigação da fundação – área coberta – número e tipo dos furos de exploração.
 - c) Resumo das injeções – profundidade, aceitação, pressões, misturas, aditivos.
 - d) Furos de dreno, percolação e sistemas de controle de subpressão.
 - e) Direção e inclinação do sistema de junta.
 - f) Tratamento especificado para a fundação.
 - g) Tamanho e localização de camadas e cisalhamentos.
 - h) Características de enchimentos de juntas existentes.

7.6 Dados Analíticos para Vertedouros e Restituições

- a) Foram os métodos de análise adequados e apropriados?
- b) Como foram manejadas as características da fundação?
- c) Foram adotadas condições de carregamento adequadas e apropriadas?
- d) Resultados de análises – tensões, fatores de estabilidade.
- e) Avaliar o desempenho hidráulico esperado dos elementos de dissipação de energia, modelos de fluxo dos canais ou condutos, e resistência à erosão.

8. OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

- a) Se a barragem e o reservatório ainda não foram colocados em serviço inicial ou pleno, rever os critérios para enchimento inicial do reservatório com respeito às condições de operação presente. A partir da revisão da geologia, do projeto, da construção e dos registros da instrumentação, avaliar os efeitos de carregamento súbito do reservatório e de saturação da barragem e fundação.
- b) Rever a topografia e geologia do reservatório e avaliar o potencial de deslizamentos de terra do reservatório.
- c) Rever os DOC's (Critérios de Operação dos Projetistas) e SOP's (Procedimentos de Operação Vigentes) ou documentos similares para o empreendimento. Anotar particularmente a capacidade operacional das restituições para reduzir o armazenamento do reservatório em uma emergência, os sistemas redundantes disponíveis para operar vertedouros com comportas e obras de restituição durante o mau funcionamento operacional ou de energia, e a adequação das instruções de emergência para o pessoal de operação. Identificar os fatores de operação e manutenção do empreendimento relativos à segurança da barragem. Esses fatores foram adequadamente cobertos pelo fabricante?
- d) Quão freqüentemente estão os operadores na barragem?
A autoridade e responsabilidade deles, com respeito à segurança da barragem, estão claramente definidas?

- e) Que critérios foram estabelecidos para vistorias de segurança de rotina e vigilância da barragem? Que procedimentos de relato acompanham essas vistorias e quem é o responsável para que questões operacionais, relativas à segurança da barragem, recebam atenção imediata e adequada?
- f) Identificar quaisquer aspectos operacionais, relativos à segurança da barragem, que requeiram esclarecimentos ou desenvolvimento adicional.
- g) Podem empreendimentos a montante e a jusante afetar adversamente a operação da barragem ou do reservatório, com respeito à segurança da barragem?
- h) Identificar todos os documentos revisados. Listar, como referências, no relatório em preparo. (Muito importante).



b. Estruturas, Características, Eventos e Evidências a Serem Vistoriadas

CONTEÚDO

	Página
1. Generalidades	127
2. Mudanças nas características dos materiais	127
3. Ocorrências genéricas	128
4. Operação e manutenção	129
5. Comportamento	130
6. Barragens de concreto	131
7. Barragens de aterro (de terra e enrocamento)	132
8. Vertedouros	133
9. Restituições	134
10. Cercanias	135

1. GENERALIDADES

O desempenho das barragens e estruturas associadas é controlado: 1) por seus projetos, 2) pelas características dos seus materiais constituintes, 3) pela natureza de suas fundações e 4) por sua localização regional.

O objetivo fundamental das vistorias de segurança de barragens é a detecção de qualquer enfraquecimento estrutural ou hidráulico, existente ou em desenvolvimento, evidente, das complexas inter-relações desses "controladores de desempenho". Na busca de enfraquecimentos, os vistoriadores de barragem devem reconhecer e compreender essas inter-relações.

2. MUDANÇAS NAS CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS

2.1 Generalidades — Observar materiais defeituosos, inferiores, inadequados ou deteriorados. Diversos materiais constituem os diferentes tipos de barragens e associados. A qualidade e durabilidade desses "blocos de construção" devem ser sempre determinadas em qualquer instância e a necessidade de tal vistoria crítica e o que procurar, como está listado nesta seção, não são normalmente repetidos nas seções acerca de estruturas específicas.

2.2 Concreto — 1) Reação agregado-álcalis, aspectos estranhos e rachaduras, 2) lixiviação, 3) ação da geada, 4) abrasão, 5) lascamento, 6) deterioração geral e 7) perda de resistência.

2.3 Rocha — 1) Desintegração, 2) amolecimento e 3) dissolução.

- 2.4 Solos – 1) Degradação, 2) dissolução, 3) perda de plasticidade, 4) perda de resistência e 5) mudança mineralógica.
- 2.5 Solo-Cimento – 1) Perda de cimentação e 2) fragmentação.
- 2.6 Metais – 1) Eletrólise, 2) corrosão, 3) corrosão sob tensão, 4) fadiga, 5) corte e ruptura e 6) esfolamento.
- 2.7 Madeira – 1) Apodrecimento, 2) encolhimento, 3) combustão e 4) ataque por organismos.
- 2.8 Tecidos de Revestimento – 1) Perfurações, 2) separação de uniões, 3) deterioração pela luz, 4) desintegração das vedações limites e 5) perda de plasticidade e flexibilidade.
- 2.9 Borracha – 1) Endurecimento, 2) perda de elasticidade, 3) deterioração pelo calor e 4) degradação química.
- 2.10 Vedações de Juntas – 1) Perda de plasticidade, 2) encolhimento e 3) derretimento.

3. OCORRÊNCIAS GENÉRICAS

- 3.1 Generalidades – Observar as ocorrências genéricas quanto a suas características, localização e tempo de existência. Essas ocorrências são de natureza universal, a despeito do tipo de estrutura ou classe de fundação. Os pormenores do que procurar na observação dessas ocorrências genéricas, reais ou evidentes, não são repetidos nas seções sobre estruturas específicas.
- 3.2 Percolação e Vazamento – 1) Relação descarga-nível, 2) aumentando ou diminuindo, 3) turvação e erosão interna (“piping”), 4) cor, 5) sólidos dissolvidos, 6) localização e formato, 7) temperatura, 8) gosto, 9) evidência de pressão, 10) bolhas e 11) tempo de existência e duração.
- 3.3 Drenagem – 1) Obstruções, 2) precipitados químicos e depósitos, 3) queda desimpedida, 4) disponibilidade de bomba de poço e 5) crescimento de bactérias.
- 3.4 Cavitação – 1) Picotamento de superfície, 2) evidência sonora, 3) implosões e 4) bolsas de vapor.
- 3.5 Ação do Gelo – Evidência de forças de gelo diminuindo a estabilidade das estruturas, levantando os guinchos de comportas, obstruindo saídas de comportas e instalações operacionais e mecânicas.

3.6 Tensões e Deformações – Evidências e Indícios: 1) No concreto – rachaduras, esmagamentos, deslocamentos, desvios, cisalhamentos e fluência; 2) no aço – rachaduras, estiramentos, contrações, dobramentos e flambagens; 3) na madeira – esmagamento, flambagem, dobramento, cisalhamentos, alongamentos e compressões e 4) na rocha e nos solos – rachaduras, deslocamentos, recalque, consolidação, afundamento, compressão e zonas de alongamento e compressão.

3.7 Estabilidade – Evidências e Indícios: 1) Em estruturas de concreto e aço – inclinação, remoção, escorregamento e enforcamento; 2) em estruturas de aterros, taludes de cortes, taludes naturais – inchamento, lamaçal, abatimento (“slumping”), escorregamento, rachaduras e escarpamentos; e 3) em taludes de cortes em rocha, fundação e túneis não revestidos – abatimentos (“slumps”), escorregamentos, quedas de rocha, inchamentos e rachaduras.

4. OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

4.1 Confiabilidade em Serviço dos Elementos Eletromecânicos da Restituição, do Vertedouro, da Bomba de Poço – 1) Cadeias ou cabos de levantamento quebrados ou desligados, 2) ensaio de operação, incluindo fontes auxiliares de energia, 3) confiabilidade e ligações de serviço das fontes primárias de energia, 4) verificação do conhecimento dos operadores e capacidade para operar, 5) facilidade e certeza de acesso às estações de controle e 6) funcionamento dos sistemas de lubrificação.

4.2 Câmara das Comportas, Galerias, Túneis e Canalizações – Controle de ventilação e temperatura dos ambientes úmidos e corrosivos de equipamento eletromecânico.

4.3 Acessibilidade e Visibilidade – 1) Sobrecrecimento vegetal obscurocente; 2) galerias, escadas de acesso, e iluminação; 3) estradas de acesso e pontes; e 4) linhas de comunicação e de controle remoto, cabos e sistemas de telemetria.

4.4 Controle da Vegetação e Animais Perfurantes – 1) Vegetação danosa sobre os aterros-canais com crescimento excessivo, por raízes mortas; 2) vegetação danosa nas juntas do concreto estrutural; 3) crescimento vegetal obstruindo o fluxo nos canais de escoamento; e 4) esquilos terrestres, ratos almiscareiros e castores.

5. COMPORTAMENTO

5.1 Generalidades — Todos os esforços devem ser envidados para prever e dispor de engenheiros-observadores, presentes no local, nas ocasiões de grandes descargas nos vertedouros e restituições. O pessoal operacional residente pode, muitas vezes, fornecer valiosa informação e ser o único observador disponível (durante terremotos, por exemplo).

5.2 Instrumentação de Advertência, Segurança e Desempenho — 1) Piezômetros, registradores de fluxo, acelerômetros, sismoscópios, medidores de juntas e pontos de manômetros, medidores de tensões, medidores de deformações, clinômetros, fios-prumo diretos e invertidos, marcos de referência de superfície, registradores de nível e extensômetros; 2) competência para o serviço; 3) acesso às estações de leitura; 4) tipo e localização adequada para a condição a ser observada; 5) necessidade de recalibragem; 6) leituras falsas, fontes e motivos; 7) sistemas de alarme operáveis e colocados em pontos apropriados; 8) leituras esporádicas de verificação durante as vistorias; e 9) questionamento dos operadores para determinar seu conhecimento do objetivo e funcionamento dos instrumentos.

5.3 Durante e Depois de Grandes Cheias — 1) Linhas de águas altas marcadas firmemente; 2) evidência de sobrecarga da capacidade do vertedouro e 3) figuras típicas de fluxo do vertedouro indesejáveis ou perigosas, diretamente observadas ou deduzidas, de deformações de fluxo, trilhas de erosão, vegetação varrida e deposição de sólidos.

5.4 Durante e Depois de Grandes Descargas pelas Restituições — Figuras típicas de fluxo do vertedouro indesejáveis ou perigosas, pressões dinâmicas, vibrações e cavitações sônicas.

5.5 Após Terremotos — 1) Rachaduras, deslocamentos e desvios nas características estruturais; 2) rachaduras, abatimentos ("slumps"), escorregamentos, deslocamentos, escarpamentos, recalques em aterros, taludes de cortes, taludes de aterros; 3) estalactites quebradas em galerias, túneis, câmaras e canalizações de restituição; 4) equipamento mecânico tombado; 5) bolhas na areia; e 6) procedimentos gerais estabelecidos para após um terremoto.

6. BARRAGENS DE CONCRETO

(Muitas destas observações são aplicáveis também a elementos sobre os quais pesa o reservatório, tais como: estruturas de tomada de casa de força, estruturas de controle de vertedouro e muros de eclusas.)

6.1 Tensão e Deformação — Evidências e Indícios: 1) Rachaduras, esmagamentos, deslocamentos, desvios em monolitos de concreto, contrafortes, lâminas de face, vigas de arco visíveis nas superfícies exteriores e nas galerias, câmaras de válvulas e de operação e superfícies interiores de canalizações; 2) modelos típicos de rachaduras de tensão e temperatura nos contrafortes, pilastras, diafragmas e vigas de arco; e 3) retenção das forças de projeto em ancoragens e cabos de protensão.

6.2 Estabilidade — Evidências e Indícios: 1) Subpressões excessivas ou mal distribuídas reveladas por piezômetros, surtos de pressão dos orifícios de dreno da fundação, juntas de construção e rachaduras; 2) deslocamentos diferenciais de monolitos adjacentes, contrafortes e vigas de arco suportados, ou lâminas de face; 3) disparidades em regiões próximas da interface, entre arcos e blocos de apoio; 4) movimento ao longo das juntas de construção; e 5) subpressão em superfícies horizontais, revelada por percolação na face de jusante e em galerias em diferentes níveis da construção.

6.3 Encostas de Colinas e Canais de Rios Adjacentes aos Encontros e Fundações de Seções de Rio ao Longo do Pé de Jusante da Barragem — 1) Vazamento, 2) percolação, 3) estabilidade e 4) bolhas.

6.4 Atenção Especial ao Controle da Estabilidade e da Percolação nas Discontinuidades e Juntas — 1) Seções de envolvimento dos aterros, 2) águas paradas nos monolitos e nas lâminas de face, e 3) empuxo do aterro de preenchimento do reservatório nas seções de controle do vertedouro e muros de contenção.

6.5 Fundação — 1) Erosão interna ("piping") de produtos desgastantes provenientes de canais de dissolução antigos, e da estrutura da junta de rocha; 2) eficiência dos sistemas de controle de percolação da fundação — drenos, furos de drenagem, cortinas de injeção, trincheiras de vedação ("cutoffs") e túneis de drenagem; 3) histórico das zonas de cisalhamento, falhas e

aberturas cavernosas; 4) zonas de permeabilidade variável; 5) orientação da estratificação e efeito de seus planos sobre a permeabilidade, subpressão e estabilidade da fundação; 6) erosão abaixo da superfície e erosão interna ("piping"); e 7) efeito das intercamadas finas mais fracas sobre a estabilidade.

7. BARRAGENS DE ATERRO (TERRA E ENROCAMENTO)

7.1 Tensão e Deformação – Evidências e Indícios: 1) Recalque; 2) consolidação; 3) afundamento; 4) compressibilidade; 5) rachaduras, deslocamentos, desvios e mudanças na abertura das juntas nos revestimentos de concreto dos enrocamentos; 6) perda de borda livre resultante de recalque; 7) zonas de extensão e compressão visíveis ao longo da crista da barragem ou em outro lugar; 8) esmagamento dos pontos de contato da rocha; 9) recalque diferencial de zonas de seções transversais do aterro, visíveis ao longo da crista da barragem, indicando transferência de tensão ao longo da região da zona de interface (aumenta a possibilidade de fraturamento hidráulico); e 10) fraturas nas canalizações de restituição.

7.2 Estabilidade – Evidências e Indícios: 1) Rachaduras, deslocamentos, aberturas, desvios, crostas, escorregamentos, intumescimentos e escarpamentos na crista, nos taludes do aterro e nas encostas de colinas adjacentes aos encontros; 2) flechas e desalinhamentos nas paredes de parapeito, corrimãos, canalizações longitudinais ou outros alinhamentos paralelos ao eixo do aterro; 3) faces planas e uniformes, irregularidades no alinhamento e afastamento da condição lisa; e 4) intumescimentos em superfícies do solo, além dos pés dos taludes.

7.3 Controle Inadequado da Percolação – Evidências e Indícios: 1) Pontos molhados; 2) crescimento de vegetação nova; 3) percolação e vazamento; 4) bolhas; 5) figuras típicas de saturação nos taludes, encostas de colinas e no leito menor; 6) depressões e sumidouros; e 7) evidência de altos gradientes de escape.

7.4 Controle da Erosão – 1) Perda, deslocamento e deterioração do enrocamento de proteção ("riprap") da face de montante, da sub-base e da proteção do talude da face de jusante; e 2) espraçamento.

- 7.5 Fundação – 1) Ver também 6.5; 2) consolidação e 3) potencial de liquefação.
- 7.6 Outros Fatores de Risco – 1) Canalizações de pressão de concessionária nos aterros ou sobre eles ou através deles; 2) valas de desvio, ao longo dos encontros, nas encostas de colinas.

8. VERTEDOUROS

- 8.1 Canal de Aproximação – 1) Obstruções; e 2) deslizamentos, abatimentos (“slumps”) e rachaduras nos taludes dos cortes.
- 8.2 Proteções, de Troncos, contra Flutuantes – 1) Submergência, 2) carreamento acumulado e não limpo, 3) desamarração, 4) perda de ancoragem e 5) folga inadequada para níveis baixos do reservatório.
- 8.3 Estrutura de Controle Hidráulico – 1) Estabilidade, 2) valor nominal da capacidade de retenção, 3) erosão no pé, 4) instalações não autorizadas na crista, aumento do nível de armazenamento e decréscimo da capacidade de vertimento, 5) pilares das comportas, 6) sistemas de controle de lixo, 7) lâmina e ressaltos de aeração e 8) ajustes iniciais dos sifões.
- 8.4 Controle do Nível de Montante (Comportas, Pranchões, Tampões Fusíveis e Barragens Provisórias) – 1) Posição não autorizada, 2) arestas, 3) deslocamentos do munhão da comporta, 4) perda da protensão da ancoragem da comporta, 5) cargas excêntricas indesejáveis de posições variáveis de comportas adjacentes, 6) emperramento da vedação da comporta, 7) vazamento da vedação por erosão, 8) falha do sistema de lubrificação e 9) disponibilidade de recursos de tamponamento para esvaziamento e de guindastes e vigas pescadoras.
- 8.5 Operação das Plataformas de Guindastes – 1) Cadeias e cabos de levantamento quebrados ou desligados; 2) exposição de equipamento eletromecânico desprotegido ao tempo, sabotagem e vandalismo; e 3) membros e conexões estruturais.
- 8.6 Poços, Canalizações e Túneis – 1) Vulnerabilidade à obstrução; 2) evidência de jatos de excessiva sobrepressão externa, seções transversais torcidas, rachaduras, deslocamentos e juntas circunferenciais; 3) capacidade de serviço dos revestimen-

tos (concreto e aço), deterioração de materiais, cavitação e erosão; 4) queda de rochas; 5) vazamento severo em torno de rolhas de túneis; e 6) sistemas de suporte para canalizações de pressão, em túneis de pessoal.

8.7 Pontes — 1) Possibilidade de colapso com conseqüente obstrução do escoamento e 2) capacidade de serviço para transporte de equipamento operacional e de emergência.

8.8 Conduto de Descarga (Canal Aberto ou Canalização) —

1) Vulnerabilidade à obstrução; 2) evidência de excessivo carregamento externo das paredes laterais — grandes deflexões das paredes, rachaduras e deflexões diferenciais nas juntas verticais; 3) suporte invertido da ancoragem e da fundação — sons de tambor, revestimento inchado e subpressão excessiva; 4) observação ou evidência de figuras típicas de fluxo hidráulico perigoso — ondas transversais, borda livre inadequada, subida na parede, superfícies não molhadas, distribuição não uniforme, subidas nas curvas horizontais, pressões negativas nas curvas verticais, pressão do fluxo e deposição; 5) sistema de drenagem operacional; 6) ingestão e expulsão de ar; 7) tendência para formação de salto nas canalizações; 8) flambagem e escorregamento de revestimento de talude; e 9) erosão de canais não revestidos.

8.9 Estruturas Terminais — 1) Inadequada dissipação de energia; 2) salto excessivo; 3) socava; 4) erosão retrogressiva; 5) perda de suporte de fundação da subestrutura da bacia defletora; 6) trajetória insegura e ataque do jato; e 7) ação erosiva perigosa das estruturas adjacentes à barragem ou outras estruturas críticas.

8.10 Canais de Retorno — 1) Queda prejudicada; 2) obstruções; 3) deslizamentos, abatimentos (“slumps”) e rachaduras nos taludes dos cortes; 4) erosão ou deposição, criando elevações ou velocidades perigosas no canal de fuga; e 5) evidência de correntes circulatórias destrutivas.

9. RESTITUIÇÕES

9.1 Generalidades — A maioria das observações feitas dos componentes das restituições é semelhante, em natureza e propósito, àquelas feitas para componentes do vertedouro, bacias amortecedoras, por exemplo.

9.2 Canais de Aproximação (Podem, Raramente, ser Diretamente Visíveis e Podem Requerer Vistoria Subaquática) – 1) Assoreamento e 2) deslizamentos e abatimentos (“slumps”) subaquáticos.

9.3 Estruturas de Tomada (Incluindo Torres Anexas, Inclínadas e Auto-suportadas, Tanto Molhadas como Secas) – 1) Ausência de volume morto; 2) colmatação; 3) soterramento em potencial, por deslizamentos e abatimentos (“slumps”); 4) dano ou destruição dos recursos de instalações de tampões de emergência e de serviço; 5) disponibilidade de tampões, guindastes e vigas pescadoras; e 6) operacionalidade de pontes de acesso.

9.4 Grades e Limpa-Grades – 1) Entupimento do espaçamento das barras, 2) entulhos alojados nas superfícies horizontais e 3) colapso.

9.5 Câmaras das Comportas, Comportas, Válvulas, Guinchos, Controles, Equipamento Elétrico e Dutos de Entrada de Ar – 1) Acessibilidade à estação de controle em quaisquer condições; 2) ventilação; 3) posições não autorizadas de comportas ou válvulas; 4) emperramento das vedações das comportas; 5) gripamento; 6) vazamento erosivo na vedação; 7) falha do sistema de lubrificação; 8) operacionalidade da drenagem e da bomba de poço; e 9) vulnerabilidade à cheia, sob pressão do reservatório, através de tubulações, derivações e coberturas da superfície da comporta na câmara.

9.6 Canalizações e Túneis – 1) Ver também 8.6, 2) percolação ou vazamento ao longo da periferia externa da canalização, 3) deformações de alongamento em canalizações, que se estendem através de aterros e 4) capacidade e operacionalidade das válvulas de alívio de ar e de vácuo nas canalizações.

9.7 Estruturas Terminais – Ver 8.9

9.8 Canais de Retorno – Ver 8.10

10. CERCANIAS

10.1 Reservatório – 1) Nível por ocasião da vistoria; 2) indicações de níveis recentes dignos de nota; 3) depressões e sumidouros nas superfícies expostas da bacia do reservatório;

4) potenciais de deslizamentos que desloquem massas d'água – árvores inclinadas, escarpas e distorções de encostas de colinas; 5) invasões da bacia de cheia; e 6) assoreamento afetando adversamente o carregamento da barragem e formando obstruções no canal de aproximação e em outros.

10.2 Revestimentos do Reservatório – Compactado, PCC (Concreto de Cimento Portland) e AC (Concreto Asfáltico), Lona – 1) Depressões e sumidouros; 2) erosão; e 3) dilaceramento por animal.

10.3 Proximidades de Jusante – 1) Nível de jusante por ocasião da vistoria, 2) nascentes ligadas ao reservatório, 3) percolação e vazamento perigosos, independentemente da fonte; e 4) obstruções do rio, criando níveis de jusante imprevistos, ou interferência com as capacidades do canal de queda do vertedouro e restituições.

10.4 Divisor de Águas – 1) Mudanças na superfície que possam afetar materialmente as características de escoamento.

10.5 Vizinhaça Regional – 1) Indicações de afundamento – sumidouros, valas, observação de afundamentos, recalques de edifícios, estradas e outras estruturas da região; 2) avaliação dos perfis do terreno e estrutura geológica regional; e 3) registros de extrações, prospecção e perspectivas de produção, produção acumulada e taxa de produção corrente de minerais, hidrocarbonetos e água do subsolo.

10.6 Leito Maior a Jusante – 1) Limites do canal natural, melhorado ou elevado; 2) áreas de inundação potencial – para cheia de projeto do vertedouro e para falha hipotética; 3) proximidade de áreas desenvolvidas; e 4) habitação, população, comunicação e corredores de transportes.



c . Modelo de Listas de Verificação de Vistoria Local

CONTEÚDO

	Página
Lista de Verificação para Critérios de Operação dos Projetistas e Procedimentos de Operação Vigentes	140
Lista de Verificação para vistoria de uma barragem de aterro (terra ou enrocamento)	141
Barragem	141
Vertedouro	143
Obras de Restituição	147
Elementos de Geração	151
Reservatório	152
Estrada de Acesso	152
Geologia	154
Lista de verificação para vistoria de uma barragem de concreto	157
Barragem	157
Encontros	158
Vertedouro	158
Obras de Restituição	161
Elementos de Geração	163
Reservatório	164
Estrada de Acesso	165
Geologia	166

As listas de verificação geral que se seguem são exemplos a serem seguidos, mas devem ser alteradas para se adaptar às características de uma barragem ou estrutura específica. Uma breve descrição incluindo dimensões, onde necessário, deve ser fornecida ao lado de cada elemento (Tampão da tomada, Estrutura da comporta, etc.).

C. MODELO DE LISTAS DE VERIFICAÇÃO DE VISTORIA LOCAL

.....	BARRAGEM
.....	EMPREENDIMENTO
.....	REGIÃO
Data da Vistoria	Estrutura Concluída
.....	
Estado Operacional na Ocasão da Vistoria:	
Superfície da Água no Reservatório-cota	 m
Armazenamento no Reservatório	 m ³
Nível Máximo de Operação-cota	 m
Cota Máxima da Superfície da Água no Reservatório	 m
Nível Máximo Histórico do Reservatório	 m
Descargas:	
Vertedouro	 m ³ /s
Obras de Restituição	 m ³ /s
Canal	 m ³ /s
Usina	 m ³ /s
Participantes da Vistoria	
Nome	Entidade
.....	
.....	
.....	
.....	

LISTA DE VERIFICAÇÃO PARA CRITÉRIOS DE OPERAÇÃO DOS PROJETISTAS E PROCEDIMENTOS DE OPERAÇÃO VIGENTES

	DOC	SOP
Datas de emissão e revisão		
A cópia na barragem é a vigente?		
As instruções são adequadas?		
As instruções foram compreendidas?		
São necessárias mudanças?		

PREPARO PARA EMERGÊNCIAS

Comunicações

Tipo

Normal

.....

De Reserva

.....

Adequação

.....

Procedimentos de Operação

Adequação

.....

Competência do pessoal

.....

Energia Auxiliar

Ensaio durante a vistoria

.....

Estado

.....

Adequação

.....

Controle Remoto

Ensaio durante a vistoria

.....

Estado

.....

Adequação

.....

Estradas de Acesso

Adequação sob condições adversas

Elementos de Segurança

Estado geral

Áreas reservadas

**LISTA DE VERIFICAÇÃO PARA VISTORIA
DE UMA BARRAGEM DE TERRA E/OU DE ENROCAMENTOS**

BARRAGEM

Paramento de Montante

Proteção do talude

Erosão das margens

Crescimento de vegetação

Recalque

Entulhos

Buracos (de animais) ou animais que
perfuram

Condições anormais

Paramento de Jusante

Sinais de movimento

Percolação ou áreas úmidas

Crescimento de vegetação

Formação de canais

Condição de proteção do talude

Buracos (de animais) ou animais que
perfuram

Condições anormais

Encontros	
Percolação	.....
Rachaduras, juntas e planos de estratificação	.....
Formação de canais	.....
Deslizamentos	.....
Vegetação	.....
Sinais de movimento	.....
 Crista	
Rachadura na superfície	.....
Durabilidade	.....
Recalque	.....
Movimento lateral (alinhamento)	.....
Arqueamento	.....
 Combinação de Percolação e Drenagem	
Localização (ões)	.....
Fluxo (s) estimado (s)	.....
Cor (manchas)	.....
Erosão da lâmina vertente	.....
Dreno de pé e poços de alívio	.....
 Medição	
Método	.....
Quantidade	.....
Mudança no fluxo	.....
Limpidez do fluxo	.....
Cor	.....
Finos	.....
Estado dos dispositivos de medição	.....
Registros	.....

Outros

.....	
.....	

Instrumentos de Avaliação do Desempenho

Poço piezométrico

Poço	.....
Piso congelado	.....
Ventilação	.....
Manômetros	.....
Erosão interna (“piping”)	.....
Segurança	.....

Pontos de recalque superficial	
--------------------------------	-------

Dispositivos de cruzetas (desvio, estação e deslocamento angular)	
---	-------

Medidor de nível do reservatório	
----------------------------------	-------

Sistema de prevenção de gelo	
------------------------------	-------

Outros

.....	
.....	
.....	
.....	

VERTEDOURO

Canal de Aproximação

Vegetação (árvores, arbustos, etc.)	
-------------------------------------	-------

Entulhos	
----------	-------

Deslizamentos acima do canal	
------------------------------	-------

Estabilidade do talude lateral do canal	
---	-------

Proteção, de troncos, contra flutuantes	.....
Proteção do talude	.....

Estruturas de Controle (Operação Observada)

Camada de Proteção

Estado da superfície	.....
Estado geral do concreto	.....
Movimento	.....
Recalque	.....
Juntas	.....
Rachaduras	.....

Crista

Estado da superfície	.....
Estado geral do concreto	.....
Rachaduras ou áreas de risco	.....
Sinais de movimento	.....

Muros

Estado da superfície	.....
Estado geral do concreto	.....
Movimentos (desvios)	.....
Rachaduras ou áreas de risco	.....
Recalque	.....
Juntas	.....
Drenos	.....
Aterro de enchimento	.....

Comportas

Estado	.....
Equipamento de guincho	.....
Equipamento de controle	.....

Ponte

Estado dos pilares	.....
Superfície do piso de rolamento	.....
Estado estrutural do piso e das vigas	.....
Mancais da ponte	.....
Estado geral	.....

Calha

Entulhos	
----------	-------

Muros

Estado da superfície	.....
Estado geral do concreto	.....
Movimento (desvios)	.....
Recalque	.....
Juntas	.....
Rachaduras ou áreas de risco	.....
Condição do aterro de enchimento	.....

Piso

Estado da superfície	.....
Estado geral do concreto	.....
Movimentos	.....
Recalque	.....
Juntas	.....
Drenos	.....
Rachaduras	.....

Galeria de drenagem

Estado geral do concreto	.....
Movimentos (desalinhamento da galeria)	.....
Rachaduras	.....
Drenos	.....
Quantidade do fluxo	.....

Localização dos drenos de recolhimento	.....
Ventilação	.....
Iluminação	.....
Bacia Amortecedora	
Entulhos na bacia	.....
Muros	.....
Estado da superfície	.....
Estado geral do concreto	.....
Movimentos (desvios)	.....
Recalque	.....
Juntas	.....
Rachaduras ou áreas de risco	.....
Condição do aterro de enchimento	.....
Piso (se visíveis)	
Estado da superfície	.....
Estado do concreto	.....
Rachaduras ou áreas de risco	.....
Movimento	.....
Juntas	.....
Erosão	.....
Canal de Restituição	
Proteção do talude	.....
Estabilidade dos taludes laterais	.....
Vegetação ou outras obstruções	.....
Outros	
.....	
.....	
.....	

OBRAS DE RESTITUIÇÃO

Obras de Entrada (se visíveis)

Grades	.....
Estrutura de concreto das grades	.....
Tampão da tomada	.....
Estado geral	.....
Revestimento protetor	.....
Vedações	.....
Túnel de entrada e de montante	.....
Estrutura da comporta	.....
Estado geral	.....
Vazamento	.....
Obras de metal (entrada de ar, cobertura, apoios das comportas, porta estanque de acesso)	.....
Estado geral	.....
Revestimento protetor	.....

Instalação de Controle de Emergência

Segurança

Comporta

Estado geral	.....
Revestimento protetor	.....
Cavitação	.....
Vazamento (fechada)	.....
Frequência de uso	.....
Operação na época da vistoria	.....

Sistema de controle

Mecânico	.....
Elétrico	.....
Adequação	.....

Acesso	
Concreto	.....
Obras de metal	.....
Ventilação	.....
Iluminação	.....
Vazamento	.....
Eixo da comporta	
Concreto	.....
Vazamento	.....
Obras de metal (itens da comporta, equipamento de manuseio de hastes)	
Estado geral	.....
Revestimento protetor	.....
Abrigo do guincho da comporta	
Estado geral	.....
Medidor de nível do reservatório	.....
Canalização de Restituição	
Obra de metal	
Estado geral	.....
Revestimento protetor	.....
Cavitação	.....
Concreto	
Estado geral	.....
Vazamento	.....
Recalque	.....
Ventilação	.....
Iluminação	.....

Instalação de Controle de Serviço

Cabine de comando de válvulas ou comportas

Estado geral	.....
Segurança	.....
Comporta (s)	.....
Estado geral	.....
Revestimento protetor	.....
Cavitação	.....
Vazamento (fechada)	.....
Frequência de uso	.....
Operação das comportas na época da vistoria	.....

Válvula (s)

Estado geral	.....
Revestimento protetor	.....
Cavitação	.....
Vazamento (fechada)	.....
Fluência	.....
Frequência de uso	.....
Operação das válvulas na época da vistoria	.....

Sistema de controle para as comportas e válvulas

Mecânico	.....
Elétrico	.....
Instruções de operação	.....

Outros

.....	
.....	
.....	
.....	

Bacia Amortecedora

Entulhos na bacia

Muros

Estado da superfície

Concreto

Juntas

Rachaduras

Aterro de enchimento

Movimento

Piso (se visível)

Estado da superfície

Revestimento de aço inoxidável

Concreto

Juntas

Sinais de deterioração

Rachaduras

Cavitação

Movimento

Canal de Restituição

Vegetação

Aglomerados de cascalho, etc.

Enrocamento de proteção (“riprap”)

Estabilidade dos taludes laterais

Outros

.

.

.

.

ELEMENTOS DE GERAÇÃO

(Se relacionados com a operação segura ou a integridade estrutural da barragem)

Estrutura da Tomada	.....
Grade	.....
Comporta-Ensecadeira (“Stoplog”)	.....
Comportas de Tomada	.....
Guincho da Comporta de Tomada	.....
Guindaste-Pórtico	.....
Mecânico	.....
Elétrico	.....
Pintura	.....
Instruções de operação	.....
Operação durante a vistoria	.....
Área de armazenamento	.....
 Conduto Forçado	
Estrutura da Casa de Força	
Teto	.....
Piso	.....
Paredes	.....
Subestrutura	.....
 Canal de Fuga	
Estrutura de fechamento do tubo de sucção	.....
Tampão do tubo de sucção	.....
Guindaste-pórtico	.....
 Unidade de Força de Reserva	
Estado	.....
Frequência de uso	.....

Elementos automáticos	.....
Operação durante a vistoria	.....

RESERVATÓRIO

Proteção, de Troncos, Contra Flutuantes	.....
Deslizamentos de Terra	.....
(Designação individual, localização para	.....
identificação e descrição)	.....
	
	
	
	
	
	
	
Outros	
.....	
.....	
.....	
.....	

ESTRADA DE ACESSO

Estado do Pavimento	.....
Valas	.....
Ponte	.....
Estado geral	.....
Vegetação nos encontros e pilares	.....
Suportes de ponte	.....

Fundações	.....
Subestrutura dos pilares	.....
Mancais da ponte	.....
Partes móveis	.....
Acúmulo de ninhos de pássaros, etc.	.....
Exame visual da proteção contra erosão	.....
Revestimentos protetores	.....
Membros suportantes principais	
Membros deteriorados e/ou danificados	.....
Revestimentos protetores	.....
Piso da ponte	
Estado geral	.....
Drenagem	.....
Juntas de dilatação	.....
Corrimãos	.....
Sinalização	.....
Capacidade de carga dinâmica	.....
Perda Potencial (Durante Emergência)	
.....	
.....	
.....	
.....	
Outros	
.....	
.....	
.....	
.....	

GEOLOGIA

Geologia Local		
Barragem		.....
		
		
Vertedouro		.....
		
		
Obras de restituição		.....
		
		
Encontros	Esquerdo	Direito
		
		
		
		
Feitios das juntas	.....	.....
Reservatório		.....
		
		
Percolação		
Local da barragem		.....
		
		
Canal a jusante		.....
		
		

Outros	.....
	
	
Características Físicas	
Falhas	.....
	
	
Camadas de argila	.....
	
	
Depressões	.....
	
	
Sumidouros	.....
	
	
Planos de Estratificação	.....
	
	
Camadas de cisalhamento	.....
	
	
Dissolução	.....
	
	
Outros	.....
	
	

Sismicidade**Ruptura na superfície**

.....
.....
.....

Inclinação do solo

.....
.....
.....

Potencial de liquefação

.....
.....
.....

Recalque

.....
.....
.....

Seiches

.....
.....
.....

Deslizamentos de Terra**Reservatório**

.....
.....
.....

Local da barragem

.....
.....
.....

Canal de jusante

.....
.....
.....

Outros

.....
.....
.....

LISTA DE VERIFICAÇÃO PARA VISTORIA DE UMA BARRAGEM DE CONCRETO

BARRAGEM

Paramento de Montante	.....
Paramento de Jusante	.....
Estado geral	.....
Percolação	.....
 Crista	
Desvios	.....
Estrada	.....
Caminhos	.....
Muro de parapeito	.....
Iluminação, etc.	.....
 Galerias	
Concreto	.....
Obra de metal	.....
Eletricidade	.....
Ventilação	.....
Percolação	.....
Drenos e drenagem (todos os drenos devem estar abertos)	.....
Frequência de limpeza ou verificação	.....
 Túneis da Fundação	
Generalidades	.....
Percolação	.....
 Instrumentação	
Estrutural	.....
Percolação	.....

Sistema de Prevenção Contra Gelo	
---	-------

Outros	
.....	
.....	
.....	
.....	

ENCONTROS

Fundação no Pé de Jusante da Barragem	Esquerdo	Direito
.....		

Vazamento em torno da barragem	.....	.....
Localização	.....	.....
Quantidade	.....	.....
Métodos de avaliação	.....	.....
Feitios das juntas	.....	.....

Outros	
.....	
.....	
.....	
.....	

VERTEDOURO

Estruturas de Controle	
Crista	.....
Orifícios	.....

Comportas e Controles

Tipo de comporta	.....
Estado geral	.....
Revestimentos protetores	.....
Vazamento (fechado)	.....
Frequência de uso	.....
Operação das comportas por ocasião da vistoria	.....

Controles para Comportas

Mecânico

Guinchos	.....
Cabos de aço	.....
Revestimentos protetores	.....

Elétrico

Controle remoto	.....
Suprimento de energia	.....
Energia de reserva	.....
Instruções de operação	.....

Portas de Tempo

Estado geral	.....
Revestimento protetor	.....
Frequência de uso	.....
Operação na ocasião da vistoria	.....

Controles para as Portas de Tempo

Mecânico

Guinchos	.....
Cabos de aço	.....
Revestimentos protetores	.....

Elétrico

Comportas-Ensecadeiras (“Stoplogs”)

Estado geral	.....
Revestimento protetor	.....
Vedações	.....

Bacia Amortecedora

Muros	.....
Piso	.....
Escoadouro	.....
Canal do rio abaixo da bacia	.....
Enrocamento de proteção (“riprap”)	.....
Erosão	.....
Vegetação	.....

Calha ou Túnel

Entulhos	.....
Muros	.....
Estado da superfície	.....
Estado geral do concreto	.....
Movimentos (desvios)	.....
Recalque	.....
Juntas	.....
Rachaduras ou áreas de risco	.....
Estado do aterro de enchimento	.....
Piso	.....
Estado da superfície	.....
Estado geral do concreto	.....
Movimentos	.....
Recalques	.....
Juntas	.....

Drenos	.....
Rachaduras	.....
Outros	
.....	
.....	
.....	
.....	

OBRAS DE RESTITUIÇÃO

Tomada

Grade	.....
Concreto	.....

Conduto de Restituição

Obra de metal	.....
Cavitação	.....

Instalações de Controle

Casa da comporta	.....
Guindaste	.....
Comportas e controles	.....
Estado geral	.....
Revestimentos protetores	.....
Cavitação	.....
Frequência de uso	.....
Operação na ocasião da vistoria	.....
Sistema de controle	.....
Remoto	.....
Energia auxiliar	.....

Mecânico	.....
Elétrico	.....
Instruções de operação	.....
Barreira de intempérie	
Estado geral	.....
Revestimento protetor	.....
Frequência de operação	.....
Operação na ocasião da vistoria	.....
Controle	.....
Tampão	
Disponibilidade	.....
Estado geral	.....
Revestimento protetor	.....
Vedações	.....
Bacia Amortecedora	
Entulhos na bacia	.....
Muros	.....
Estado da superfície	.....
Concreto	.....
Juntas	.....
Rachaduras	.....
Aterro de enchimento	.....
Movimento	.....
Piso (se visível)	
Estado da superfície	.....
Revestimento de aço inoxidável	.....
Concreto	.....
Juntas	.....
Sinais de deterioração	.....
Rachaduras	.....

Cavitação	.....
Movimento	.....
Canal de Restituição	
Vegetação	.....
Aglomerados de cascalho, etc.	.....
Enrocamento de proteção (“riprap”)	.....
Estabilidade dos taludes laterais	.....
Outros	
.....	
.....	
.....	
.....	

ELEMENTOS DE GERAÇÃO

(Se relacionados com a operação segura ou a integridade estrutural da barragem)

Estrutura de Tomada	.....
Grades	.....
Comporta-Ensecadeira (“Stoplog”)	.....
Comportas de Tomada	.....
Guinchos das Comportas de Tomada	.....
Guindaste-Pórtico	.....
Mecânico	.....
Elétrico	.....
Pintura	.....
Instruções de operação	.....
Operação durante a vistoria	.....
Área de armazenamento	.....

Conduto Forçado

Estrutura da casa de força	.....
Tetos	.....
Pisos	.....
Muros	.....
Subestrutura	.....

Canal de Fuga

Estrutura de fechamento do tubo de sucção	.....
Tampão do tubo de sucção	.....
Guindaste-pórtico	.....

Unidade de Energia de Reserva

Estado	.....
Frequência de uso	.....
Características automáticas	.....
Operação durante a vistoria	.....

Outros

.....	
.....	
.....	
.....	

RESERVATÓRIO

Proteção, de Troncos, Contra Flutuantes	.....
Medidor de Nível do Reservatório	.....

Deslizamentos de Terra	.....
(Designação individual, localização	
para a identificação e descrição)	.....
	
	
	
	
	
	
Outros	
.....	
.....	
.....	
.....	

ESTRADA DE ACESSO

Estado do Pavimento	.....
Valas	.....
Ponte	
Estado geral	.....
Vegetação nos encontros e pilares	.....
Suportes da ponte	.....
Fundações	.....
Subestrutura dos pilares	.....
Mancais das pontes	.....
Partes móveis	.....
Acúmulo de ninhos de pássaros, etc.	.....

Exame visual da proteção contra erosão	.....
Revestimentos protetores	.....
Membros suportantes principais	.....
Membros deteriorados ou danificados	.....
Revestimentos protetores	.....
Piso da ponte	
Estado geral	.....
Drenagem	.....
Juntas de dilatação	.....
Corrimãos	.....
Sinalização	.....
Capacidade de carga dinâmica	.....
Perda Potencial (Durante Emergência)	
.....	
.....	
.....	
Outros	
.....	
.....	
.....	

GEOLOGIA

Geologia Local

Barragem	.....
	
	

Vertedouro			.....
			
			
Obras de restituição			.....
			
			
Encontros	Esquerdo	Direito	
			
			
			
Feitios das juntas	.....		.....
			
Reservatório			.....
			
			
Percolação			
Local da barragem			.....
			
			
Canal a jusante			.....
			
			
Outros			.....
Características Físicas			
Falhas			.....
			
			

Camadas de argila	.....
	
	
Depressões	.....
	
	
Sumidouros	.....
	
	
Planos de estratificação	.....
	
	
Camadas de cisalhamento	.....
	
	
Dissolução	.....
	
	
Outros	.....
	
	
Sismicidade	
Ruptura na superfície	.....
	
	
Inclinação do solo	.....
	
	

Potencial de liquefação	.....
	
	
Recalque	.....
	
	
Seiches	.....
	
	
Deslizamentos de Terra	
Reservatório	.....
	
	
Local da barragem	.....
	
	
Canal de jusante	.....
	
	
Outros	.....
	
	

Centrais Elétricas Brasileiras SA

REG-056/86

Escritório Central
Av. Presidente Vargas 642 - 10.^a
Cidade Postal 1629
20019 Rio de Janeiro RJ Brasil
Telex 00210 22395 e 22329

Rio de Janeiro, March 17, 1986

Bureau of Reclamation
Engineering and Research Center,
Denver Federal Center, P. O. Box 25007,
Denver, Colorado 80225-0007, Attn. 922

Dear Sirs,

As perhaps you are aware, ELETRONORM is the main agency for planning, financing and coordinating the construction of the electric power supply in Brazil. This activity involves the design and construction of a very large number of dams.

We are therefore very much interested in translating to Portuguese your valuable publication "Safety Evaluation of Existing Dams" and we would appreciate your agreement.

Any income from the sales of the Portuguese version shall be reverted to the Brazilian electric power sector and to the Brazilian Committee of Large Dams.

Please let us know if you need any additional information to send us your agreement.

Very truly yours,


CARLOS A. P. AMARANTE
Director



United States Department of the Interior

BUREAU OF RECLAMATION

ENGINEERING AND RESEARCH CENTER

P O BOX 25007

BUILDING 67, DENVER FEDERAL CENTER

DENVER, COLORADO 80225-0007

PROJECT
NUMBER 0-3215

Airmail

APR 0 0 1986

Electrobras'
Attn Carlos A.P. Anarante, Director
Escritorio Central
Av. Presidente Vargas, 642-10.º
Caixa Postal 1639
20.079 Rio de Janeiro RJ Brasil

Gentlemen:

Regarding your letter of March 17 (Ref: DGE-056/86), permission is hereby granted for you to translate our "Safety Evaluation of Existing Dams" into Portuguese. We have only the following requests:

1. That the Bureau of Reclamation is clearly identified as the authoring agency.
2. That you provide two complimentary copies of the translated versions for our use and records.
3. That you provide information to us telling how the Portuguese versions may be ordered. We frequently receive requests about translated versions of our manuals and we like to know where to refer these requests.

We appreciate your interests in our works.

Very truly yours,

Lawrence D. Pedde
Technical Services Staff

MISSÃO DO BUREAU OF RECLAMATION (*)

O Bureau of Reclamation do Departamento do Interior dos Estados Unidos é responsável pelo desenvolvimento e pela conservação dos recursos hídricos da Nação no oeste dos Estados Unidos.

O objetivo original do Bureau — “prover a recuperação das terras áridas e semi-áridas do oeste” — cobre hoje uma vasta faixa de funções inter-relacionadas. Estas incluem fornecer suprimentos de água municipais e industriais; geração de energia hidrelétrica; controle de cheias; navegação fluvial; regularização e controle de rio; proteção às faunas aquática e terrestre; recreação ao ar livre; e pesquisas sobre projeto, construção, materiais e meteorologia relacionadas com recursos hídricos, assim como energia eólica e solar.

Os programas do Bureau muito freqüentemente são o resultado de estreita cooperação com o Congresso dos Estados Unidos, outras agências federais, estados, governos locais, instituições acadêmicas, organizações de usuários da água e outros grupos concernentes.

Um folheto intitulado “Publicações à Venda”, com a descrição de algumas publicações técnicas, o custo delas e como encomendá-las pode ser solicitado ao Bureau of Reclamation, Attn. D-922, P.O. Box 25007, Denver Federal Center, Denver CO 80225-0007 - Estados Unidos da América.

Nota do Tradutor: Bureau of Reclamation não se traduz, ficando como nome próprio da organização; ao pé da letra, significa “escritório de recuperação”.

Centro da Memória da Eletricidade no Brasil

**MEMÓRIA DA
ELETRICIDADE**