



PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM

- **PROGRAMA PERIÓDICO DE INSPEÇÃO E MONITORAMENTO/MANUTENÇÃO**
- **REVISÃO PERIÓDICA (REAVALIAÇÃO) DA SEGURANÇA DA BARRAGEM**
- **PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA (PAE)**

CGH CORREGO

Rio Indaiá Grande – MS

MARÇO / 2019

INDICE

PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM	7
➤ PROGRAMA PERIÓDICO DE INSPEÇÃO E MONITORAMENTO	7
1. INTRODUÇÃO	7
2. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR	7
3. DADOS TÉCNICOS	8
4. LEI DA POLÍTICA NACIONAL DE SEGURANÇA DE BARRAGENS	8
5. CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM QUANTO À CATEGORIA DE RISCO E DANO POTENCIAL	9
6. ÁREA DE INFLUÊNCIA A JUSANTE DA BARRAGEM DA CGH CORREGO	17
7. RELATÓRIOS DAS INSPEÇÕES DE SEGURANÇA	19
8. ARMAZENAMENTO DE DADOS	21
9. TRAMITAÇÃO DAS INFORMAÇÕES DAS INSPEÇÕES	22
10. CLASSIFICAÇÃO DE RISCO E MEDIDAS REPARADORAS	22
11. REVISÕES PERIÓDICAS DE SEGURANÇA	23
12. EQUIPE TÉCNICA	23
13. PROCEDIMENTOS INSPEÇÕES DE SEGURANÇA E DE MONITORAMENTO	24
13.1 CADASTRO TÉCNICO	24
13.2 CAMINHOS DE SERVIÇOS	26
13.3 CONSERVAÇÃO ROTINEIRA	26
13.3.1 Em toda Extensão da CGH	26
13.3.2 Sistemas de Drenagem	26
13.3.3 Hidromecânicos	26
13.4 INSPEÇÃO PERIÓDICA (ROTINEIRA)	27
13.4.1 Periodicidade	27
13.4.2 Nível de Segurança	28
13.4.3 Base Mínima de Observação, Registro e Mensuração	28
13.5 INSPEÇÕES CONDICIONADAS	30
13.5.1 Mapeamento de Anomalias	30
13.6 MONITORAMENTO DE ESTRUTURAS EM CONCRETO	31
13.6.1 Monitoramento das Fundação das Estruturas	32
13.6.2 Inspeção Visual para Detectar Anomalias	32
13.6.3 Procedimento no Caso de Anomalia	33

PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM – CGH CORREGO 2

13.7	PATOLOGIA E TERAPIA DAS ESTRUTURAS EM CONCRETO	33
13.7.1	Deterioração	33
13.7.1.1	Causas da Deterioração das Estruturas.....	33
13.7.1.2	Sintomas.....	34
13.7.1.2.1	Fissuras.....	35
13.7.1.2.2	Disgregações.....	35
13.7.1.2.3	Desagregações.....	35
13.7.1.2.4	Infiltração por Agentes Químicos.....	36
13.7.2	Diagnóstico	36
13.7.2.1	Corrosão da Armadura	37
13.7.2.2	Fissuração	38
13.8	INSPEÇÃO NAS ESTRUTURAS	38
13.8.1	Levantamento de Dados.....	38
13.8.2	Objetivo da Inspeção Inicial	39
13.8.3	Equipamentos Utilizados.....	40
13.8.4	Representação das Deteriorações.....	40
13.8.5	Verificação das Condições do Concreto e Aço	41
13.8.5.1	Reparos ou Recuperação de Pequena Monta.....	41
13.8.5.2	Reparos ou Recuperação de Grande Monta	41
13.9	ASPECTOS DA MANUTENÇÃO DAS ESTRUTURAS	42
13.9.1	Manutenção Estratégica	43
13.9.2	Manutenção Preventiva	43
13.9.3	Manutenção Esporádica.....	43
13.10	MONITORAMENTO DE ESTRUTURAS EM SOLO	44
13.10.1	Vistórias Periódicas	44
13.10.1.1	Itens a Serem Verificados	44
13.10.2	Investigações de Superfície.....	45
13.10.3	Levantamento de Campo.....	46
13.10.4	Levantamentos Topográficos	46
13.10.5	Recuperação de Taludes de Corte.....	47
13.10.6	Problemas em Estruturas em Solo (Geológico/Geotécnico)	49
13.10.6.1	Erosão	50
13.10.6.2	Desagregação Superficial em Taludes.....	51
13.10.6.3	Movimentos de Massa.....	51

13.10.6.4	Escorregamentos Devido à Inclinação	52
13.10.6.5	Escorregamentos por Descontinuidades	52
13.10.6.6	Escorregamentos por Percolação de Água	52
13.10.6.7	Escorregamentos em Aterros	52
13.10.6.8	Escorregamentos em Massas Coluviais	53
13.10.6.9	Queda e Rolamento de Blocos	53
13.10.7	Estabilização de Taludes	53
13.10.7.1	Modificação da Geometria	53
13.10.7.2	Obras de Drenagem	54
13.10.7.3	Drenos Horizontais Profundos	54
13.10.7.4	Valetas de Proteção de Corte e/ou Sarjetas	54
13.10.7.5	Dreno Sub-horizontal	55
13.10.7.6	Obras de Proteção Superficial	56
13.10.7.7	Revestimento Vegetal	56
13.10.7.8	Outras Obras	57
13.10.8	Instrumentação de Taludes	58
13.10.8.1	Marcos Topográficos	58
13.10.8.2	Fissurômetros	58
13.10.8.3	Extensômetros	58
13.10.8.4	Inclinômetros	58
13.10.8.5	Medidores de Nível d'água e/ou Piezômetros	59
14.	REAVALIAÇÃO DA SEGURANÇA DA BARRAGEM	59
14.1	DETALHES DA REAVALIAÇÃO	60
14.1.1	Classificação da barragem	60
14.1.2	Inspeção do local	60
14.1.3	Operação	60
14.1.4	Inspeção e monitoração do desempenho da barragem	60
14.1.5	Procedimento para a Operação em Regime de Cheias	61
15.	GESTÃO AMBIENTAL	61
15.1	GESTÃO AMBIENTAL DO EMPREENDIMENTO	63
15.1.1	Recuperação de Áreas Degradadas	65
15.1.2	Proteção Vegetal	65
15.1.2.1	Gramma em Leivas ou Mudas	66
15.1.2.2	Hidrossemeadura	66

15.1.2.3 Árvores e Arbustos	67
15.1.2.4 Controle Tecnológico e de Acabamento	67
15.1.2.5 Materiais Utilizados	67
15.1.2.5.1 Sementes e Leivas	67
15.1.2.5.2 Mudanças	68
15.1.2.5.3 Adubos e Corretivos	68
15.1.2.5.4 Terra Vegetal	68
15.2 MONITORAMENTO AMBIENTAL	68
➤ PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA (PAE)	69
16. CONCEITOS FUNDAMENTAIS	69
16.1 RISCO ESTRUTURAL/GEOLÓGICO/HIDROLÓGICO	69
16.2 LEVANTAMENTO DE DADOS	70
16.3 MAPEAMENTO	70
16.3.1 Trabalho de Campo	70
16.3.2 Trabalho de Escritório	70
16.3.3 Representação das Informações	71
16.3.4 Representação cartográfica	73
16.4 CLASSIFICAÇÃO DOS RISCOS	74
17. EVENTOS EXCEPCIONAIS E FATORES DE RISCO	75
17.1 ABALOS SÍSMICOS	76
17.2 ENCHENTE NATURAL	77
17.3 ENCHENTE ARTIFICIAL	78
17.4 EROSÕES, ABATIMENTOS E TRINCAMENTOS SIGNIFICATIVOS NA BARRAGEM OU OMBREIRAS	78
17.5 DESLIZAMENTOS DE TALUDES NATURAIS	78
17.6 FALHA NA OPERAÇÃO DA USINA	79
17.7 FALTA DE MANUTENÇÃO	79
17.8 RUPTURA DA BARRAGEM	80
17.8.1 Ruptura em Desenvolvimento Lento	80
17.8.2 Ruptura em Progressão	80
17.8.3 Ruptura Iminente	80
17.9 PREVENÇÃO DE ACIDENTES GEOLÓGICOS	81
17.10 PLANOS PREVENTIVOS	81
17.10.1 Fase de Elaboração	81

17.10.2 Fase de Implantação	82
17.10.3 Fase de Operação de Emergência e Acompanhamento	82
17.10.4 A fase de Avaliação	83
17.11 PLANEJAMENTO PARA SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA	83
17.12 ETAPAS DOS ATENDIMENTOS EMERGENCIAIS	84
17.13 INFORMAÇÕES E TREINAMENTO	84
17.14 RESPONSABILIDADES	85
17.14.1 Proprietário da Usina	85
17.14.2 Notificações	85
17.14.3 Fluxograma de Notificações	86
17.14.4 Evacuação	87
17.14.5 Determinação de uma Situação de Emergência	87
17.15 AÇÕES PREVENTIVAS	87
17.15.1 Vigilância	87
17.15.2 Queda de Energia	87
17.15.3 Acesso ao Local da Usina	87
17.15.4 Contato em Feriados e Finais de Semana	88
17.15.5 Condições Atmosféricas Adversas	88
17.15.6 Suprimentos de Emergência	88
17.16 CONCLUSÃO	88

PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM

➤ PROGRAMA PERIÓDICO DE INSPEÇÃO E MONITORAMENTO

1. INTRODUÇÃO

A empresa HIDROELÉTRICA CORREGO LTDA., juntamente com a equipe técnica da TRSUL Engenharia Ltda., elaborou e está implantando o programa de inspeção/monitoramento e o plano de segurança da barragem contendo ações periódicas e de emergência, com o objetivo de estabelecer parâmetros e um roteiro básico para orientar os procedimentos a serem adotados visando garantir a qualidade da energia produzida, bem como a segurança das estruturas envolvidas e da comunidade adjacente.

O programa visa atender as exigências dos órgãos fiscalizadores (IMASUL/MS, ANEEL, SINDEC, SNISB, entre outros) bem como formar um banco de dados para poder ter o controle e o histórico da CGH. Este programa segue todas as recomendações contidas na Lei Federal nº 12.334, de 20 de setembro de 2010.

Programas de qualidade na produção de energia elétrica englobam os conceitos de conservação e manutenção, buscando manter a Usina em pleno funcionamento, atendendo com eficiência a demanda requerida.

Pretende-se também:

- Definir requisitos mínimos de segurança;
- Uniformizar os critérios empregados na sua avaliação;
- Permitir uma supervisão consistente, da segurança da barragem, de modo a conduzir à execução de melhorias, que contribuam para o aumento da segurança dessas estruturas;

2. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR

Razão Social : HIDROELÉTRICA CORREGO LTDA

CNPJ n.º 23.244.469/0001-71

Diretor Presidente: Paul Illich

Telefone contato: (42) 3632-1022 / 99977-0866

e-mail: alessandro@illich.com

Endereço Administrativo: Av. Alemanha, 512 – Distrito Entre Rios – CEP 85.138-600 – Guarapuva – PR

Fones: (42) 3632-1022 / 99977-0866

Endereço Operacional: Estrada MS229 S/Número, km 42, Zona Rural, 79.560-000 – Chapadão do Sul - MS

3. DADOS TÉCNICOS

No local do empreendimento encontra-se o projeto executivo elaborado pela TRSUL Engenharia Ltda, contendo todos os dados técnicos da CGH Córrego e estará também disponível o projeto executivo como construído “as built”.

4. LEI DA POLÍTICA NACIONAL DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

A Lei federal 12.334, de 20 de setembro de 2010, estabelece a Política Nacional de Segurança e cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens. Esta Lei é aplicada a barragens destinadas à acumulação de água para usos múltiplos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais que apresentem pelo menos uma das características constante no seu Art. 1º parágrafo único.

Segue o Art. 1º da Lei Federal 12.334, e grafados em azul os dados da CGH Corrego em comparação ao que determina a presente lei:

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

Parágrafo único. Esta Lei aplica-se a barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais que apresentem pelo menos uma das seguintes características:

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

ponto mais alto igual a 8,50 m (descarga de fundo) e ponto mais alto da soleira vertente (vertedouro) igual a 6,30 m.

*II - capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000m³ (três milhões de metros cúbicos);=> **CGH Corrego capacidade total do reservatório no nível normal igual a 93.156,995 m³.***

*III - reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis; => **CGH Córrego reservatório utilizado para represamento do rio (água) para geração de energia elétrica.***

*IV - categoria de dano potencial associado, médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas, conforme definido no art. 6º. => **CGH Córrego apresenta dano potencial associado baixo, conforme item 3 abaixo.***

Em análise a aplicação da Lei Federal 12.334 conforme citado acima, vemos que a barragem da CGH Córrego não se enquadra no parágrafo único quanto a aplicação da Lei neste caso, mas mesmo assim este plano de segurança segue as recomendações da citada lei federal.

5. CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM QUANTO À CATEGORIA DE RISCO E DANO POTENCIAL

As barragens são classificadas pelos agentes fiscalizadores, por categoria de risco, por dano potencial associado e pelo seu volume, com base em critérios gerais estabelecidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH).

As matrizes a seguir estabelecem uma pontuação que irá determinar a categoria de risco da barragem. Seguem as matrizes da CGH Córrego devidamente marcadas, bem como o resultado final da avaliação:

ANEXO II - MATRIZ PARA BARRAGENS DE ACUMULAÇÃO DE ÁGUA
CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM QUANTO À CATEGORIA DE RISCO E DANO POTENCIAL

NOME DA BARRAGEM	CGH CORREGO
NOME DO EMPREENDEDOR	HIDROELÉTRICA CÓRREGO LTDA.
DATA:	10/03/2019

II.1 - CATEGORIA DE RISCO		Pontos
1	Características Técnicas (CT)	11
2	Estado de Conservação (EC)	3
3	Plano de Segurança de Barragens (PS)	3
PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PS		17

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	CATEGORIA DE RISCO	CRI
	ALTO	> = 60 ou EC*=8 (*)
	MÉDIO	35 a 60
	BAIXO	< = 35

(*) Pontuação (8) em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTA e necessidade de providencias imediatas pelo responsável da barragem.

II.2 - DANO POTENCIAL ASSOCIADO		Pontos
DANO POTENCIAL ASSOCIADO (DPA)		16

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	DANO POTENCIAL ASSOCIADO	DPA
	ALTO	≥ 16
	MÉDIO	$10 < DP < 16$
	BAIXO	≤ 10

RESULTADO FINAL DA AVALIAÇÃO:

CATEGORIA DE RISCO	BAIXO
DANO POTENCIAL ASSOCIADO	ALTO

II.1 - MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO À CATEGORIA DE RISCO (ACUMULAÇÃO DE ÁGUA)					
1 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS - CT					
Altura (a)	Comprimento (b)	Tipo de Barragem quanto ao material de construção (c)	Tipo de fundação (d)	Idade da Barragem (e)	Vazão de Projeto (f)
Altura $\leq 15m$ (0)	comprimento $\leq 200m$ (2)	Concreto Convencional (1)	Rocha sã (1)	entre 30 e 50 anos (1)	Decamilenar ou CMP (Cheia Máxima Provável) - TR = 10.000 anos (3)

15m < Altura < 30m (1)	Comprimento > 200m (3)	Alvenaria de Pedra / Concreto Ciclópico / Concreto Rolado - CCR (2)	Rocha alterada dura com tratamento (2)	entre 10 e 30 anos (2)	Milenar - TR = 1.000 anos (5)
30m ≤ Altura ≤ 60m (2)	-	Terra Homogenea /Enrocamento / Terra Enrocamento (3)	Rocha alterada -sem tratamento / Rocha alterada fraturada com tratamento (3)	entre 5 e 10 anos (3)	TR = 500 anos (8)
Altura > 60m (3)	-	-	Rocha alterada mole / Saprolito / Solo compacto (4)	< 5 anos ou > 50 anos ou sem informação (4)	TR < 500 anos ou Desconhecida / Estudo não confiavel (10)
-	-	-	Solo residual / aluvião (5)	-	-

CT = ∑ (a até f):	11
------------------------------	-----------

Observação: Para cada coluna da matriz, hachurar/destacar a respectiva classificação do empreendimento.

II.2 - MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO DANO POTENCIAL ASSOCIADO - DPA (ACUMULAÇÃO DE ÁGUA)			
Volume Total do Reservatório para barragens de uso múltiplo ou aproveitamento energético (s)	Potencial de perdas de vidas humanas (t)	Impacto ambiental (u)	Impacto sócio-econômico (v)
Pequeno $< = 5\text{hm}^3$ (1)	INEXISTENTE (Não existem pessoas permanentes/residentes ou temporárias/transitando na área a jusante da barragem) (0)	SIGNIFICATIVO (quando a área afetada da barragem não representa áreas protegidas em legislação específica ou encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais) (3)	INEXISTENTE (Quando não existem quaisquer instalações e serviços de navegação na área afetada por acidente da barragem) (0)
Médio $5 \text{ a } 75\text{hm}^3$ (2)	POUCO FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local. (4)	MUITO SIGNIFICATIVO (quando a área afetada da barragem apresenta interesse ambiental relevante ou protegida em legislação específica) (5)	BAIXO (quando existe pequena concentração de instalações residenciais e comerciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura na área afetada da barragem) (4)
Grande $75 \text{ a } 200\text{hm}^3$ (3)	FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal ou estadual ou federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas. (8)	-	ALTO (quando existe grande concentração de instalações residenciais e comerciais, agrícolas, industriais, de infraestrutura e serviços de lazer e turismo na área afetada da barragem ou instalações portuárias ou serviços de navegação) (8)
Muito Grande $> 200\text{hm}^3$ (5)	EXISTENTE (Existem pessoas ocupando permanentemente a área a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas. (12)	-	-

DPA = \sum (s até v):	16
-------------------------------------------	-----------

Observação: Para cada coluna da matriz, hachurar/destacar a respectiva classificação do empreendimento.

II.1 - MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO À CATEGORIA DE RISCO (ACUMULAÇÃO DE ÁGUA)				
3 - PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM - PS				
Existência de documentação de projeto (n)	Estrutura organizacional e qualificação técnica dos profissionais da equipe de Segurança da Barragem (o)	Procedimentos de roteiros de inspeções de segurança e de monitoramento (p)	Regra operacional dos dispositivos de descarga da barragem (q)	Relatórios de inspeção de segurança com análise e interpretação (r)
Projeto executivo e "como construído" (0)	Possui estrutura organizacional com técnico responsável pela segurança da barragem (0)	Possui e aplica procedimentos de inspeção e monitoramento (0)	Sim ou Vertedouro tipo soleira livre (0)	Emite regularmente os relatórios (0)
Projeto executivo ou "como construído" (2)	Possui técnico responsável pela segurança da barragem (4)	Possui e aplica apenas procedimentos de inspeção (3)	Não (6)	Emite os relatórios sem periodicidade (3)

Projeto básico (4)	Não possui estrutura organizacional e responsável técnico pela segurança da barragem (8)	Possui e não aplica procedimentos de inspeção e monitoramento (5)	-	Não emite os relatórios (5)
Anteprojeto ou Projeto conceitual (6)	-	Não possui e não aplica procedimentos para monitoramento e inspeções (6)	-	-
inexiste documentação de projeto (8)	-	-	-	-

PS = \sum (n até r):	3
------------------------	----------

Observação: Para cada coluna da matriz, hachurar/destacar a respectiva classificação do empreendimento.

II.1 - MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO À CATEGORIA DE RISCO (ACUMULAÇÃO DE ÁGUA)

2 - ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC

Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (g)	Confiabilidade das Estruturas de Adução (h)	Percolação (i)	Deformações e Recalques (j)	Deterioração dos Taludes / Paramentos (l)	Eclusa (*) (m)
Estruturas civis e eletromecânicas em pleno funcionamento / canais de aproximação ou de restituição ou vertedouro (tipo soleira livre) desobstruídos (0)	Estruturas civis e dispositivos hidroeletromecânicos em condições adequadas de manutenção e funcionamento (0)	Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0)	Inexistente (0)	Inexistente (0)	Não possui eclusa (0)
Estruturas civis e eletromecânicas preparadas para a operação, mas sem fontes de suprimento de energia de emergência / canais ou vertedouro (tipo soleira livre) com erosões ou obstruções, porém sem riscos a estrutura vertente. (4)	Estruturas civis comprometidas ou Dispositivos hidroeletromecânicos com problemas identificados, com redução de capacidade de adução e com medidas corretivas em implantação (4)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes ou ombreiras estabilizada e/ou monitorada (3)	Existência de trincas e abatimentos de pequena extensão e impacto nulo (1)	Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de arbustos de pequena extensão e impacto nulo. (1)	Estruturas civis e eletromecânicas bem mantidas e funcionando (1)
Estruturas civis comprometidas ou Dispositivos hidroeletromecânicos com problemas identificados, com redução de capacidade de adução e com medidas corretivas em implantação / canais ou vertedouro (tipo soleira livre) com erosões e/ou parcialmente obstruídos, com risco de comprometimento da estrutura vertente. (7)	Estruturas civis comprometidas ou Dispositivos hidroeletromecânicos com problemas identificados, com redução de capacidade de adução e sem medidas corretivas (6)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes ou ombreiras sem tratamento ou em fase de diagnóstico (5)	Trincas e abatimentos de impacto considerável gerando necessidade de estudos adicionais ou monitoramento. (5)	Erosões superficiais, ferragem exposta, crescimento de vegetação generalizada, gerando necessidade de monitoramento ou atuação corretiva. (5)	Estruturas civis comprometidas ou Dispositivos hidroeletromecânicos com problemas identificados e com medidas corretivas em implantação (2)
Estruturas civis comprometidas ou Dispositivos hidroeletromecânicos com problemas identificados, com redução de capacidade de adução e sem medidas corretivas/ canais ou vertedouro (tipo soleira livre) obstruídos ou com estruturas danificadas (10)	-	Surgência nas áreas de jusante, taludes ou ombreiras com carreamento de material ou com vazão crescente. (8)	Trincas, abatimentos ou escorregamentos expressivos, com potencial de comprometimento à segurança (8)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento à segurança. (7)	Estruturas civis comprometidas ou Dispositivos hidroeletromecânicos com problemas identificados e sem medidas corretivas (4)

EC = \sum (g até m):	3
------------------------------------------	----------

Observação: Para cada coluna da matriz, hachurar/destacar a respectiva classificação do empreendimento.

6. ÁREA DE INFLUÊNCIA A JUSANTE DA BARRAGEM DA CGH CORREGO

Foram cadastradas as seguintes benfeitorias localizadas próximas ao rio Indaia Grande, que serão influenciadas pelas águas vertidas. Foi percorrido o leito do rio, sendo obtidas as seguintes distâncias:

- da barragem da CGH Córrego até a ponte municipal existente são 3,50 km;
- da barragem da CGH Córrego até duas propriedades existentes são 4,75 km (benfeitorias localizadas na margem direita do rio);
- da barragem da CGH Córrego até a barragem da PCH Lajeado são 25,72 km.



Figura 01 - Área de influência a jusante da barragem – a ponte municipal fica distante 3,50 km da Barragem da CGH Córrego



Figura 02 - Área de influência a jusante da Barragem – as duas casas de moradores ficam distante 4,75 km da barragem da CGH Córrego



Figura 03 - Área de influência a jusante da CGH Córrego – a Barragem da PCH Lajeado fica distante 25,72 km da barragem da CGH Córrego.

7. RELATÓRIOS DAS INSPEÇÕES DE SEGURANÇA

A avaliação das condições de segurança das estruturas da barragem requer a realização de inspeções periódicas de campo, durante toda a vida útil da barragem. O programa geral de inspeção, para a CGH Corrego é exclusivamente de campo baseado nas inspeções visuais, gerando ao final das inspeções relatórios específicos.

No programa de inspeção descrito a seguir, abordam-se os procedimentos que devem orientar as inspeções de campo, que tem por objetivo detectar deteriorações em potencial e alertar sobre condições que podem conduzir as estruturas da barragem, progressivamente, ao comprometimento de suas condições de segurança. A realização de inspeções cuidadosas e regulares deve indicar tendências, e não apenas valores absolutos, pois as deteriorações tendem a ocorrer de modo progressivo ao longo do tempo.

Os técnicos responsáveis pelas inspeções deverão ser treinados para tal, no sentido de aproveitar as circulações diárias nas estruturas, barragens e outros locais, para o registro de eventuais deteriorações e/ou anomalias. Estes técnicos deverão ser instruídos sobre a importância do registro de toda observação relevante que fizerem.

As inspeções deverão ser classificadas em quatro categorias:

- **Inspeção Rotineira ou Informal:** é aquela que será conduzida pelos técnicos envolvidos na operação do empreendimento, consistindo em inspeções visuais efetuadas em suas visitas rotineiras às estruturas civis, ou para a execução de tarefas diversas ligadas a área de operação. Não necessita, normalmente, de planilha detalhada para o registro de dados. Não gera relatório específico, mas apenas o relato para os responsáveis imediatos, de anomalias ou eventuais problemas encontrados. Para tanto, é recomendável que tais operadores sejam submetidos periodicamente a treinamento, para alertá-los sobre os problemas que podem ocorrer em estruturas de barramento.
- **Inspeção Periódica:** deve ser realizada em datas específicas, podendo para isto utilizar a supervisão de um técnico especialista. Neste caso, tais técnicos devem estar

devidamente treinados para a tarefa, incluindo um estudo sucinto dos documentos de projeto, dos registros existentes e um histórico das intervenções já realizadas, ou dos pontos relevantes de projeto, seguido das inspeções de campo. Requer o emprego de planilhas detalhadas para sua execução, registro fotográfico, com os seus resultados sendo apresentados em um relatório apropriado.

- **Inspeção Formal:** deve ser executada por equipe multidisciplinar de especialistas, envolvendo engenheiros das áreas de hidráulica, geologia/geotecnia, estruturas, tecnologia do concreto e instrumentação (auscultação) de barragens. Há a necessidade de familiarização com o histórico das estruturas e com os procedimentos eventualmente empregados nas obras de reparo já realizadas. Para atender a estes requisitos é imprescindível que a equipe efetue um estudo detalhado dos documentos de projeto, dos registros existentes e do histórico das intervenções passadas, comparando-os com o atual estado do barramento. As inspeções de campo devem englobar todos os aspectos relevantes das estruturas, incluindo detalhes de operação dos equipamentos mecânicos relacionados com a segurança da barragem. Podem-se empregar planilhas detalhadas para sua execução e registro fotográfico. Os resultados desta inspeção devem constar de um relatório final, contendo uma análise das condições de segurança das estruturas, bem como com conclusões e recomendações sobre as obras de reparo eventualmente necessárias.
- **Inspeção Especial:** consiste na observação de aspectos particulares da barragem e suas estruturas anexas, por ocasião de eventos não rotineiros, tais como o rebaixamento do nível d'água do reservatório ou paradas dos equipamentos de geração. Encaixam-se neste item as inspeções subaquáticas e os levantamentos topobatimétricos. Esta inspeção requer relatório específico elucidando as conclusões e recomendações pertinentes.

A Tabela 01 a seguir apresenta a frequência na qual devem ser realizadas as inspeções acima definidas.

Tipo de Inspeção	Freqüência	Observação
Rotineira	Diária a semanal	Associada às Atividades Rotineiras de Operação da CGH
Periódica	Anual	Obrigatoriamente Gerando Relatório Específico
Formal	5 anos	Obrigatoriamente Gerando Relatório Específico
Especial	--	Associada a Eventos Especiais, Obrigatoriamente Gerando Relatório Específico

Tabela 01 – Freqüência das Inspeções de Campo

As freqüências de inspeção apresentadas devem ser entendidas como mínimas e serem intensificadas sempre que forem observadas anomalias ou outras ocorrências excepcionais.

Apresentam-se no Anexo 01, um conjunto de planilhas orientativas contendo a relação das providências a serem adotadas e uma descrição dos principais itens a serem inspecionados, os quais deverão ser empregados para subsidiar as Inspeções Rotineiras e Periódicas. Estas planilhas visam padronizar o registro das eventuais anomalias constatadas nas inspeções de campo.

8. ARMAZENAMENTO DE DADOS

Como as inspeções de campo são registradas manualmente, as mesmas deverão ao final de cada evento de inspeção ser armazenadas em arquivos eletrônicos. O armazenamento deverá ser feito em planilhas eletrônicas do tipo Excel, da Microsoft, ou similar, com atualização imediata dos valores e gráficos. Nos registros magnéticos de rotina, deverá constar no mínimo a data, hora e os níveis de montante e jusante do barramento.

Durante os trabalhos diários, detecção de eventuais anomalias observadas em qualquer local da CGH devem ser registradas através de fotografias digitais. Tais informações deverão ser arquivadas em meio magnético, com apoio de programas do tipo Word, da Microsoft, ou similares.

Ao final de cada inspeção, devem ser feitos backup dos arquivos eletrônicos atualizados.

O local de armazenamento (computador e pasta) deve ser de conhecimento de mais de uma pessoa, para permitir a fácil rastreabilidade dos dados.

9. TRAMITAÇÃO DAS INFORMAÇÕES DAS INSPEÇÕES

As planilhas das inspeções, relatórios e registros fotográficos deverão ser encaminhados para as seguintes pessoas responsáveis pelas medidas corretivas, se necessário:

- Sr. Alessandro Illich, alessandro@illich.com
- Sr. Paul Illich, paul@illich.com

10. CLASSIFICAÇÃO DE RISCO E MEDIDAS REPARADORAS

Todas as barragens podem ser classificadas quanto às conseqüências de uma ruptura potencial, onde devem ser considerados, entre outros pontos, os seguintes fatores: Existência de população a jusante, danos ao meio ambiente, danos à infraestrutura e danos materiais. A Eletrobrás preconiza a seguinte classificação de risco para barragens.

Conseqüência da Ruptura	Perda de Vidas Humanas	Econômico, Social e Ambiental
Muito Alta	Significativa	Dano Excessivo
Alta	Alguma	Dano Substancial
Baixa	Nenhuma	Dano Moderado
Muito Baixa	Nenhuma	Dano Mínimo

Tabela 02 – Classificação de Risco da Barragem

No caso da CGH Córrego, a mesma se enquadra como conseqüência da ruptura como **MUITO BAIXA**, possível perda de vidas humanas **ALGUMA** e **DANO MODERADO** considerando os fatores Econômico, Social e Ambiental.

As medidas corretivas devem ser executadas com devido registro em forma de relatório específico, registros fotográficos, gráficos e planilhas. Estes documentos devem descrever e detalhar a situação que caracterizou a necessidade da intervenção, processos realizados durante a intervenção e a situação após a conclusão das atividades. Este documento é de suma importância para o histórico da obra. Sempre quando uma medida corretiva tiver sido implementada, o acompanhamento da região

deve ser intensificado até que o problema esteja solucionado e a condição de operação da estrutura volte a sua normalidade.

11. REVISÕES PERIÓDICAS DE SEGURANÇA

A periodicidade de atualização, a qualificação do responsável técnico, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento dos planos de segurança deverão ser estabelecidos pelo órgão fiscalizador. As exigências indicadas nas inspeções periódicas de segurança da barragem deverão ser contempladas nas atualizações do Plano de Segurança.

Deverá ser realizada Revisão Periódica de Segurança de Barragem com o objetivo de verificar o estado geral de segurança da barragem, considerando o atual estado da arte para os critérios de projeto, a atualização dos dados hidrológicos e as alterações das condições a montante e a jusante da barragem.

A Revisão Periódica de Segurança de Barragem deve indicar as ações a serem adotadas pelo empreendedor para a manutenção da segurança da barragem, compreendendo, para tanto:

I - o exame de toda a documentação da barragem, em particular dos relatórios de inspeção;

II - o exame dos procedimentos de manutenção e operação adotados pelo empreendedor;

III - a análise comparativa do desempenho da barragem em relação às revisões efetuadas anteriormente.

12. EQUIPE TÉCNICA

A equipe técnica envolvida na operacionalização da CGH possui conhecimento teórico e prático, bem como de conceitos básicos, de manutenção e conservação, para identificação rápida de possíveis anomalias, bem como, a tomada de decisão, para o não agravamento de determinadas anomalias caso ocorram, que poderão levar a CGH, a não atingir suas metas programadas.

A equipe técnica envolvida nos trabalhos de inspeção e monitoramento da CGH deverá composta de:

- 02 técnicos exclusivos no acompanhamento da CGH;
- 01 coordenador geral.

13. PROCEDIMENTOS INSPEÇÕES DE SEGURANÇA E DE MONITORAMENTO

Este manual de procedimentos contém roteiros de inspeções de segurança e de monitoramento sendo elaborado visando a elaboração de relatórios de inspeções de segurança da barragem.

13.1 CADASTRO TÉCNICO

É necessário que cada estrutura seja convenientemente cadastrada, de modo que se estabeleça o mais conveniente sistema de base de dados ao longo de sua história. Desta forma, os trabalhos de manutenção estratégica de cada estrutura contemplariam, pelo menos, as seguintes fases:

- cadastramento;
- inspeções periódicas;
- inspeções condicionadas;
- serviços de limpeza;
- reparos de pequena monta caso necessário;
- reparos de grande monta caso necessário;
- reforços caso necessário.

O cadastramento da estrutura é fundamental, para o acompanhamento através de planilhas, que deverão ser preenchidas pelo pessoal técnico responsável pela manutenção e/ou operacionalização da CGH. Com base no cadastramento da estrutura é possível manter-se um efetivo controle das atividades rotineiras de inspeção, programar e registrar, adequadamente, os reparos ou reforços porventura necessários durante sua vida útil.

O cadastro deverá ser centralizado no próprio local da CGH, e deverá ser mantido em arquivos bem organizados e de fácil acesso.

Assim, é imprescindível, para uma boa manutenção, que o cadastro contenha, pelo menos, os seguintes elementos:

- projetos arquitetônico, estrutural, de fundação, de instalações, etc.
- intervenções técnicas já realizadas;
- registro da vistoria cadastral (recebimento da obra);
- registro de vistorias de rotina porventura já realizadas;
- documentação fotográfica;

Além disto, e na medida do possível, deve ser preparada uma ficha-resumo, contendo os dados básicos da CGH, relativos a geometria, época da execução, materiais utilizados, ocorrências durante a construção, etc., onde devem também ser claramente anotados quais são os pontos ou locais da estrutura que poderão vir a ter problemas em virtude de falhas de projeto ou de execução, ou mesmo os que sejam considerados como os mais vulneráveis, para que sejam mais cuidadosamente observados quando da realização das inspeções periódicas e até venham a ser objeto de programação de inspeções especiais.

Na vistoria cadastral, que se segue imediatamente à conclusão da obra, devem ser anotadas possíveis anormalidades observadas, tais como fissuras, flechas excessivas, recalques já estabilizados (ou que ainda estejam em andamento), e outros, que devem ser mapeados e registrados através de desenhos esquemáticos e registros fotográficos, para posterior transcrição para a ficha-resumo do cadastro da estrutura. A vistoria e a ficha-resumo deverão ser realizadas por um engenheiro estrutural que, necessariamente, tenha comprovada experiência no campo da Patologia das Estruturas.

A empresa HIDROELETRICA CORREGO usará o "projeto como construído" para realização de um cadastro técnico detalhado das estruturas que compõem a CGH, em forma de planta geral, abordando localização, perfil hidráulico, acessos, etc.

O objetivo do cadastro técnico na CGH:

- identificar rapidamente, a posição dos elementos que compõe a estrutura da CGH;
- no caso de qualquer anomalia, identificar com os pontos de referência, o local do mesmo;
- facilitar o levantamento de áreas atingidas no caso de sinistro;
- possibilitar a qualquer funcionário, a identificação e localização, para elaboração

de relatório;

- facilita também as ações preventivas e/ou corretivas, bem como, a elaboração de notas de serviço.

13.2 CAMINHOS DE SERVIÇOS

São conservados caminhos de serviço para possibilitar o acesso rápido e eficiente as estruturas que compõe a CGH, que permitem a inspeção/monitoramento, e também, o acesso para os serviços de manutenção/conservação, de forma a garantir o trânsito mesmo em condições climáticas desfavoráveis.

Sabendo-se que na ausência ou havendo dificuldades de acesso ao local o apoio logístico pode ser prejudicado.

13.3 CONSERVAÇÃO ROTINEIRA

13.3.1 Em toda Extensão da CGH

São realizados os serviços de capina manual ou mecânica periodicamente em toda a extensão da CGH, visando manter limpo numa faixa de no mínimo 2 (dois) metros de largura a partir de cada estrutura, os resíduos são disponibilizados de tal forma, que não acumulam-se próximo a barragem e/ou tomada d'água, evitando com isso que sejam carreados para dentro dos mesmos.

A área limpa próximo as estruturas permite uma inspeção visual, rápida e mais apurada. Constatando facilmente qualquer anomalia, causadas por possíveis infiltrações e/ou surgimento de trincas/recalque no terreno adjacente, que poderão comprometer as estruturas.

13.3.2 Sistemas de Drenagem

São realizados serviços de limpeza dos sistemas de drenagem periodicamente, visando desobstruir e reparar pequenos danos, para possibilitar o escoamento rápido e eficiente das águas superficiais.

13.3.3 Hidromecânicos

São periodicamente inspecionados, verificando todas as recomendações dos fabricantes.

13.4 INSPEÇÃO PERIÓDICA (ROTINEIRA)

A inspeção periódica é elemento indispensável na metodologia da manutenção preventiva. Quando bem executada, é instrumento essencial para a garantia de durabilidade das estruturas, sendo sua finalidade a de registrar danos e anomalias e de avaliar a importância que os mesmos possam ter do ponto de vista do comportamento e da segurança estrutural das obras civis.

São executadas pelas equipes locais de operação e manutenção, como parte regular de suas atividades. Não geram relatórios específicos, mas apenas comunicações de eventuais anomalias detectadas.

A inspeção periódica deve ser adequada ao tipo de estrutura, podendo mesmo variar, em termos de procedimentos a adotar e de requisitos mínimos necessários, de peça para peça dentro de uma mesma estrutura (caso dos elementos estruturais mais vulneráveis).

A inspeção periódica instrumentada é o procedimento mínimo a ser levado a cabo para todas as estruturas englobadas no segundo grupo classificador da estratégia de manutenção, e consiste na consciente programação de uma série de observações de caráter expedito que, ao serem relatadas em formulários adequados à particularidade da obra e ao ambiente envolvente, permitirão, quando for o caso, a tomada imediata das providências necessárias. Estas inspeções, na sua generalidade, são feitas por pessoal não especializado, que conhecem bem a estrutura, treinados e equipados, perfeitamente familiarizados com os formulários a preencher, bem como os instrumentos a utilizar (máquinas fotográficas, filmadoras, trena, lápis de cera, nível, fio de prumo, fissurômetro, marreta, ponteiro, etc.).

Todos os danos e anomalias constatados neste tipo de inspeção devem ser registrados, sendo então as planilhas enviadas para o responsável pelo cadastro e acompanhamento da estrutura, que as analisará e tomará as providências cabíveis.

13.4.1 Periodicidade

A periodicidade das inspeções variará de acordo com a idade, a importância e a vulnerabilidade da estrutura, ou dos elementos desta, sendo adotada atualmente:

- **Mensalmente:** inspeções periódicas através de avaliação visual e de preenchimento de planilha, quando da existência de anomalias;
- **Condicionadas:** quando da ocorrência de chuvas intensas ou contínuas, para avaliação de eventuais anomalias, que possam ser originadas pela precipitações ocorridas;
- **Anualmente:** as estruturas de concreto deverão ser inspecionadas por profissional especializado.

13.4.2 Nível de Segurança

A análise da planilha de inspeção periódica poderá conduzir à caracterização de uma das seguintes situações:

- **Danos desprezíveis ou inexistência de danos** – nenhuma atitude a tomar;
- **Pequenos danos** – originam trabalhos de pequena monta, que poderão ser realizados por pessoal não especializado e, por outro lado, passam a condicionar as inspeções de rotina, ressaltando a observação das peças danificadas;
- **Danos importantes** – originam trabalhos de maior envergadura, embora esses danos possam ocasionar sérios prejuízos à durabilidade e à segurança da estrutura, normalmente levam a trabalhos que podem ser executados por empresas de pequeno ou médio porte, sob a supervisão de um engenheiro com conhecimento em trabalhos de recuperação;
- **Danos emergenciais** – são casos de grande perigo à segurança da obra, que darão origem à convocação de especialistas ao local para a realização de uma inspeção especial e tomada das providências necessárias;
- **Alarme** – são os casos de ruína iminente, quando então deverão ser tomadas as medidas necessárias para o escoramento parcial ou total da estrutura, ou mesmo para a sua interdição, com imediata convocação de equipe técnica especializada.

13.4.3 Base Mínima de Observação, Registro e Mensuração

Os pontos críticos (mais sensíveis) da estrutura, assim como as anomalias mais comuns, como a seguir se exemplifica, são os elementos que, em conjunto, devem compor a base mínima de observação, registro e mensuração em toda e qualquer inspeção que vise uma correta estratégia de manutenção estrutural;

- **Fissuras** – ao se observar uma fissura, deve-se marcá-la com um traço contínuo,

com tinta duradoura ou lápis de cera, paralelamente a ela e a uma distância de cerca de 10mm, com uma clara identificação de suas extremidades e da data da observação. Sempre que possível, deve-se marcar um traço perpendicular à fissura no seu ponto de maior abertura, assinalando-se a medida desta abertura, em décimos de mm. O objetivo é identificar o surgimento de pequenas fissuras e/ou trincas, e acompanhar o desenvolvimento e/ou estabilização da mesma;

- **Infiltrações de água** – demarcar os pontos de forma visível, cadastrando-os, e verificar a origem destas infiltrações, se há existência de subpressão e/ou percolação de água pela fundação das estruturas;
- **Alinhamentos e verticalidades** – os alinhamentos podem ser verificados através de uma série de referências fixas e móveis, usando-se fios de aço bem esticados, e as verticalidades podem ser avaliadas com a utilização de fio de prumo;
- **Vestígios de corrosão do concreto e do aço** – devem ser sempre anotados, inclusive fazendo-se croquis do local da ocorrência, utilizando-se, sempre que for necessário, marreta e ponteiro, ou até mesmo o pacômetro, que pesquisará o posicionamento e a espessura de cobertura das armaduras;
- **Estado geral do concreto** – devem ser verificadas possíveis falhas devidas a choques, carbonatação, eflorescências, descolorações, deslocamentos, etc., que também devem ser referenciados em croquis elucidativo, usando-se, nestes casos, o esclerômetro e a fenolftaleína;
- **Recalques de fundações** – são caracterizados por afundamentos do piso no entorno de pilares, fissurações em alvenarias e vigas, desalinhamentos, falta de verticalidade e rotações. Normalmente só podem ser corretamente observados e medidos nas inspeções especiais, com a utilização de aparelhos topográficos. No entanto, qualquer suspeita sobre ocorrência de recalques deve ser motivo de alerta.
- **Deformação em estruturas de concreto** – há necessidade de verificar se estas deformações em estruturas de concreto são admissíveis ou são sinais de algum problema estrutural. Conforme o caso, consultar o projetista e/ou engenheiro estrutural;
- **Deformações permanentes** – devem ser medidas e anotadas e, sempre que possível, feitos croquis elucidativos;
- **Juntas de dilatação** – verificar sempre seu estado relativamente à limpeza, à existência de elementos de obstrução, aos alinhamentos horizontais e verticais e às

suas aberturas;

- **Aparelhos de apoio** – verificar o estado dos berços de apoio das tubulações de adução, estado de conservação .
- **Drenagem e escoamento de água** – todos os drenos, sarjetas, tubos, juntas de dilatação, aparelhos de apoio e reentrâncias devem ser mantidos limpos e em condições de escoar a água.

As inspeções em estruturas devem ser realizadas continuamente acompanhando o comportamento das estruturas, tendo com isso um monitoramento permanente.

Na concepção de um plano de manutenção ou de recuperação de uma estrutura, proprietários, técnicos e utilizadores estejam sempre alertas e conscientes para o fato de que uma política correta de observação, sempre implicará menores custos do que aqueles que resultarão de qualquer intervenção de recuperação posterior.

13.5 INSPEÇÕES CONDICIONADAS

As inspeções condicionadas devem ser realizadas todas as vezes que as inspeções periódicas indicarem a existência de situações anômalas em determinadas peças estruturais, ou em casos de danos emergenciais ou de alarme, diferenciando-se das inspeções periódicas por obrigatoriamente serem realizadas por pessoal técnico especializado, com a utilização de aparelhagem para medições, realização de ensaios especiais, análise de toda a documentação cadastral e emissão de laudo técnico, complementado, se for o caso, pelo correspondente projeto de recuperação ou de reforço (desenhos de execução, memorial de cálculo e especificações).

13.5.1 Mapeamento de Anomalias

Durante a realização da inspeção especial deverá ser feito um cuidadoso mapeamento das anomalias existentes, ou seja, a representação gráfica do quadro patológico da estrutura, o qual servirá de base para a definição das causas das manifestações patológicas e para o projeto, especificação e quantificação dos serviços de recuperação ou de reforço da estrutura.

O mapeamento deverá se iniciar pela escolha da convenção representativa, ou seja, da

simbologia gráfica que será utilizada para identificação e locação das anomalias. Isto feito, o serviço deverá prosseguir com o chamado macromapeamento, que consiste na identificação das anomalias sobre os diversos planos estruturais existentes, o que é normalmente feito sobre uma cópia do desenho de fôrmas (planta), sem cotas, complementada pela utilização de cortes, elevações e desenhos (representação de trincas, por exemplo). O rigor na localização das anomalias é dispensável nesta etapa, mas é importantíssimo que sejam bem caracterizados seus tipos, freqüências e extensões, complementando, no que necessário for, o que já constar dos mapas das inspeções periódicas.

Em seguida, e conjuntamente com os ensaios especiais, procede-se ao micromapeamento, isto é, o detalhamento das anomalias, feito em desenhos em escala ampliada para cada elemento estrutural (ou trecho do elemento estrutural) afetado, com locação precisa do seu contorno, medições de abertura de fissuras, etc., de tal forma que a anomalia seja localizada sem quaisquer dificuldades quanto da realização dos trabalhos de recuperação ou de reforço estrutural.

No caso da ocorrência de flechas ou deformações excessivas, estas poderão ser medidas e locadas em relação à posição original do elemento estrutural (tomando-se, por exemplo, uma das faces como referência).

Se o processo anômalo a que a estrutura está sujeita for muito forte, é importante verificar, sempre que as condições de segurança o permitirem, se ele está em progressão ou, antes pelo contrário, se permanece estacionário, verificação que deve ser feita sobre a própria estrutura, utilizando-se sensores que podem ser desde simples pastilhas de gesso até alongômetros, “strain-gauges” elétricos de resistência ou aparelhos topográficos de alta precisão.

13.6 MONITORAMENTO DE ESTRUTURAS EM CONCRETO

As estruturas de concreto compreendem: a barragem, a tomada d'água, câmara de carga, vertedouros, blocos de ancoragem, berços intermediários, casa de força, canal de fuga e outras estruturas auxiliares.

Importante atenção é quanto ao monitoramento das fundações das estruturas, sendo que

a subpressão e percolação de água são as principais causas de instabilidade em potencial, sob condições normais de carregamento, de parte ou da totalidade das estruturas.

13.6.1 Monitoramento das Fundação das Estruturas

Fundação é o elemento estrutural que transfere ao terreno as cargas que são aplicadas à estrutura. Conseqüentemente, o terreno é elemento de uma fundação e o conhecimento de suas propriedades, ou melhor, do seu comportamento quando submetido a carregamentos, dependerá o desempenho da fundação. Deve-se ter em mente que a definição das fundações abrange dois aspectos básicos do comportamento do terreno: a deformabilidade e a resistência dos materiais que o compõem.

Uma fundação deve satisfazer a três requisitos:

- ter segurança estrutural, como qualquer outro elemento da estrutura;
- oferecer segurança satisfatória contra a ruptura ou o escoamento de solo;
- evitar recalques que a construção não possa suportar sem inconvenientes.

13.6.2 Inspeção Visual para Detectar Anomalias

Quando há um mau desempenho de uma fundação, aparecem manifestações decorrentes deste fato através de danos que podem ser verificados:

- nas próprias peças de fundação, pela deterioração dos materiais que as compõem, com a conseqüente perda da resistência;
- nas peças em concreto armado ocorrem deformações excessivas, perda de recobrimento da armadura, oxidação das barras de aço, esmagamentos, ruturas, trincas, fissuras etc;
- na obra como um todo, pelos recalques e desaprumos.

Como decorrência do mau funcionamento das fundações, manifestam-se danos de três tipos distintos:

- danos arquitetônicos;
- danos funcionais;
- danos estruturais.

O diagnóstico do problema é fundamental para permitir uma diretriz adequada na decisão

da necessidade ou não da aplicação de reforços. Este diagnóstico visa conhecer o mecanismo e as causas dos danos ocorridos, resultando daí a definição do tipo, da técnica e da solução a ser adotada, se for o caso, dimensionamento do reforço a ser empregado.

13.6.3 Procedimento no Caso de Anomalia

Para se chegar a um bom diagnóstico, os seguintes procedimentos são aconselháveis:

- inventariar os danos ocorridos para quantificar e interpretar o direcionamento dos movimentos;
- executar novas sondagens e/ou ensaios geotécnicos de campo ou de laboratório;
- instrumentar a obra para avaliar a magnitude e a velocidade das deformações.

13.7 PATOLOGIA E TERAPIA DAS ESTRUTURAS EM CONCRETO

13.7.1 Deterioração

A maioria dos danos apresentados em elementos estruturais, são do tipo evolutivo, ou seja, em um prazo mais ou menos curto, poderão comprometer sua estabilidade.

13.7.1.1 Causas da Deterioração das Estruturas

O conhecimento das origens da deterioração é indispensável, não apenas para que se possa proceder os reparos exigidos, mas também para se garantir que, após reparada, a estrutura não volte a se deteriorar.

A durabilidade dos elementos construtivos do concreto simples e armado são condicionadas pelo eventual ataque de agentes agressivos a que estejam sujeitos durante a sua vida útil. É um conceito que deve ser entendido em termos relativos, proporcionados pelo conhecimento do comportamento desse material, sujeito a deterioração em maior ou menor grau frente a determinadas situações. Estas podem conduzir ao desenvolvimento progressivo, normalmente lento, de desordens que, num processo contínuo, podem conduzir a uma desagregação completa da estrutura. Entretanto, tais processos destrutivos podem, quase sempre, ser interrompidos sanando-se as causas da destruição progressiva, reconduzindo a estrutura a condições adequadas de estabilidade.

As causas e fatores responsáveis pôr tais processos são de diferentes origens e agem pôr diferentes mecanismos. Os agentes agressivos mais usuais:

- agentes mecânicos = abrasão, choques, vibração, fadiga = concreto
- agentes físicos = temperatura (concreto)
- agentes físico-químicos = corrosão eletroquímica, corrosão sob tensão (armadura)
- agentes ecológico/químicos = água (oxidação armadura)
- agentes intrínsecos = reação álcali agregado (concreto)
- agentes biológicos = bactérias (concreto)

O concreto, como todos os outros materiais, está sujeito ao fenômeno da fadiga, baixando a sua resistência mecânica sob esforços de grandezas variáveis.

Em estruturas hidráulicas as fundações, tem papel fundamental para a estabilidade das obras, como fator de acompanhamento específico:

As causas extrínsecas de deterioração da estrutura são as que independem do corpo estrutural em si, assim como da composição interna do concreto, ou de falhas inerentes ao processo de execução, podendo, de outra forma, ser vistas como os fatores que atacam a estrutura “de fora para dentro”, durante as fases de utilização ou ao longo da vida útil desta, conforme segue:

- **Alteração das condições do terreno de fundação**- alterações ocorridas quanto a estabilidade e compressibilidade, como resultado de novas escavações, alteração do nível do lençol freático, sendo comum a conseqüente redução da capacidade de coesão do solo e a fuga de finos, resultando em recalque das fundações.

- **Recalque de fundações**- toda edificação, durante a obra ou mesmo após a sua conclusão, por um determinado período de tempo, está sujeita a deslocamentos verticais, lentos, até que o equilíbrio entre o carregamento aplicado e o solo seja atingido.

13.7.1.2 Sintomas

Os três sintomas principais de deterioração de uma obra em concreto armado são as fissuras, a disgregação e a desagregação, cada um destes sintomas são visíveis e

podem ser facilmente constatados e diferenciados entre si.

13.7.1.2.1 Fissuras

Em todas as construções de concreto, e portanto com o emprego do cimento, aparecem fissuras que podem surgir após anos, semanas ou mesmo algumas horas do término da concretagem.

Há dois tipos distintos de fissuras, quanto a movimentação; uma são as fissuras “vivas”, com movimentação; e outra, as estabilizadas ou sem movimentação, denominadas “mortas”.

Além do aspecto antiestético e a sensação de pouca estabilidade que apresenta uma peça fissurada, os principais perigos decorrem da corrosão da armadura, e penetração de agentes agressivos externos, no concreto.

As aberturas máximas admissíveis pelas Normas Brasileiras NBR-6118/80, subitem 15.5.2.2, considera a fissuração como nociva quando a abertura na superfície do concreto, ultrapassa os seguintes valores:

- 0,1 mm para peças não protegidas, em meio agressivo;
- 0,2 mm para peças não protegidas, em meio não agressivo;
- 0,3 mm para peças protegidas.

13.7.1.2.2 Disgregações

A disgregação do concreto é caracterizada pela ruptura do mesmo, especialmente em regiões salientes dos elementos estruturais.

O concreto disgregado é sã e conserva suas características de origem, porém não foi capaz de suportar os esforços anormais que atuaram sobre o mesmo.

13.7.1.2.3 Desagregações

É um dos sintomas característicos da existência de ataque químico. Como a corrosão de

concreto é de natureza química, as causas fundamentais reduzem-se a duas principais:

- reações com o hidróxido de cálcio proveniente da hidratação dos componentes do cimento;
- reações do íon sulfato, com o aluminato tricálcio hidratado do cimento ou com a alumina do inerte numa solução saturada de hidróxido de cálcio, dando origem a expansões.

13.7.1.2.4 Infiltração por Agentes Químicos

Nas estruturas hidráulicas com vazamentos através de fissuras, trincas, juntas de dilatação ou áreas de concreto porosos ou segregados, surge a **carbonatação** que se dá pela presença de CO₂ dissolvidos em quantidades moderadas na água. Felizmente, na prática, as estruturas de concreto se comportam de modo satisfatório em face da ação solvente da água em razão da formação de carbonato de cálcio realmente insolúveis, que entope os poros, interrompendo o processo. O processo, entretanto, pode ainda evoluir desfavoravelmente quando se encontra frente a uma alta proporção de CO₂. Neste caso, a dissolução prossegue com a formação de bicarbonato, sendo este solúvel.

Muitas estruturas de concreto mostram a existência desse processo pela presença de depósitos superficiais de coloração branca e florescência. Como esse fenômeno está diretamente ligado à circulação das águas através da massa do concreto, torna-se evidente a sua dependência do grau de permeabilidade do mesmo. Misturas bem-dosadas e adensadas de baixa permeabilidade constituem defesa e/ou ação de impermeabilização de fissuras e trincas.

13.7.2 Diagnóstico

Ao se verificar que uma estrutura de concreto armado apresenta sinais de anormalidade, torna-se necessário efetuar uma vistoria detalhada e cuidadosamente planejada para que se possa determinar as reais condições da estrutura, de forma a avaliar as anomalias existentes, suas causas, providências a serem tomadas e os métodos a serem adotados para a recuperação ou o reforço.

Com base nos sintomas analisados, podemos relacionar a(s) causa(s) principal(is) na análise e diagnóstico de estruturas de concreto armado. A seguir forneceremos alguns

elementos de verificação das possíveis causas.

13.7.2.1 Corrosão da Armadura

Atualmente não se coloca em dúvida a importância da questão do ataque das armaduras, assunto da maior relevância em grande parte das obras de concreto armado.

Verificar se o posicionamento das fissuras é coincidente com os das barras de aço, retirar um pedaço de concreto, descobrindo a armadura e constatar se a mesma apresenta-se oxidada e o sintoma constatado, verificar se o concreto encontra-se em bom estado ou não, pela inspeção visual.

A corrosão dos metais é constituída por reações de natureza complexa, químicas ou eletroquímicas, que ocorrem na interface metal/meio ambiente. É um processo de destruição da armadura a partir de sua superfície.

Se todas as verificações forem positivas, trata-se indiscutivelmente de corrosão da armadura, que poderá ser química ou eletrolítica.

Se a corrosão se produz em segmentos curtos e isolados da barra, de forma pontual, ou em locais de contato com outras barras trata-se provavelmente de ataque eletrolítico.

Se a corrosão é generalizada, a causa provável é de ordem química.

As reações de corrosão se resumem, geralmente, a uma perda de elétrons de metal, conhecidas comumente pelo nome de oxidação.

Do ponto de vista prático, importa conhecer que a corrosão das armaduras é evitada quando a permeabilidade das mesmas é baixa e quando a sua camada de recobrimento é relativamente grande (5 cm de espessura realizam proteção plena) e a abertura das fissuras é inferior a 0,4 mm.

Quando, em meio agressivo, deve-se proceder a impermeabilização superficial protetora, mediante aplicação de silicatos, fluorossilicatos, borrachas, polivinil, silicones, etc.

13.7.2.2 Fissuração

Ao se analisar a fissuração em concreto armado, deve-se ter em consideração os seguintes aspectos:

- Verificar se as fissuras ocorrem em elementos estruturais ou elementos de vedação;
- Se as mesmas afetam o elemento resistente ou unicamente estão localizadas no cobrimento ou revestimento dos mesmos.
- Determinação da profundidade e abertura das fissuras a fim de avaliarmos o grau de capacidade resistente que ainda possui o elemento estrutural.
- O aspecto geral das linhas de fissuração, com sua orientação, número, frequência, ordem de aparecimento etc., nos permitirá obter um quadro clínico que nos permitirá avaliar as causas que produziram tal sintoma.
- O conhecimento da evolução do estado de fissuração de um elemento estrutural é de grande importância na sintomatologia, que permitirá apreciar se a fissura se estabilizou, e portanto, conhecer a segurança da estrutura em serviço.
- As medidas das aberturas de fissuras deverão ser realizadas a princípio nas mesmas horas do dia, sendo conveniente anotar, além das aberturas observadas, a temperatura ambiente.
- Para que a observação do estado de fissuração de uma estrutura seja eficaz, deverá ser bem organizada, sistemática, contínua, e cobrir um período de tempo suficiente para se obter resultados que possam ser conclusivos.

13.8 INSPEÇÃO NAS ESTRUTURAS

Em qualquer estrutura de concreto armado, a ser reparada, o primeiro e mais importante passo é o exame detalhado da mesma, isto é, a etapa do levantamento dos dados, pôr uma equipe técnica, devidamente treinada e experiente, nos campos de:

- concreto e seus constituintes;
- cálculo estrutural;
- reparos.

13.8.1 Levantamento de Dados

Esta é a etapa que fornecerá os subsídios necessários para que a análise possa ser feita corretamente, e compreende os seguintes passos:

- classificação analítica do meio ambiente, em particular da agressividade à estrutura em questão;
- levantamento visual e medições expeditas da estrutura – consiste na observação normal, com anotações, e medições nos principais elementos;
- estimativa das possíveis conseqüências dos danos e, caso necessário, tomada de medidas de emergência, tais como o escoramento de parte ou do todo da estrutura, alívio do carregamento, instalação de instrumentos para medidas de deformações e recalque e interdição da estrutura;
- levantamento detalhado dos sintomas patológicos, inclusive com documentação fotográfica, medidas de deformações (se necessário, com aparelhos topográficos), avaliação da presença de cloretos ou de outros agentes agressores, de carbonatação, medidas de trincas e fissuras (posição, extensão, abertura), medidas de perda de seção em barras de aço, etc.;
- análise do projeto original e dos projetos de modificações e ampliações, de forma a se poder determinar possíveis deficiências na concepção ou no dimensionamento dos elementos estruturais danificados;
- instrumentação da estrutura e realização de ensaios especiais, inclusive em laboratório, compreendendo:
 - tipologia e intensidade dos sistemas de deterioração e dos agentes agressores;
 - medições: geometria, nível, prumo e excentricidades, mapeamento das fissuras, determinação de flechas residuais, evolução da abertura de fissuras e de deformações, etc.;
 - estudos e ensaios: verificação dimensional dos elementos (seção transversal do concreto, armaduras, cobrimento, etc.), investigação geotécnica, avaliação da resistência do concreto e das características do aço, etc..

13.8.2 Objetivo da Inspeção Inicial

Esta inspeção ou exame inicial tem como objetivo conhecer ou detectar os seguintes itens:

- qual o problema;
- quais as causas que o produziram;
- que reservas de resistência restaram;
- o que deve ser recuperado;

- avaliação das quantidades a serem recuperadas;
- quais os métodos de recuperação que poderão ser utilizados;
- escolha do método mais eficiente, técnico-econômico (fator custo-benefício durabilidade).

13.8.3 Equipamentos Utilizados

Na inspeção de uma obra danificada, deverão ser utilizados os seguintes equipamentos:

- máquina fotográfica, equipada com lentes especiais, bem como iluminação adequada;
- lupa óptica com campo de ampliação de 25 a 50 vezes;
- fissurômetro, de preferência plástico, transparente ou não;
- talhadeira, ponteiro e martelo, para escarificar e/ou golpear, regiões de concreto solto, segregado, etc.;
- jato de ar ou água para limpeza;
- esclerômetro devidamente calibrado, para avaliação da resistência superficial à compressão do concreto;
- ultra-som, para exame da homogeneidade do concreto nos elementos estruturais. O uso de equipamento ultra-sônico é de extrema utilidade, permitindo a constatação de eventuais falhas internas de concretagem, bem como a determinação de outros defeitos. Quando o concreto apresenta falhas de concretagem ou material segregado há diminuição sensível na velocidade de propagação, chegando às vezes à interrupção do recebimento do sinal sonoro, para falhas de grandes dimensões.

13.8.4 Representação das Deteriorações

O procedimento adequado de análise consiste em representar as deteriorações, com detalhes, em plantas baixas e cortes, em que estejam também representados os vazios. Sendo que só a complementação do conjunto de anomalias verificadas, assim representadas, permite a análise correta das mesmas, as conclusões e causas que a provocaram.

A representação das fissuras deverá ser feita com a maior quantidade possível de detalhes. Na maioria das vezes, interessa conhecer a evolução dos danos e como se

comportarão durante certo período de tempo. O método mais simples, deste controle, no caso de fissuras, consiste na colocação de selos de gesso em pontos significativos e selecionando as fissuras a serem observadas e/ou fragmentos de vidro colados com durapox para observar se há a movimentação das fissuras.

13.8.5 Verificação das Condições do Concreto e Aço

Após o levantamento preliminar para estudo da estrutura, segue a verificação das condições do concreto e aço, que poderá ser através de ensaios destrutivos e não destrutivos, como segue:

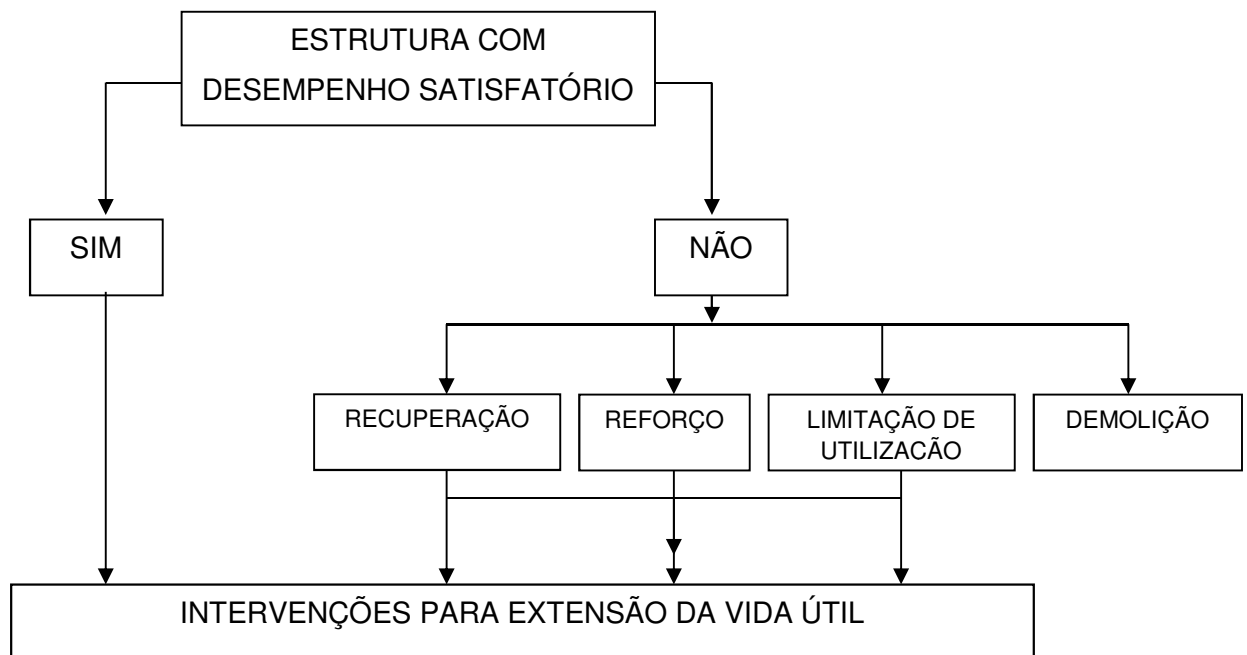
13.8.5.1 Reparos ou Recuperação de Pequena Monta

Os reparos de pequena monta são os reparos ocasionais ou de manutenção rotineira, que poderão ser executados, sem maiores problemas, por pessoal próprio de manutenção. São os seguintes os serviços que podem ser assim classificados:

- pontos onde ocorrem infiltrações deverão ser imediatamente corrigidos, evitando com isso danos a estrutura, tais como: recalque de fundação, solapamento, oxidação das armaduras, etc;
- reparos de partes danificadas dos pavimentos (casa máquinas, fundo canal revestido, laje dissipação da barragem, etc.);
- selagem de juntas de dilatação com elastômeros;
- modificação da declividade em pisos, no caso em que poças d'água estejam sendo formadas;
- pequenos trabalhos de reconstituição do cobrimento de armaduras que foram expostas por erosão do concreto ou por choque mecânico;

13.8.5.2 Reparos ou Recuperação de Grande Monta

Os trabalhos de reforço, por sua vez, podem se fazer necessários pelas mais diversas razões, tais como a necessidade de aumento da capacidade de carga da estrutura, ou a correção de danos causados quer por agentes externos (desestabilidade de talude, recalque de fundação, etc.), quer pela deterioração da obra em grau muito elevado. Assim, além de ser absolutamente necessário contar, para sua execução, com pessoal e empresas especializadas, é imprescindível que haja um projeto de reforço realizado por engenheiro estrutural familiarizado com este tipo de serviço.



13.9 ASPECTOS DA MANUTENÇÃO DAS ESTRUTURAS

Entende-se por manutenção de uma estrutura o conjunto de atividades necessárias à garantia do seu desempenho satisfatório ao longo do tempo, ou seja, o conjunto de rotinas que tenham por finalidade o prolongamento da vida útil da obra, a um custo compensador.

Um bom programa de manutenção implica definição de metodologias adequadas de operação, controle e na análise custo-benefício desta manutenção, aliado a um conjunto de inspeções rotineiras.

Os problemas patológicos ocasionados por manutenção inadequada, ou mesmo pela ausência total de manutenção, têm sua origem no desconhecimento técnico, na incompetência, no desleixo e em problemas econômicos. A falta de alocação de verbas para a manutenção pode vir a tornar-se fator responsável pelo surgimento de problemas estruturais de maior monta, implicando gastos significativos.

As estruturas de concreto armado, desde a fase de projeto e mesmo durante sua vida útil, estão sujeitas a uma série de fatores que poderão comprometer sua durabilidade e até sua estabilidade.

As estruturas devem ser comodamente inspecionáveis, sendo os pontos mais vulneráveis de cada estrutura, identificados com um programa mais intensivo de inspeções.

Torna-se clara, então, a necessidade de definir as estratégias de manutenção de cada CGH em função da maior ou menor confiança.

13.9.1 Manutenção Estratégica

A análise leva à conclusão de que a manutenção estratégica (cadastral) será toda a manutenção que seja planejada, incluindo-se aí a programação das eventuais intervenções corretivas e emergenciais, entendendo-se como tais os casos em que, basicamente, sejam sempre definidos o ritmo e a forma de procedimento, registro e compilação das inspeções técnicas informativas, assim como os sistemas mais intensivos a adotar para o acompanhamento comportamental das partes mais vulneráveis da estrutura, detectadas quando do projeto, da construção, ou mesmo durante serviços anteriores de recuperação.

13.9.2 Manutenção Preventiva

Manutenção preventiva entende-se aquela que é executada a partir das informações fornecidas por inspeções levadas a efeito em intervalos regulares de tempo, de acordo com critérios preestabelecidos de redução das probabilidades de ruína ou de degradação da estrutura, visando uma extensão programada de sua vida útil. Poderão ocorrer casos em que as inspeções periódicas sejam complementadas por outras, adicionais, específicas a determinadas peças estruturais que, numa dada inspeção rotineira, tenham demonstrado estar com desempenho prejudicado e passam a condicionar, daí em diante, o ritmo das inspeções, e até, em alguns casos, das recuperações.

13.9.3 Manutenção Esporádica

Já a manutenção esporádica nasce da necessidade de uma determinada atividade de correção ou de reforço, e não está centrada em nenhum plano de ações pré determinadas.

Os custos com um ou outro sistema de manutenção variam de acordo com a localização geográfica das obras, e, em particular, com o meio ambiente em que estas se inserem.

13.10 MONITORAMENTO DE ESTRUTURAS EM SOLO

As estruturas em solo compreendem: as encostas naturais, os taludes de corte, os taludes de aterro, as ombreiras da barragem e as fundações, adjacente as obras hidráulicas.

13.10.1 Vistórias Periódicas

Vistorias periódicas devem ser programadas efetuando-se levantamentos dos locais com risco imediato ou não, que apresentam indícios de instabilização, como processos erosivos, movimentos de massa, recalques, etc., indicando-se as medidas correspondentes para se evitar degradação precoce. Este levantamento, documentado em relatório, ilustrado com fotografias, fundamenta-se também nos resultados da instrumentação instalada em locais críticos.

As medidas preconizadas correspondem a obras e serviços necessários à preservação das partes principais da CGH, cuja execução poderá ser realizada mediante programação em nível de manutenção preventiva, ou então, serviços normais de conservação, de forma que os locais indicados tenham o mínimo indispensável para a preservação das obras.

13.10.1.1 Itens a Serem Verificados

- Observar o surgimento de erosões superficiais e a ocorrência de pequenos deslocamentos da superfície dos taludes (escorregamento), originado pelo saturamento superficial e pela diminuição da resistência ao cisalhamento do material. A saturação aumenta o peso específico do material e o excesso de umidade reduz a resistência ao cisalhamento pelo aumento da pressão neutra, ocasionando este tipo de escorregamento superficial;
- Nos taludes de corte e aterro devem ser observado o afloramento de águas, as quais ocorrem em zonas de contato, isto é, na transição de material ou por infiltrações de água ocorridas em estruturas de adução e/ou ombreiras da barragem;
- Verificar a presença de trincas ou abatimento nas cristas dos cortes e/ou aterros, que podem comprometer a estabilidade dos cortes e/ou aterros, ocasionados pelo saturamento do material superficial e pelo afloramento de águas subterrâneas;

- Verificar a proteção superficial existente nos taludes e encostas, com o objetivo de proteger quanto a ação das águas superficiais e/ou subterrâneas, são necessárias inspeções para verificar quanto a limpeza e funcionalidade dos elementos de proteção, tais como: valas e/ou sarjetas de proteção de corte, sarjetas de bancada, drenos sub-horizontais, etc.;
- Recomendação importante é a observação continuada do comportamento dos taludes, principalmente após precipitações contínuas, verificar se há necessidade de intervenções, objetivando o encaminhamento das águas superficiais de forma rápida e eficiente e proteção dos taludes e que poderão originar escorregamentos. Consta-se, na prática, que antes de ocorrer um deslizamento, no topo do talude (crista corte) o solo rompe-se por tração, daí resultando a formação de fendas;
- Verificar os taludes e banquetas, quanto as condições da proteção vegetal.

13.10.2 Investigações de Superfície

Principais fatores condicionantes dos escorregamentos e processos correlatos na dinâmica ambiental brasileira:

- características climáticas, com destaque para o regime pluviométrico;
- características e distribuição dos materiais que compõem o substrato das encostas/taludes, abrangendo solos, rochas, depósitos e estruturas geológicas (fraturas, formação, etc.)
- características geomorfológicas, com destaque para inclinação, amplitude e forma do perfil das encostas (retilíneo, convexo e côncavo);
- regime das águas de superfície e subsuperfície;
- características do uso e ocupação, incluindo cobertura vegetal e as diferentes formas de intervenção antrópica das encostas, como cortes, aterros, concentração de água pluvial e servida, etc.

A caracterização geológico-geotécnica voltada para o estudo de taludes e encostas inicia-se, em geral, pelas investigações de superfície, que servem de base para todos os demais trabalhos. São divididas em três grupos de técnicas: levantamento de campo, topográficos e fotogramétricos que durante as investigações, são aplicados em intensidades diferentes e de forma interativa, conforme cada caso.

13.10.3 Levantamento de Campo

Os levantamentos de campo objetivam o mapeamento de superfície, a identificação de feições de instabilidade, além de outros aspectos de interesse (surgências d'água, vegetação, interferências antrópicas, etc.)

Especial atenção deve ser dada às áreas de topo e à base da região instabilizada ou potencialmente instabilizável. Esses locais fornecem os melhores indícios de superfície a respeito do processo de instabilização investigado. Os principais aspectos a serem levantados nas vistorias de campo voltadas à análise da estabilidade de taludes e encostas são os seguintes:

- formações geológicas;
- perfil de alteração;
- estruturas geológicas (foliação, fraturas, etc.)
- instabilizações existentes (tipo e características);
- feições de movimentação (trincas, degraus, “embarrigamentos”, etc.);
- surgências d'água e zonas de saturação;
- geometria do talude, encosta e processo de instabilização;
- tipo de cobertura vegetal;
- interferências antrópicas (terraplenagens, obras, edificações, etc.).

Os dados levantados nas vistorias de campo deverão ser apresentados em plantas preexistentes, ou croquis elaborados especificamente para isto. A elaboração de fichas cadastrais facilitam o levantamento e a sistematização desses dados, principalmente quando existem vários locais a serem vistoriados. A documentação fotográfica das áreas investigadas também é um importante meio de apresentação e armazenamento de dados sobre o processo de instabilização investigado.

13.10.4 Levantamentos Topográficos

As plantas topográficas disponíveis, em geral, de pequena escala, deverão ser utilizadas para a inserção do local estudado na dinâmica regional da área, destacando-se os seguintes aspectos: bacia de contribuição, continuidade da encosta, litologias principais, etc.

Após a avaliação preliminar da área instabilizada, deverão ser programados

levantamentos planialtimétricos adicionais em escalas apropriadas (1:500 a 1:200), cobrindo as circunvizinhanças da região considerada crítica. Os levantamentos deverão ser orientados para o cadastro dos aspectos de interesse, levantados nas vistorias de campo (afloramentos rochosos, feições de instabilidade, surgências d'água, interferências antrópicas, etc.) a partir de seções, preferencialmente demarcadas no campo (piquetes), para facilitar posteriores detalhamentos. As técnicas de irradiação deverão ser utilizadas para complementar as seções topográficas. Quando já existirem plantas em escalas de detalhe, estas deverão ser checadas, complementadas e atualizadas com os aspectos discutidos anteriormente. Nas fases iniciais do estudo, poderão ser feitos levantamentos topográficos expeditos, utilizando trena, clinômetro e bússola.

13.10.5 Recuperação de Taludes de Corte

Sob o nome genérico de taludes compreende-se quaisquer superfícies inclinadas que limitam um maciço de terra, de rocha ou de terra/rocha. Podem ser naturais, caso das encostas, ou artificiais, como os taludes de cortes e aterros.

Conquanto as formas de instabilidade de maciços terrosos ou rochosos, nem sempre se apresentem bem caracterizadas e definidas, pode-se classificar os principais tipos de movimentos em três grandes grupos:

a) Desprendimento de terra ou rocha

É uma porção de um maciço terroso ou de fragmentos de rocha que se destaca do resto do maciço, caindo livre e rapidamente, acumulando-se onde estaciona.

Trata-se de fenômeno localizado. É evitável pelos processos comuns de prevenção e, quando necessário, utilizando-se os recursos de estabilização.

b) Escorregamento ("landslide")

É o deslocamento rápido de uma massa de solo ou de rocha que, rompendo-se do maciço, desliza para baixo e para o lado, ao longo de uma superfície de deslizamento.

Conforme o movimento seja acompanhado predominantemente por uma rotação (caso de solos coesivos homogêneos) ou uma translação (caso de maciços rochosos estratificados), denominar-se-ão, respectivamente, escorregamento rotacional e

escorregamento translacional.

Se a superfície de deslizamento passar acima ou pelo pé do talude, será um escorregamento superficial ou ruptura de talude, e se por um ponto afastado do pé do talude, escorregamento profundo, ruptura de base ou ruptura sueca.

c) Rastejo (“creep”)

É o deslocamento lento e contínuo de camadas superficiais sobre camadas mais profundas, com ou sem limite definido entre a massa de terreno que se desloca e a que permanece estacionária.

A velocidade de rastejo é, geralmente, muito pequena. É da ordem de 30 cm por decênio, enquanto a velocidade média de avanço de um escorregamento típico é da ordem de 30 cm por hora. A curvatura dos troncos de árvores, inclinação de postes e fendas no solo são alguns dos indícios da ocorrência do rastejo.

Taludes de apresentem abatimento, trincas, escorregamento superficial, devem ser corrigidos, buscando detectar, primeiramente as causas da anomalia apresentada.

Estudar locais para possíveis jazidas de empréstimo de material, para realizar recuperação de taludes, para que rapidamente possam ser tomadas decisões de ação a ser aplicada.

Atenção deve ser dada, no caso de ocorrência de recalques excessivos e a ruptura de camadas do terreno de fundação. Os recalques, por sua vez, são devidos ao:

- solapamento de uma parte do terreno por efeito de erosão;
- deslocamento lateral da fundação por falta de confinamento;
- adensamento do terreno de fundação.

Os recalques ou solapamento do terreno de fundação das obras em concreto podem gerar esforços não previstos, nas estruturas, o que ocasionar sérios problemas estruturais e até ruptura do elemento projetado.

As causas apontadas envolvem três características básicas dos solos: permeabilidade, compressibilidade e resistência ao cisalhamento.

Causas responsáveis pela falta de estabilidade do maciço terroso em si, citamos:

- deformação do maciço;
- ruptura dos taludes ou encostas, segundo superfícies de escorregamento;
- fenômeno de “creep” das encostas;
- desprendimento de terra (ou de pedras);
- erosão superficial provocada pelas águas de chuvas.

Requer cuidado especial a junção do aterro com as obras, onde é comum a erosão neste contato, por deficiência de compactação e por inadequada drenagem do terrapleno.

13.10.6 Problemas em Estruturas em Solo (Geológico/Geotécnico)

Os problemas de caráter geológico-geotécnico que podem afetar os taludes de corte ou de aterro, e as encostas naturais e outros locais adjacentes a obra, tanto em solo como em rocha, gerando diversos tipos de instabilização, ocorrem basicamente, por falta de um plano adequado de conservação das obras.

A seguir tabela para procedimentos de identificação de problemas mais comuns, forma de ocorrência e principais causas, para facilitar os trabalhos de vistorias.

TIPO DE PROBLEMA	FORMA DE OCORRÊNCIA	PRINCIPAIS CAUSAS
Erosão	- em talude de corte e aterro (sulcos, ravinas)	- deficiência de drenagem - deficiência de proteção superficial
	- longitudinal ao longo da plataforma	- concentração de água superficial e/ou interceptação do lençol freático
	- localizada e associada a obras de drenagem (ravinas)	- concentração de água superficial e/ou interceptação do lençol freático
	- interna em aterro (piping)	- deficiência ou inexistência de drenagem interna

Desagregação superficial	- empastilhamento superficial em taludes de corte	- secagem ou umedecimento do material - presença de argilo-mineral expansivo ou desconfinamento do material
	- superficial	- inclinação acentuada do talude - falta de obras complementares de drenagem - falta de proteção dos taludes
Escorregamento em corte	- formas e dimensões variadas	- descontinuidade do solo e rocha
	- superficial em corte ou encostas naturais	- saturação do solo
	- profundos em cortes	- falta proteção vegetal - falta de obras de drenagem
	- formas e dimensões variadas	- evolução por erosão
Escorregamento em aterro	- movimentação de grandes dimensões e generalizada em corpo de tálus	- corte de corpo de tálus - alteração por drenagem
	- atingindo a borda do aterro	- compactação inadequada da borda
Recalque em fundações	- atingindo o corpo do aterro	- deficiência de fundação - deficiência de drenagem - deficiência de proteção superficial - má qualidade do material - compactação inadequada - inclinação inadequada do talude
	- deformação excessiva do solo - ruptura por escorregamento interior	- compressibilidade do solo por adensamento de camadas argilosas saturadas - insuficiência de resistência ao cisalhamento do solo
Queda de blocos	- geralmente em queda livre	- ação da água e de raízes na descontinuidade do maciço rochoso
Rolamento de blocos	- movimento de bloco por rolamento no corte	- descalçamento da base por erosão

Principais problemas de taludes:

13.10.6.1 Erosão

A erosão do solo é um fenômeno de degradação ambiental, que começa com pequenos danos, agravando-se com o tempo, caso não seja interrompida de início, pelos serviços de conservação.

O efeito erosivo das águas sobre taludes de corte e aterro pode ser condicionado pela ausência ou deficiência de revestimento, por um sistema de drenagem superficial não eficiente ou por uma compactação inadequada da superfície do talude de aterro.

Inicialmente, o processo se desenvolve por erosão laminar, que é o processo que “lava” a superfície do solo de forma difusa, sem formar canais persistentes. Sua evolução origina a erosão em sulcos, aproximadamente paralelos. O alargamento e aprofundamento de tais sulcos, com o tempo, pode propiciar o desenvolvimento de reentrâncias, cavidades ou pequenas cavernas, que podem provocar escorregamentos, aumentando a gravidade do problema.

13.10.6.2 Desagregação Superficial em Taludes

O processo ocorre notadamente nas rochas sedimentares, naturalmente laminadas, sendo mais característico dos tipos litológicos passíveis de se desagregarem superficialmente, quando submetidos a ciclos de umedecimento e secagem natural, originando um conjunto de pequenos grânulos subarredondados ou pastilhas que se desprendem do maciço e se acumulam na base do talude. Este fenômeno também é conhecido como “erosão seca”, pelo fato de se verificar uma verdadeira erosão sem influência decisiva da água de escoamento superficial ou de contribuição subsuperficial.

O fenômeno se intensifica com os ciclos sucessivos de chuva e estiagem, com a insolação dos taludes, proporcionando um conjunto de pequenas pastilhas, cuja granulometria varia desde 2 cm até as de areia fina ou silte. Ocorre na parte mais superficial do material, renovando-se continuamente com o deslizamento dos fragmentos, expondo nova superfície à continuidade do processo.

Além de possibilitar a deflagração de escorregamentos ou queda de blocos, o fenômeno provoca o entupimento de canaletas de drenagem superficial, o que pode concorrer para instabilizações dos taludes.

13.10.6.3 Movimentos de Massa

A execução de cortes nos maciços pode condicionar movimentos de massa ou, mais

especificamente, escorregamento dos taludes, desde que as tensões cisalhantes ultrapassem a resistência ao cisalhamento dos materiais, ao longo de determinadas superfícies de ruptura.

Em qualquer situação, a consequência pode ser a interrupção do funcionamento da CGH, parcial ou totalmente.

A seguir, os tipos mais comuns de movimento de massa:

13.10.6.4 Escorregamentos Devido à Inclinação

Estes escorregamentos ocorrem sempre que a inclinação do talude excede aquela imposta pela resistência ao cisalhamento do maciço e nas condições da presença de água. A prática tem indicado, para taludes de corte de até 8 m de altura, constituídos por solos, a inclinação de 1V:1H como a mais generalizável.

13.10.6.5 Escorregamentos por Descontinuidades

O contato solo-rocha constitui, em geral, uma zona de transição entre esses materiais. Quando ocorre um contraste de resistência acentuado entre eles, com inclinação forte e, principalmente, na presença de água, a zona de contato pode condicionar a instabilidade do talude.

As descontinuidades geológicas, presentes nos maciços rochosos e em solos de alteração, constituem também planos ao longo dos quais pode haver escorregamentos.

13.10.6.6 Escorregamentos por Percolação de Água

São ocorrências que se registram durante períodos de chuva quando há elevação do nível do lençol freático ou, apenas, por saturação das camadas superficiais do solo.

Quando os taludes interceptam o lençol freático, a manifestação, eventual, da erosão interna pode contribuir para a sua instabilização.

13.10.6.7 Escorregamentos em Aterros

O projeto de um aterro implica na consideração das características do material com o qual vai ser construído, como também das condições de sua fundação. Quando

construídos sobre rochas resistentes, os aterros se mostram, em geral, estáveis por longo tempo. No caso de aterros sobre solos moles, como argila marinha ou argila orgânica, o seu projeto e construção devem obedecer a técnicas adequadas, de modo a impedir que ocorram recalques exagerados, provocando rompimentos ou desalinhamento de canaleta, bueiros e galerias.

Nos aterros bem projetados e construídos sobre solos resistentes, somente a má execução do maciço poderá acarretar problemas. Escorregamentos podem ocorrer nas laterais do aterro, devido à má compactação mas, geralmente, de pequenas proporções. O material solto tende a escorregar e, se não houver tratamento, poderá evoluir por erosão.

13.10.6.8 Escorregamentos em Massas Coluviais

Constituem corpos em condições de estabilidade tão precárias que pequenos cortes, e mesmo pequenos aterros, são suficientes para aumentar os movimentos de rastejo, cujas velocidades são ainda mais aceleradas, quando saturados, na época das chuvas.

13.10.6.9 Queda e Rolamento de Blocos

É freqüente em cortes em rocha, onde o fraturamento do maciço é desfavorável à estabilidade; em taludes com matações por descalçamento; em taludes com camadas sedimentares de diferentes resistências à erosão e à desagregação superficial.

13.10.7 Estabilização de Taludes

13.10.7.1 Modificação da Geometria

O procedimento, conhecido por retaludamento, consiste na retirada de material, através de serviços de terraplenagem, reduzindo a altura e o ângulo de inclinação da encosta ou talude de corte.

A maior vantagem que a mudança de geometria tem sobre outros métodos é que seus efeitos são permanentes, pois a melhora na estabilidade é atingida pelas mudanças permanentes no sistema de forças atuantes no maciço. Mesmo para taludes de corte com níveis de erosão diferenciados, e em locais com deposição de massas coluviais, o retaludamento já foi efetuado com sucesso em vários locais.

13.10.7.2 Obras de Drenagem

A experiência tem mostrado que em todo talude de corte, de aterro e de encostas naturais, adjacentes à estrutura da CGH, uma eficiente proteção superficial e um sistema de drenagem superficial, que dê escoamento rápido à água da chuva, impedindo sua infiltração e erosão superficial, melhoram as condições de estabilidade dos maciços.

Alguns dispositivos muito utilizados tanto de drenagem profunda quanto superficial:

13.10.7.3 Drenos Horizontais Profundos

São dispositivos destinados a rebaixar o lençol freático, melhorando a estabilidade dos maciços, pois provocam sensível redução da pressão neutra. Tais drenos caracterizam-se pela facilidade, rapidez de execução e, geralmente, por uma resposta rápida. O dimensionamento de tais drenos é realizado em função das análises de estabilidade, que envolvem a caracterização do escoamento.

13.10.7.4 Valetas de Proteção de Corte e/ou Sarjetas

São dispositivos destinados à captação e condução de águas superficiais precipitadas ou de vertentes, buscando interceptar e conduzir de forma rápida, evitando que estas águas escoem pelo talude carreando com isso partículas finas de solo, e conseqüentemente erodindo e/ou desestabilizando o maciço;

As valetas de proteção de corte deverão ser construídas aproximadamente paralelas às cristas dos cortes, normalmente a uma distância mínima de 3,00 metros da linha dos off-sets. O material resultante da escavação deve ser colocado entre a valeta e a crista do corte e apiloado manualmente. As valetas de proteção de corte deverão ser revestidas, o tipo de revestimento mais empregado é a grama em leivas.

As sarjetas de banquetas ou saia de aterro, devem ser executadas, junto ao pé do talude. O tipo de revestimento mais adequado é de concreto.

Na execução deve-se evitar mudanças de direção dentro do corte, pois poderá haver acúmulo de material carregado pelas águas. Nos trechos em curvas, as sarjetas deverão ser executadas de forma a não constituírem segmentos retos interligados, mas uma geometria curvilínea contínua.

Devem ser previstos dispositivos para encaminhar as águas captadas pela sarjetas, a fim de dar destino final, isto é, caixa de captação, descida d' água, dissipador de energia, etc.

Executar a limpeza periódica nas valas e/ou sarjetas, com o objetivo de manter sempre limpas, isentas de materiais carreados pelas águas, que poderão vir a obstruir e dificultar o escoamento.

13.10.7.5 Dreno Sub-horizontal

São dispositivos utilizados para a drenagem de maciços saturados, através da remoção dos volumes líquidos acumulados no interior desses maciços e que são capazes de comprometer sua estabilidade.

A locação dos drenos sub-horizontais, devem ser nas zonas de contato (solo/rocha), visando interceptar as águas de infiltração e a evitar a formação de superfícies de ruptura, que poderá levar a desestabilização e escorregamento dos taludes, e conseqüente problemas com a obstrução do canal adutor. Os drenos sub-horizontais visam também, o alívio de pressões internas do maciço;

O reconhecimento visual para locação é onde a água verte ou aflora nos taludes, mantendo o mesmo permanentemente úmido. Buscando sempre criar linhas de fluxo.

O dreno é composto de um tubo de PVC com 50mm de diâmetro, ranhurados ou perfurados, envoltos em manta de geotêxtil e colocados no interior dos maciços a drenar. As águas fluirão para dentro dos tubos de PVC através de ranhuras abertas a cada 2,5 cm. Opcionalmente as ranhuras poderão ser substituídas por furos com 0,5cm de diâmetro feitos com pregos aquecidos, arco de pua ou furadeira.

As perfurações no maciço de solo deverão ser executadas com equipamentos apropriados, em diâmetro pouco superior a 50mm, de modo a permitir a colocação dos tubos de PVC enrolados com material geotêxtil. A inclinação deverá variar entre 5 e 10%.

Na extremidade de jusante do dreno, o tubo deve ser prolongado para fora do maciço em cerca de 10 cm para permitir que o escoamento seja feito de forma segura sobre a boca

de saída de concreto.

As águas descarregadas pelos drenos ao longo do maciço tenderão a se acumular nos pés dos cortes ou banquetas. Recomenda-se a execução de segmentos de sarjetas para a condução dessas águas até o seu destino final.

A manta de geotêxtil deverá ser fixada ao tubo de PVC através de cola adesiva e laçadas com fio de nylon. A manta de geotêxtil deverá ser cortada em uma largura média de 20 cm, para permitir um recobrimento mínimo de 4cm nas extremidades, quando de sua fixação ao tubo de PVC. A utilização de cola adesiva para a fixação da manta de geotêxtil ao tubo deve ser restrita a segmentos de 10 cm a cada metro, em todo o perímetro do tubo.

As águas coletadas pelos drenos sub-horizontais serão descarregadas através de bocas de saídas de concreto, posicionadas na superfície dos taludes, e que têm também a finalidade de ancorar os drenos sub-horizontais no maciço.

13.10.7.6 Obras de Proteção Superficial

A proteção superficial de taludes de corte ou de aterro e encostas naturais, por revestimento vegetal, imprimação asfáltica, etc., desempenha papel extremamente importante na estabilização dos mesmos, impedindo a erosão e a infiltração de água.

13.10.7.7 Revestimento Vegetal

O meio mais simples e eficiente de proteção de taludes ainda é o revestimento vegetal, representado pelas gramíneas, que os protege contra a erosão das águas das chuvas e do vento. O crescimento e desenvolvimento da grama faz com que ela absorva a maior parte do impacto das gotas de chuva. Suas raízes fixam o solo superficial, impedindo que ele seja carregado pela água, talude abaixo.

Para que a colocação do revestimento vegetal seja eficaz deve ser escolhido o procedimento e a espécie mais adequada, levando-se em conta o tipo de solo, a inclinação do talude e as condições climáticas. Dentre os procedimentos mais usuais, no nosso meio, destacam-se a grama em placas, a hidrossemeadura e o uso de mudas.

- **Grama em placas** – sobre a superfície do talude, que deve ser previamente adubada ou recoberta com camada de solo fértil, é colocada manualmente gramas em placas, quadradas ou retangulares. Em condições normais, a grama desenvolve raízes, fixando-se no terreno natural, desenvolve-se e cobrindo toda a superfície do terreno. Em taludes e encostas com inclinação muito acentuada, para que as placas de grama não sofram deslocamento, utiliza-se pequenas estacas de madeira para fixá-las no terreno, até o desenvolvimento das raízes ou, então, utiliza-se o que se chama de grama armada, que consiste na aplicação sobre o talude de uma tela plástica, cuja função é estabelecer uma interação entre os estolões e raízes das gramas e o solo.
- **Hidrossemeadura** – Nesse procedimento usa-se um consórcio de sementes de espécies de gramíneas e leguminosas, com fertilizante adequado ao tipo de solo, além de produto fixador, cuja função é manter as sementes no talude. Pode-se utilizar, também, a tela plástica que sombreia o talude, retém a umidade por um período maior e ajuda a dissipar as águas das chuvas na superfície do talude. Na hidrossemeadura, a mistura de sementes, juntamente com o adubo, é jateada sobre a superfície do talude.
- **Mudas** – A superfície pode ser recoberta com mudas cultivadas de vegetação nativa. Este procedimento é utilizado em encostas naturais, como recomposição do meio ambiente.

13.10.7.8 Outras Obras

O concreto projetado e a gunita (argamassa projetada) são aplicados sobre a superfície do talude, previamente limpo e recoberto com tela metálica, empregando-se equipamento com capacidade de projetar a mistura. Normalmente, o processo é utilizado em condições especiais, por causa do seu custo elevado. Seu uso em solo deve ser analisado com cuidado, pois sua maior rigidez impede que ele acompanhe pequenas deformações do talude, vindo a trincar e quebrar, muitas vezes destruindo a proteção almejada.

Em taludes rochosos, nos locais onde podem ocorrer desprendimento de blocos, a tela metálica, fixada pôr meio de chumbadores, pode ser usada .

13.10.8 Instrumentação de Taludes

Existem vários instrumentos usados para acompanhar e medir variações de parâmetros importantes para a configuração da estabilidade de taludes. Aqui são citados aqueles mais utilizados em obras.

13.10.8.1 Marcos Topográficos

Dentre todos, o sistema de marcos topográficos é o mais simples para acompanhar os movimentos de um maciço. No entanto, apesar de simples na sua idealização, o controle de deslocamentos superficiais, com o uso destes marcos, requer a obtenção de dados confiáveis e de elevada precisão.

O sistema consiste em implantar, na área a ser controlada, uma malha de marcos, em pontos estrategicamente escolhidos. A medição do vetor deslocamento de cada marco, nos seus três componentes espaciais, é feita através de triangulações e nivelamentos sucessivos, realizados de tempo em tempo, especialmente após eventos importantes, tais como chuvas intensas, aparecimento de trincas ou ocorrência de escorregamentos, sempre relacionando a posição de cada marco em relação a dois ou mais pontos fixos.

13.10.8.2 Fissurômetros

Os fissurômetros são utilizados para verificar a evolução de trincas na superfície de maciços rochosos ou de estruturas rígidas. Para isso são instalados pinos em pares ou triplos, em cada lado da trinca, medindo-se a variação de distância entre os pinos. Obtêm-se, assim, não só o valor de uma componente horizontal, mas também o vetor deslocamento num plano vertical, que contém os dois pinos, geralmente posicionados na direção do maior declive.

13.10.8.3 Extensômetros

Podem ser também usados extensômetros para verificação de movimentos em profundidade, indicando o deslocamento relativo, entre dois pontos: cabeça do extensômetro na superfície e ancoragem em profundidade.

13.10.8.4 Inclinômetros

Aparelhos que medem deformações em profundidade. O tubo do inclinômetro acompanha o movimento, devido sua flexibilidade, podendo ser determinada a

profundidade em que ocorre o maior deslocamento.

13.10.8.5 Medidores de Nível d'água e/ou Piezômetros

Finalmente, para verificar e acompanhar a hidrologia subterrânea, são utilizados medidores de nível d'água e piezômetros.

Em geral, as medidas obtidas são comparadas aos índices pluviométricos do período e com as vazões obtidas nos drenos profundos, para se analisar as condições hidrogeotécnicas.

14. REAVALIAÇÃO DA SEGURANÇA DA BARRAGEM

A reavaliação da segurança da barragem deve ser executada em intervalos de tempo regulares, para a barragem e seus estruturas associadas, incluindo seus planos de operação, manutenção, inspeção e de emergência, a fim de se determinar se estes são seguros em todos os aspectos e, caso não o sejam, determinar as melhorias necessárias para a segurança.

A reavaliação deverá ser executada por profissionais que sejam qualificados, por seu conhecimento e experiência, em projeto, construção, avaliação de desempenho e operação de barragens.

A reavaliação deve utilizar as informações oriundas de qualquer reavaliação anterior, desde que a sua confiabilidade e validade possam ser verificadas.

No relatório de cada reavaliação deve-se fixar a data da próxima. Em condições normais conforme o Manual de Segurança e Inspeção de Barragens do Ministério da Integração Nacional e Secretaria de Infra-estrutura Hídrica – esta barragem deverá ser reavaliada **a cada 10 anos**, ou caso ocorram mudanças significativas no comportamento da barragem ou nas condições locais (problemas geológicos/geotécnicos, sismos, eventos hidrológicos, etc.), deve-se efetuar uma reavaliação da segurança.

14.1 DETALHES DA REAVALIAÇÃO

14.1.1 Classificação da barragem

As conseqüências da ruptura de uma barragem devem ser avaliadas com base nas condições de jusante, previstas ou existentes, e na categoria por conseqüência de ruptura confirmada. Se a classificação não foi previamente determinada, ela deve ser estabelecida durante a reavaliação.

14.1.2 Inspeção do local

A reavaliação deve incluir uma inspeção adequada do local da barragem e de suas estruturas associadas, bem como a documentação pertinente.

Devem ser incluídos na inspeção do local, a barragem, sua fundação, dispositivos de descarga, dispositivos de saída, reservatório, áreas imediatamente a jusante, dispositivos de auscultação e as vias de acesso. Segue em anexo, roteiro e lista de inspeção.

14.1.3 Operação

A reavaliação deve determinar se foram elaborados, documentados e seguidos em todos os aspectos, os procedimentos seguros de operação e inspeção rotineiras propostas. A adequação da documentação deve ser revista. A reavaliação deve incluir o ensaio dos equipamentos necessários para se operar os dispositivos de descarga (incluindo os equipamentos sobressalentes e de emergência, para o fornecimento de energia), que sejam necessários para a passagem segura da Cheia Afluente de Projeto (CAP).

A documentação dos procedimentos para operação segura devem constar de um Manual de Operação, Manutenção e Inspeção (OMI), o qual deve estar disponível para o pessoal de operação, no local da CGH. Se as comportas e equipamentos de descarga tiverem sido testados e operados no decorrer do ano, uma revisão desses ensaios ou da operação, podem ser suficientes para a reavaliação.

14.1.4 Inspeção e monitoração do desempenho da barragem

A reavaliação deve determinar se os métodos e a freqüência de observação e monitoração são adequados e suficientes para se detectar qualquer condição de anomalia ou instabilidade em função do tempo.

A reavaliação deve determinar se os dados de monitoração foram regularmente analisados e usados, para assegurar pronta detecção de qualquer condição potencialmente insegura na barragem, relativa aos níveis d'água e dos taludes do reservatório.

14.1.5 Procedimento para a Operação em Regime de Cheias

Durante a estação de cheias, comportas e instalações com capacidades suficientes, necessárias para o descarregamento de vazões, até a Cheia Afluente de Projeto (CAP) devem ser mantidas em condições operacionais e especificados os procedimentos para a operação segura.

Qualquer restrição com relação à operação de comportas deve ser documentada.

O reservatório deverá ser operado de tal modo que a Cheia Afluente de Projeto possa ser seguramente controlada. O esvaziamento, bem como quaisquer outras operações de controle do reservatório devem ser documentadas. Deve estar disponível uma descrição de todas as partes da barragem que afetem os requisitos acima expostos.

Instruções concisas de operação, tanto para os procedimentos de operação normal quanto para o caso de cheia extrema, devem estar disponíveis para operadores qualificados da CGH.

Os detalhes das condições normais de operação devem informar itens tais como:

- afluência e descargas;
- níveis normais;
- volume de acumulação;
- curvas de descarga do vertedouro e de jusante;
- parâmetros de operação do vertedouro;
- fornecimento de energia;
- restrições ambientais.

15. GESTÃO AMBIENTAL

Hoje, as ações públicas e privadas têm se voltado, sobretudo, para a questão da

efetividade dos procedimentos que visam atender as exigências ambientais. Isto tem sido perseguido por meio de instrumentos de gestão ambiental que, basicamente, consistem na sistematização de procedimentos técnicos e administrativos para assegurar a melhoria e o aprimoramento contínuo do desempenho ambiental de um empreendimento ou de uma área a ser protegida e, em decorrência, obter o reconhecimento de conformidade das medidas e práticas adotadas.

Tanto a caracterização, como a previsão devem considerar o uso de indicadores, ou seja, elementos que permitam traduzir, de modo simples e objetivo, a alteração no processo do meio físico, e assim, permitir avaliação de sua influência na qualidade ambiental.

Para isso, os indicadores devem fornecer medidas de magnitude das situações atual ou futura da alteração, sendo traduzidos por parâmetros quantitativos ou qualitativos.

PROCESSO DO MEIO FÍSICO	INDICADOR	PARÂMETRO
Erosão pela água	Feições erosivas (sulcos, ravinas)	Comprimento, largura e profundidade (m); Área afetada (m ²) Profundidade do N.A. aflorante
Escorregamento	Feições de massas em movimentação	Comprimento e largura de trincas (cm,m) Presença e altura de degraus (cm), inclinação(% , graus) Grau de saturação (%) Profundidade do N.A. (m)
	Feições de massas movimentadas	Geometria Volume (m ³) Grau de saturação (%)
Deposição de sedimentos ou partículas	Aporte de sedimentos	Sedimentos em suspensão (mg/l) Vazão sólida/vazão líquida
	Dimensão do assoreamento	Classificação do material (argila, silte, areia, detritos) Volume do depósito (m ³) Área ocupada no curso/corpo d'água (m ²) Área ocupada na zona de inundação (m ²)
Escoamento das águas em superfície	Aporte do escoamento	Vazão líquida (m ³ /s)
Movimentação das águas de subsuperfície	Evidências de colmatação do solo	Diferença entre coeficientes de permeabilidade Profundidade do N.A. (m)

	Elevação/rebaixamento do solo	Profundidade do N.A. (m) Amplitude de oscilação (m) Interceptação do N.A. (m)
	Grau de umidade do solo	Teor de umidade (%) Distribuição dos tamanhos dos poros
Interações físico-químicas na água (superficial ou subterrânea), no solo e na rocha	Presença de partículas em suspensão na água	Sólidos em suspensão (mg/l) Turbidez
	Acidez da água ou solo	PH
	Grau de compactação do solo	Espessura (cm) e extensão (m) da camada compactada Densidade seca do solo (g/cm ³) Distribuição do tamanho dos poros Condutividade hidráulica (cm/s)
Subsidência	Feições de afundamento ou colapso do solo	Largura de trincas de tração no solo ou de compressão em edificações (cm) Altura de degraus no solo (cm) Recalque (cm)
Queda de bloco ou detrito	Presença de blocos ou matacões instáveis	Número e tamanho dos blocos instáveis

15.1 GESTÃO AMBIENTAL DO EMPREENDIMENTO

O primeiro grupo de instrumentos de gestão ambiental compreende os que têm sido comumente aplicados em empreendimentos, destacando-se a avaliação de impacto ambiental, recuperação de áreas degradadas, monitoramento ambiental, auditoria ambiental, análise de riscos ambientais, investigação de passivo ambiental e sistema de gestão ambiental.

Tabela sobre aspectos gerais de instrumentos de gestão ambiental e aplicação, segundo a situação de instalação do empreendimento

ASPECTOS GERAIS DOS INSTRUMENTOS	A INSTALAR	INSTALADO
Quanto ao caráter	Preventivo	Corretivo Manutenção
Quanto aos objetivos	Prever e prevenir alterações ambientais	Minimizar alterações ambientais Melhorar imagem e relacionamento com a comunidade
Quanto ao critério na interpretação das alterações ambientais	Subjetivo (depende de julgamento de valor)	Objetivo (baseia-se em normas, exigências ou padrões legais estabelecidos)
Quanto aos tipos adequados	Avaliação de impacto ambiental Plano de recuperação de áreas degradadas	Recuperação de áreas degradadas Monitoramento ambiental Análise de riscos ambientais

	Diagnóstico Ambiental	Análise dos Impactos Ambientais	Medidas Mitigadoras	Elaboração de programas
Atividades	Dinâmica superficial Erosão/assoreamento Instabilizações e movimento de massa Subsidências e colapsos - Águas subterrâneas	Identificação e previsão das alterações nos processos naturais Avaliação de intensidade das alterações Análise da reversibilidade das alterações	Controle das alterações dos processos Mudanças em aspectos do empreendimento Recuperação de áreas Estabelecimento de sistemas de segurança	Monitoramento dos impactos Programas de compensação Programas de gestão ambiental
Metas	Identificação dos processos e estabelecimento de indicadores	Mensuração qualitativa e quantitativa	Viabilização ambiental	Plano de ação ambiental

15.1.1 Recuperação de Áreas Degradadas

Na prática, o conceito de recuperação incorpora o de reabilitação, prevalecendo duas perspectivas básicas: uma referente à execução articulada de medidas que assegurem a estabilidade do ambiente a curto prazo e outra vinculada a eventual projeto de uso futuro para a área, portanto de médio a longo prazo, a qual agrega o conceito de sustentabilidade ambiental.

Os principais tipos de medidas técnicas que podem ser aplicadas na recuperação de uma área degradada, objetivando assegurar a estabilidade do ambiente.

TIPO DE MEDIDA TÉCNICA	OBJETIVO PRINCIPAL	CARACTERÍSTICAS DA IMPLEMENTAÇÃO
Revegetação	Estabilização biológica	Compreende desde a fixação localizada de espécies vegetais até a implantação de extensivos reflorestamentos
Geotécnica	Estabilização física	Compreende a execução de variado elenco de medidas ou obras, com ou sem estruturas físicas de contenção e/ou retenção, aplicadas no controle de processos do meio físico
Remediação ou tratamento	Estabilização química	Compreende o uso de métodos e técnicas de tratamento destinados a eliminar, neutralizar, imobilizar, confinar ou transformar substâncias contaminantes presentes em solos e/ou nas águas superficiais e subterrâneas

A proteção vegetal tem sido o instrumento mais utilizado por esta CGH no sentido de assegurar a estabilidade ambiental, consistindo num item de suma importância do empreendimento.

15.1.2 Proteção Vegetal

A proteção vegetal consiste no plantio de espécies vegetais diversas, com a finalidade de preservar áreas expostas dos taludes, faixa de domínio ou áreas de ocorrências de materiais explorados, dando-lhes condições de resistência à erosão e atenuando os

efeitos de agressão ao meio ambiente.

Os tipos básicos de proteção vegetal empregados e considerados são os seguintes:

15.1.2.1 Grama em Leivas ou Mudas

A execução da proteção vegetal, através do plantio de grama com a utilização de leivas ou mudas constará, basicamente, das seguintes atividades:

- preparo do solo: compreendendo, quando for o caso, o revolvimento do solo, nivelamento, drenagem da área, cobertura com terra vegetal, tratamento do solo contra pragas, adubação e correção do solo.
- Produção de leivas: compreendendo a poda, arrancamento, carga, transporte e descarga das leivas.
- No caso de enleivamento, as placas terão dimensões uniformes e serão assentadas sobre o solo previamente preparado e compactado com soquetes de madeira. Caso seja necessário, deverão ser empregadas técnicas de fixação das leivas ao terreno, utilizando-se ponteiros de madeira.
- Para o caso das mudas, as operações de plantio compreendem: transformação das leivas em mudas ou touceiras, abertura das cavas, colocação das mudas, fechamento e apiloamento das cavas. A quantidade de mudas plantadas por metro quadrado, é usualmente, a razão de 100 mudas por metro quadrado.
- Irrigação: será feita com equipamento apropriado, e esta operação será repetida, sempre que necessário, até a definitiva fixação das leivas ou mudas ao solo.

15.1.2.2 Hidrossemeadura

- Proteção vegetal dos taludes e banquetas com espécies vegetais adequadas ao clima local e ao terreno, através de hidrossemeadura, método eficaz e bastante utilizado.
- O plantio de grama pelo processo de hidrossemeadura deverá seguir as etapas seguintes:
- preparo do terreno: compreendendo a regularização da superfície.
- “picoteamento” manual , para proporcionar maior fixação do adubo e semente ao solo.
- Jateamento das sementes e adubo, previamente colocados no reservatório do

equipamento utilizado.

- Irrigação através de equipamento apropriado para alcançar grandes alturas, não se admitindo a adoção de métodos impróprios que possam comprometer a estabilidade dos maciços. Esta operação deverá ser repetida, sempre que necessário, de forma a permitir a germinação e o desenvolvimento apropriado da vegetação.
- O controle será feito por apreciação visual dos serviços, observada a correta aplicação.
- A escolha do tipo de vegetação a ser aplicada, deverá ser escolhida por analogia e/ou por técnico especializado.

15.1.2.3 Árvores e Arbustos

O plantio de árvores e arbustos compreende:

- preparo das covas, nas dimensões adequadas ao tipo de muda;
- produção e transporte das mudas para o local;
- colocação da mudas nas covas, adição de adubos, corretivos ou defensivos, conforme a necessidade, recobrimento com solo local e apiloamento.
- Irrigação até a “pega” definitiva das mudas.

15.1.2.4 Controle Tecnológico e de Acabamento

O controle será feito por apreciação visual dos serviços, observada a correta aplicação e dando-se ênfase aos seguintes itens:

- verificação da qualidade das mudas e sementes empregadas.
- verificação do correto emprego de adubos, corretivos e/ou defensivos.
- verificação visual do acabamento final.

15.1.2.5 Materiais Utilizados

15.1.2.5.1 Sementes e Leivas

- as sementes empregadas no processo de hidrossemeadura, serão de gramíneas ou leguminosas de comprovada aplicabilidade à região e alto poder germinativo, cujos tipos serão definidos no projeto de recuperação
- o emprego de leivas será controlado pela contratante através da verificação, no

local de extração, das condições de sanidade e desenvolvimento das mesmas.

15.1.2.5.2 Mudanças

- as mudas utilizadas para o plantio de grama, árvores e arbustos deverão ser de espécies vegetais escolhidas devendo-se dar preferência a plantas nativas da região.

15.1.2.5.3 Adubos e Corretivos

- serão usados preferencialmente adubos de origem animal, isentos de sementes de ervas quaisquer, palhas e outros materiais estranhos.
- O emprego de adubos comerciais e corretivos, permitidos aqueles que não contenham agentes tóxicos e/ou poluidores do meio ambiente.

15.1.2.5.4 Terra Vegetal

- deverá ser aproveitado material resultante das operações de limpeza do terreno, terraplenagem em solo, etc.
- quando se tratar de melhoramentos ou restaurações, a terra vegetal será adquirida de outras fontes, próximas ao local.

15.2 MONITORAMENTO AMBIENTAL

O instrumento de monitoramento ambiental consiste, essencialmente, em realizar medições e observações específicas, em geral, dirigidas a alguns poucos indicadores e parâmetros, com objetivo de verificar se determinados impactos ambientais estão ocorrendo, dimensionar a sua magnitude e, ainda, avaliar se as correspondentes medidas preventivas adotadas estão sendo ou não eficazes.

Este instrumento pode ser aplicado de maneira isolada em um empreendimento ou integrado a outro, como a avaliação de impacto ambiental ou a recuperação de áreas degradadas. A estabilidade geotécnica é monitorada por meio de instrumentação do corpo do aterro por marcos topográficos superficiais, medidores de recalque e piezômetros, visando detectar possíveis deslocamentos verticais ou horizontais e níveis de pressões neutras ocorrentes no maciço.

➤ PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA (PAE)

As barragens são classificadas pelos agentes fiscalizadores, por categoria de risco, por dano potencial associado e pelo seu volume, com base em critérios gerais estabelecidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH).

A classificação por categoria de risco em alto, médio ou baixo será feita em função das características técnicas, do estado de conservação do empreendimento e do atendimento ao Plano de Segurança da Barragem.

A classificação por categoria de dano potencial associado à barragem em alto, médio ou baixo será feita em função do potencial de perdas de vidas humanas e dos impactos econômicos, sociais e ambientais decorrentes da ruptura da barragem.

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

A ocorrência de um fenômeno natural, geológico e hidrológico, podem ou não gerar perdas e danos, afetando a estrutura da CGH como um todo, inclusive com o registro de acidentes e de grandes prejuízos econômicos, sociais e ambientais.

16. CONCEITOS FUNDAMENTAIS

- **Acidente** = fato já ocorrido, onde foram registradas conseqüências sociais e econômicas (perdas e danos).
- **Evento** = fato já ocorrido, onde não foram registradas conseqüências sociais e econômicas relacionadas diretamente a ele.
- **Risco** = Possibilidade de ocorrência de um acidente.

16.1 RISCO ESTRUTURAL/GEOLÓGICO/HIDROLÓGICO

As situações de risco podem ser identificadas e representadas na forma de **risco atual** ou de **risco potencial**.

Em relação aos processos geológicos causadores de risco, as informações mais importantes devem estar contidos em mapas de implantação geral, fotografias tomadas

em diversas épocas, além de sondagens direta do subsolo, relatório de obras civis executadas no passado e relatórios periódicos realizados.

Em relação as estruturas em concreto o Programa Periódico de Inspeção e Monitoramento, contempla todas as etapas de ações necessárias para garantir a estabilidade e funcionalidade da CGH. O risco hidrológico ocorre no caso de enchentes excepcionais o qual o empreendimento está sujeito.

16.2 LEVANTAMENTO DE DADOS

Durante a fase de levantamento de dados é importante organizar, em banco de dados digitais, os que já foram coletados, juntamente com os primeiros resultados de sua interpretação, de modo permitir o acesso rápido às informações e, dessa forma, garantir uma discussão permanente sobre os critérios de identificação do risco estrutural, hidrológico e/ou geológico.

A estrutura, o acesso e a saída deste banco de dados devem ser os mais simples possíveis, de preferência sob a forma de planilhas, de modo a viabilizar a sua consulta pôr parte de não especialistas.

16.3 MAPEAMENTO

16.3.1 Trabalho de Campo

Os trabalhos de campo se iniciam com um levantamento expedito da área de estudo, visando:

- ambientar a equipe técnica com os materiais geológicos presentes na área;
- avaliar a qualidade das informações obtidas com a interpretação das fotografias e cartas topográficas;
- explicar os objetivos dos trabalhos aos funcionários, visando a melhor operacionalidade dos trabalhos de campo e compatibilização de interesses.

16.3.2 Trabalho de Escritório

O resultado da etapa inicial de campo é a preparação de um mapa geológico-geotécnico expedito, no qual devem estar delimitadas as unidades com características homogêneas

no que se refere ao potencial de ocorrência dos processos geológicos.

De posse do esboço deste mapa, define-se a escala de trabalho necessária à representação cartográfica dos processos geológicos causadores de risco e dos limites das áreas sujeitas às conseqüências destes processos.

16.3.3 Representação das Informações

Representação da informações diretamente relacionadas ao risco, que podem ser sintetizadas da seguinte maneira:

- reunião das informações sobre as áreas afetadas no passado por processos geológicos que tenham causado danos: descrevem-se as características dos materiais geológicos envolvidos, a extensão dos prejuízos acumulados e as medidas técnicas tomadas para redução das conseqüências dos acidentes. No caso de registro de ocorrência de mais de um processo geológico na área em estudo, estes devem ser discriminados e classificados corretamente;
- reunião das informações sobre os pontos, setores e/ou áreas sujeitos à ocorrência dos mesmos processos geológicos no presente e no futuro: descrevem-se o tipo de processo e o potencial de destruição imposto por ele, incluindo a localização geográfica, as características geométricas das feições geológico-geotécnicas, o número e a identificação das propriedades e pessoas ameaçadas;
- definição de um grau de risco de acidentes em cada ponto, setor ou área de risco;
- indicação de eventuais investigações complementares e de medidas adicionais para reduzir o risco: descrevem-se detalhadamente os estudos necessários ao adequado entendimento dos mecanismos de evolução dos processos geológicos ou recomenda-se uma solução mais apropriada para a redução das conseqüências de possíveis acidentes;

Na tabela seguinte, são apresentados os processos geológicos causadores de risco, associando-se às feições ou características normalmente relacionadas à sua ocorrência, as quais correspondem a aspectos elementares a serem observados durante os trabalhos de campo.

Processos	Principais Condições Predisponentes	Exemplos de intervenções desencadeadoras	Algumas feições de campo indicativas	Exemplos de danos possíveis
Escorregamentos	Encostas com inclinação elevada, depósito de tálus e coluviões, concentração do escoamento d'água de superfície e de subsuperfície, pluviometria média anual elevada	Eliminação da cobertura vegetal, cortes instabilizantes, aterro construído sem controle, transbordamento de água de canal adutor	Trincas no terreno, degraus de abatimento, árvores e muros inclinados ou tombados	Rompimento de canal adutor, tubulações, desestabilização de blocos, obstrução de canal adutor
Inundações e alagamentos	Alta densidade de drenagem da bacia, capacidade de escoamento ultrapassada, assoreamento	Eliminação da cobertura vegetal, estrangulamento da drenagem (impactos a montante)	Marcas de inundação em árvores, barrancos e construções, áreas úmidas ou com acúmulo de água mesmo sem chuvas, sedimentos atuais cobrindo o terreno original, solapamento de margens	Acúmulo de grande quantidade de resíduos, esforços adicionais nas paredes do canal adutor, parada da operação da PCH, extra vazamento do canal adutor
Erosão hídrica	Solos arenosos e siltosos pouco coesivos, inclinações acentuadas dos terrenos, concentração do escoamento d'água de superfície, chuvas intensas	Eliminação da cobertura vegetal, lançamento concentrado e não dissipado de águas de chuva, cortes e aterros não protegidos, caminhos e trilhas que concentram escoamento	Área de solo nu, solos sem horizontes superficiais, feições erosivas lineares (sulcos, ravinas), depósito de sedimentos à meia encosta, assoreamento de fundo de vales	Impactos diversos nos recursos hídricos

Subsidência por adensamento	Solo amolecido por infiltração de água		Inclinação e desnivelamento das estruturas e do terreno, trincas no terreno	Inutilização de construções devido a recalques ou rupturas, rompimento de canal adutor, vazamentos
Colapso de solos	Presença de solos que apresentam recalques importantes quando saturados e submetidos a sobrecargas	Obras que provocam a saturação dos solos de fundação, rompimento e/ou vazamentos	Idem acima, afundamentos e formação de cavidades	Idem acima
Expansão de terrenos	Presença de rochas e solos que apresentam aumento de volume ao serem desconfinados e sob a ação da umidade, presença de argilominerais expansíveis	Cortes que eliminam camadas superficiais protetoras ou desconfinam o material, cortes que permitem a ação das intempéries.	Ondulações e trincas em pisos, trincas em paredes, material desagregando nas superfícies de cortes, rupturas em taludes muito suaves	Instabilização de taludes, de fundações e de cavidades subterrâneas, ruptura de pavimentos

Tabela 03 – Processos geológicos causadores de risco mais freqüentes no Brasil

16.3.4 Representação cartográfica

A representação cartográfica do risco é uma etapa de escritório que deve respeitar o volume e a qualidade das informações coletadas nas fases de pesquisa bibliográfica, levantamento de dados e mapeamento de campo. Uma característica fundamental desta fase é buscar atender as exigências do pleno funcionamento da CGH.

A distribuição do risco geológico pode ser representada de duas maneiras:

- **Cadastramento de Risco** – no qual são plotados os pontos notáveis sujeitos a risco, com indicação do grau de risco, acompanhado da adequada documentação sobre processos e possíveis danos, representados em croquis esquemáticos e fotografias locais;

- **Zoneamento de Risco** – no qual são delimitadas as zonas homogêneas em relação ao grau de risco, estabelecendo tantas classes de áreas de risco quantas necessárias, levando-se em consideração a qualidade e a quantidade das informações coletadas.

16.4 CLASSIFICAÇÃO DOS RISCOS

As planilhas de avaliação da segurança das barragens (anexo 01) classificam os riscos conforme abaixo:

SITUAÇÃO:

NA – Este item Não é Aplicável: O item examinado não é pertinente à barragem que esteja sendo inspecionada.

NE – Anomalia Não Existente: Quando não existe nenhuma anomalia em relação ao item que esteja sendo examinado.

PV – Anomalia constatada pela Primeira Vez: Quando da visita à barragem, aquela anomalia for constatada pela primeira vez, não havendo indicação de sua ocorrência nas inspeções anteriores.

DS – Anomalia Desapareceu: Quando em uma inspeção, uma determinada anomalia verificada na inspeção anterior não mais esteja ocorrendo.

DI – Anomalia Diminuiu: Quando em uma inspeção, uma determinada anomalia presente-se com menor intensidade ou dimensão, em relação ao constatado na inspeção anterior, conforme pode ser verificado pela inspeção ou informado pela pessoa responsável pela barragem.

PC – Anomalia Permaneceu Constante: Quando em uma inspeção, uma determinada anomalia presente-se com igual intensidade ou a mesma dimensão, em relação ao constatado na inspeção anterior, conforme pode ser verificado pela inspeção ou informado pela pessoa responsável pela barragem.

AU – Anomalia Aumentou: Quando em uma inspeção, uma determinada anomalia presente-se com maior intensidade, ou dimensão, em relação ao constatado na inspeção anterior, capaz de ser percebida pela inspeção ou informada pela pessoa responsável pela barragem.

NI – Este item Não foi Inspecionado: Quando um determinado aspecto da barragem deveria ser examinado e por motivos alheios à pessoa que esteja inspecionando a

barragem, a inspeção não foi realizada.

MAGNITUDE:

I - Insignificante: Anomalia que pode simplesmente ser mantida sob observação pela equipe local da barragem

P - Pequena: Anomalia que pode ser resolvida pela própria equipe local da barragem.

M - Média: Anomalia que pode ser resolvida pela equipe local da barragem com apoio da equipe sede do empreendedor ou apoio externo.

G - Grande: Anomalia que só pode ser resolvida com apoio da equipe da sede do empreendedor ou apoio externo.

NÍVEL DE PERIGO DA ANOMALIA:

0 - Nenhum: não compromete a segurança da barragem, mas que pode ser entendida como descaso e má conservação.

1 - Atenção: não compromete a segurança da barragem a curto prazo, mas deve ser controlada e monitorada ao longo do tempo.

2 - Alerta: risco a segurança da barragem, devem ser tomadas providências para a eliminação do problema.

3 - Emergência: risco de ruptura iminente, situação fora de controle.

17. EVENTOS EXCEPCIONAIS E FATORES DE RISCO

Historicamente, as rupturas de barragem no Brasil estão relacionadas a dois fenômenos principais: overtopping e pipping. O Overtopping ou o galgamento de barragem são responsáveis por 35% dos acidentes em obras hidráulicas com reservatório, e o pipping, ou ruptura progressiva por 29%, conforme se verifica no gráfico abaixo. Registros de acidentes com menor incidência estão: percolação descontrolada pelo maciço (10%), atrasos no cronograma de obra (5%), fluxos não previstos em projeto (4%), trincas por deslocamento diferencial (4%), região de contato entre estruturas (4%), falha de compactação (4%), abalos sísmicos (3%) e outros fatores (3%).

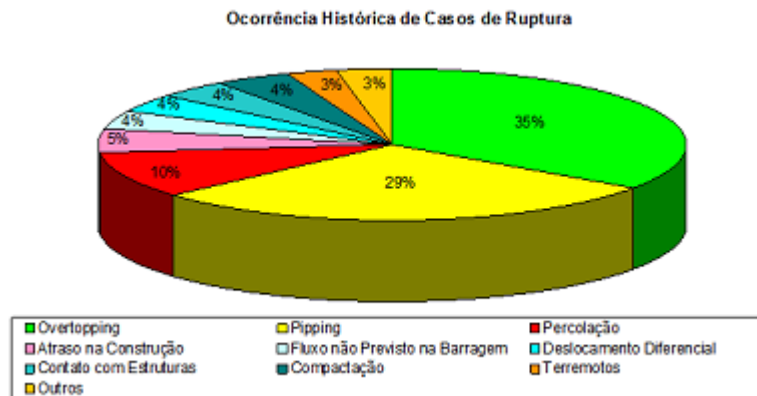


Gráfico 01 – Ocorrências históricas dos tipos de ruptura de barragens (fonte: ICOLD).

A ruptura por pipping, carreamento de partículas do maciço da barragem pelo fluxo descontrolado no sentido montante-jusante, está relacionada à falha (projeto ou construção) no sistema interno de drenagem, ou surgimento de trincas no barramento, que estabelecem um caminho preferencial de fluxo.

A ruptura por galgamento se dá pelo extravasamento não controlado sobre a barragem, devido à elevação do nível do reservatório em elevações superiores à cota de coroamento da barragem. Esta situação está relacionada ao dimensionamento inadequado das estruturas de controle hidráulico (vertedouro, extravasores, etc.), falhas operativas, ou cheias naturais ou artificiais que superem a vazão de dimensionamento de projeto das estruturas hidráulicas.

A seguir são relacionados alguns dos eventos excepcionais que podem acarretar diretamente na redução dos coeficientes de segurança e, por conseguinte, na ruptura da barragem. Para cada um desses eventos é apresentada uma seqüência de etapas a serem seguidas na tentativa de estabilizar o fenômeno, e evitar a ruptura das instalações.

17.1 ABALOS SÍSMICOS

Embora raro no Brasil, caso um tremor de terra com magnitude igual ou superior a 5 graus na escala Richter seja anunciado nas proximidades, ou o indivíduo responsável pela barragem tenha sentido tremores, dever-se-á:

- Efetuar imediatamente uma inspeção visual de toda a barragem e estruturas complementares;

- Se a barragem estiver rompendo, implementar imediatamente as instruções descritas no item de Ruptura em Progressão, do presente PAE;
- Se a barragem estiver danificada a ponto de acarretar em aumento de fluxo para jusante, implementar imediatamente os procedimentos descritos para Ruptura iminente, do presente PAE;
- Em outro caso, se ocorreu dano, mas este não é julgado sério o bastante para causar o rompimento da barragem, observar rapidamente a natureza, localização e extensão do dano, assim como o potencial de ruptura. Em seguida, entrar em contato com o projetista ou técnicos especializados para maiores instruções. Uma descrição das superfícies de deslizamentos, zonas úmidas, aumento ou surgimento de percolações ou subsidências, incluindo sua localização, extensão, taxa de subsidência, efeitos em estruturas próximas, fontes ou vazamentos, nível da água no reservatório, condições climáticas e outros fatores pertinentes será também importante;
- Caso não exista perigo iminente de ruptura da barragem, o proprietário deverá inspecionar detalhadamente o seguinte:
 - a) Coroamento e ambos os taludes da barragem, por trincas, recalques ou infiltrações;
 - b) Ombreiras, por possíveis deslocamentos;
 - c) Drenos ou vazamentos, por alguma turbidez ou lama na água ou aumento de vazão;
 - d) Estrutura do vertedouro para confirmar uma continuidade da operação em segurança;
 - e) Casa de força, tomada d'água, câmara de carga e canal de adução;
 - f) Áreas no reservatório e a jusante, por deslizamentos de terra;
 - g) Outras estruturas complementares.

Relate todos os aspectos observados para o responsável pela operação da usina e todas as outras instituições contatadas anteriormente durante a emergência. Também se certifique de observar cuidadosamente a barragem nas próximas duas a quatro semanas já que alguns danos podem não aparecer imediatamente após o abalo.

17.2 ENCHENTE NATURAL

O dimensionamento do vertedouro possui como critério de projeto o dimensionamento hidráulico da estrutura, para uma cheia de no mínimo TR=1.000 anos, verificada para uma cheia de TR=10.000 anos. No caso de um evento de cheia superior ao estimado no

dimensionamento da estrutura, procedimentos especiais devem ser efetuados para assegurar vidas e propriedades a jusante. Se ocorrer uma elevação do nível da água no reservatório acima de 2,0 m da crista do vertedouro barragem, ou seja, deve-se contatar o responsável pela operação da usina imediatamente, relatando o seguinte:

- Elevação atual do nível do reservatório e borda livre [m];
- Taxa de elevação do nível do reservatório [m/hora];
- Condições climáticas – passado, presente e previsão (mínimo para os próximos 7 dias);
- Condições de descarga dos riachos e rios a jusante;
- Notificar os residentes a jusante sobre o aumento de vazão;
- Verificar o aumento/redução de percolação devido à variação do nível da água;
- Verificar trincas, abatimentos, umedecimentos, deslizamentos ou outros sinais de perigo próximos às ombreiras ou crista.

17.3 ENCHENTE ARTIFICIAL

Uma enchente artificial pode ser caracterizada por uma onda de cheia criada pela ruptura ou vertimento excessivo da usina logo a jusante ou a montante da CGH Corrego.

17.4 EROSÕES, ABATIMENTOS E TRINCAMENTOS SIGNIFICATIVOS NA BARRAGEM OU OMBREIRAS

Caso se observe algum tipo de erosão, abatimento ou trincamento na barragem e ombreiras, determinar a localização, dimensão da área afetada (altura, largura e profundidade), severidade, estimativa de descarga, turbidez da água de percolação e os níveis de água no reservatório e na região a jusante. Se uma ruptura parecer provável, implementar imediatamente os procedimentos de Ruptura Iminente, caso contrário, contatar o responsável pela operação para instruções.

17.5 DESLIZAMENTOS DE TALUDES NATURAIS

Todo deslizamento de taludes na região de montante (área do reservatório e imediações do barramento) que tenham potencial para deslocar rapidamente volumes de água, pode gerar grandes ondas no reservatório e o conseqüente overtopping da barragem.

Todos os deslizamentos devem ser relatados ao responsável pela operação da usina. Entretanto, antes, é importante determinar a localização, extensão, causa provável, grau de efeito na operação, probabilidade de movimentos adicionais da área afetada e outras áreas de deslizamento, desenvolvimentos de novas áreas e outros fatores considerados relevantes. Novamente, registros fotográficos são importantes.

17.6 FALHA NA OPERAÇÃO DA USINA

No caso de vertedouro controlado, a adequada operação das comportas, obedecendo ao manual de operação determinado pelo projetista é fundamental. Na ocorrência de cheias, sejam elas naturais ou artificiais, o operador da usina deve estar atento à operação do seu vertedouro. No caso da CGH Corrego, como o vertedouro é do tipo soleira livre, este ponto não precisa de atenção especial por parte do proprietário.

Entretanto, a correta operação das comportas da tomada água, câmara de carga e sua estrutura de controle, bem como das turbinas e geradores, também são de fundamental importância para evitar um acidente nas instalações da usina.

17.7 FALTA DE MANUTENÇÃO

A falta de manutenção nos equipamentos e estruturas das usinas hidrelétricas ocasionam falhas operativas e criam situações de risco ao empreendimento. É de fundamental importância que os equipamentos da usina estejam em perfeito funcionamento, e os planos de manutenção devem ser obedecidos. Especial atenção deve ser dada aos seguintes equipamentos:

- Comportas;
- Grades;
- Conduto forçado;
- Talhas e pontes rolantes;
- Sistemas Auxiliares Elétricos e Mecânicos;
- Turbina;
- Geradores;
- Válvula borboleta;
- Estruturas civis: barragem, vertedouro, tomada d'água, canal de adução, Câmara de carga, apoios dos condutos, casa de força e canal de fuga.

17.8 RUPTURA DA BARRAGEM

No presente Plano de Ação foram mostradas alguns eventos e situações que podem por em risco a integridade da barragem, bem como quando uma ruptura pode estar se desenvolvendo.

17.8.1 Ruptura em Desenvolvimento Lento

Caso uma ruptura em desenvolvimento lento ou situação não usual esteja ocorrendo, onde a ruptura não seja iminente, mas possa ocorrer se nenhuma ação corretiva for efetivada, o encarregado deverá:

- Contatar a projetista ou profissional técnico especializado para uma inspeção da barragem;
- Verificar, durante estes contatos, se existe alguma ação imediata que possa ser tomada para reduzir o risco de ruptura previamente à inspeção;
- Caso a situação torne-se mais grave, antecipar a visita dos técnicos o mais brevemente possível.

17.8.2 Ruptura em Progressão

Caso uma ruptura esteja em progressão, a evacuação da área de inundação a jusante deve ser iniciada imediatamente de acordo com os passos a seguir:

- Notificar os órgãos responsáveis para que as pessoas imediatamente a jusante sejam avisadas a respeito da ruptura;
- Coordenar esforços com outras instituições e proprietários de barragens no mesmo rio para reduzir os efeitos da onda de cheia;
- Contatar a projetista ou profissional técnico especializado para uma inspeção da barragem, o mais rapidamente possível.

17.8.3 Ruptura Iminente

Caso a ruptura de uma barragem seja iminente, mas não tenha iniciado ainda, os seguintes passos devem ser seguidos imediatamente:

- Notificar os órgãos responsáveis para que as pessoas imediatamente a jusante sejam avisadas a respeito da ruptura;
- Coordenar esforços com outras instituições e proprietários de barragens no mesmo rio

para reduzir os efeitos da onda de cheia;

- Contatar a projetista ou profissional técnico especializado para uma inspeção da barragem, o mais rapidamente possível.
- Tomar ações imediatas no sentido de interromper o fenômeno.

17.9 PREVENÇÃO DE ACIDENTES GEOLÓGICOS

A possibilidade de prever a ocorrência de acidentes geológicos a partir da identificação e análise das áreas de risco, permite que sejam adotadas medidas de prevenção de acidentes.

O modelo para a redução dos riscos devem envolver profissionais de Engenharia é indispensável em todas as etapas do modelo, não devendo se restringir apenas à identificação e análise dos riscos.

A formulação e a proposição de medidas de prevenção de acidentes devem ser efetuadas logo em seguida à cartografia dos riscos geológicos (indicação dos locais ameaçados, quantificação e estabelecimento de prioridades).

A prevenção de acidentes geológicos deve considerar os seguintes objetivos:

- eliminar e/ou reduzir os riscos já instalados;
- evitar a instalação de novas áreas de risco;
- conviver com os riscos atuais.

17.10 PLANOS PREVENTIVOS

Os planos preventivos podem ser desenvolvidos em 04 fases: elaboração, implantação, operação e acompanhamento/avaliação.

17.10.1 Fase de Elaboração

É constituída pela reunião das informações técnico-científicas indispensáveis à formulação do plano de prevenção, englobando:

- estudo dos condicionantes do processo;
- definição do modelo;
- identificação das áreas de risco;

- análise do risco (graus de risco e priorização);
- definição do período de operação do plano preventivo;
- definição dos critérios técnicos de deflagração de ações preventivas;
- estabelecimento do sistema de acompanhamento de parâmetros técnicos;
- definição do conjunto de ações e medidas preventivas a ser implantados;
- definição de ações correspondentes a atendimentos de emergências.

17.10.2 Fase de Implantação

Caracteriza-se pela definição do sistema operacional dos planos preventivos, correspondendo às seguintes atividades:

- estabelecimento dos procedimentos operacionais;
- definição de atribuições e responsabilidades;
- definição do sistema de comunicação;
- definição do sistema de informação e da participação da equipe operacional;
- treinamento e divulgação.

17.10.3 Fase de Operação de Emergência e Acompanhamento

Engloba operação e o acompanhamento técnico dos planos preventivos, caracterizando-se pela efetivação das ações preestabelecidas. O momento adequado para a implantação de cada ação preventiva é determinado pelo contínuo acompanhamento e pela análise dos parâmetros técnicos, anteriormente definidos em função das características particulares de cada processo geológico.

As condições de emergência em potencial devem ser identificadas e listadas, juntamente com os parâmetros e restrições de operação recomendada.

As instruções devem detalhar a capacidade de vazão das estruturas e o correspondente nível d'água, listar as áreas de riscos a jusante e as vazões pelas quais elas serão afetadas e fornecer detalhes com relação aos sistemas de advertência, bem como, aos sistemas de energia primária e de segurança.

Devem ser estabelecidos procedimentos para o controle da descarga no caso de se desenvolver uma fissura ou brecha em potencial, e qualquer esvaziamento de

emergência do reservatório.

Os procedimentos e considerações gerais devem ser resumidos tais como qualquer instrução especial para a operação do vertedouro e sobre o esvaziamento do reservatório. Esses procedimentos deverão incluir limitações no enchimento ou no esvaziamento do reservatório e as implicações quanto ao aumento do fluxo a jusante (erosões possíveis, danos ao meio ambiente, danos a edificações, etc).

17.10.4 A fase de Avaliação

É composta pela identificação de eventuais falhas na fundamentação técnica, na estrutura ou no sistema operacional. Assim, a avaliação permite definir a necessidade de ajustes e aprimoramentos que venham a sanar eventuais problemas no plano preventivo.

17.11 PLANEJAMENTO PARA SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA

Para que os resultados dos atendimentos de emergência sejam satisfatórios, é necessário que haja um planejamento das atividades a serem desenvolvidas. Desta forma, o planejamento para situações de emergência deve englobar procedimentos que favoreçam a realização das atividades técnicas necessárias que, em última instância, visam tornar mínima a possibilidade de ampliação das conseqüências técnicas e econômicas.

Quanto a ocorrências de acidentes estruturais/geológicos, os aspectos que devem ser considerados no planejamento de situações de emergência:

- implantar medidas preventivas (fundamentadas em dados técnicos), visando evitar que as conseqüências do acidente se ampliem, caso novas manifestações ocorram;
- informar as equipes operacionais correta e adequadamente, quanto à possibilidade de novas ocorrências;
- estruturar de maneira adequada as equipes envolvidas nos trabalhos de emergência. A falta de atenção quanto a este aspecto pode prejudicar acentuadamente a obtenção de resultados satisfatórios.
- Considerar, adequadamente, os aspectos técnicos necessários às operações de recuperação da área sinistrada, de maneira a garantir um trabalho rápido e eficiente;

- Identificar as causas, buscando um laudo técnico elaborado por profissional experiente.

17.12 ETAPAS DOS ATENDIMENTOS EMERGENCIAIS

As principais atividades a serem desenvolvidas em atendimentos emergenciais, quando da ocorrência de acidentes, podem ser agrupadas nas seguintes etapas:

1ª. Etapa – Comunicação : na ocorrência de acidentes com vítimas, providenciar assistência do Corpo de Bombeiros e/ou Ambulância. Qualquer incidente deverá ser comunicado a administração da CGH, para providências cabíveis.

2ª. Etapa – Diagnóstico : em geral, realizado sob a forma de um croqui, baseada principalmente em observações de campo, complementada com informes e relatos de testemunhas se houverem, contendo a localização, a extensão, danos causados, área atingida, verificar as estruturas envolvidas e/ou afetadas etc.

3ª. Etapa – Proposições técnicas: a formulação de propostas deve estar fundamentada nos resultados da etapa anterior, especialmente quanto à natureza e à velocidade de implantação das medidas corretivas (quais providências imediatas).

4ª. Etapa – Estruturação das equipes: é importante que as equipes de trabalho sejam estruturadas em grupos que devem responder por tarefas específicas. Os principais grupos de trabalho necessários para o bom desempenho das atividades, são:

- vistorias de campo e acompanhamento técnico (no qual se incluem profissionais de Engenharia);
- desobstrução de vias de acesso;

5ª. Etapa – Recuperação da área afetada: em geral inicia-se imediatamente após a fase de atendimento emergencial, corresponde à realização de estudos técnicos em nível de detalhe suficiente para recuperar a área sinistrada.

17.13 INFORMAÇÕES E TREINAMENTO

A adoção das medidas de prevenção de acidentes somente apresenta resultados

satisfatórios com a efetivação de ações de informações e treinamento.

A elaboração e distribuição de manuais técnicos (destinados as equipes operacionais) são mecanismos de comprovada eficiência, aplicando-se também cursos práticos aos envolvidos na operação da CGH.

17.14 RESPONSABILIDADES

17.14.1 Proprietário da Usina

A CGH Córrego pertence à empresa Hidroelétrica Córrego Ltda e os deveres da proprietária da barragem são, mas não se limitam a:

- Advertir os operadores da usina e equipe de manutenção sobre a importância do PAE;
- Garantir que todos os funcionários e operadores da usina estejam treinados e aptos para seguir este PAE;
- Estabelecer uma forma de comunicação fácil e rápida entre os envolvidos neste PAE, a fim de se garantir rapidez e eficiência em uma operação de emergência.

17.14.2 Notificações

A pessoa autorizada a notificar as autoridades estaduais e locais é o Diretor de Operação e Manutenção, Sr. Alessandro Illich. No entanto em determinadas circunstâncias, como quando a ruptura é iminente ou já ocorreu, a responsabilidade pelas notificações pode ser delegada aos operadores da barragem.

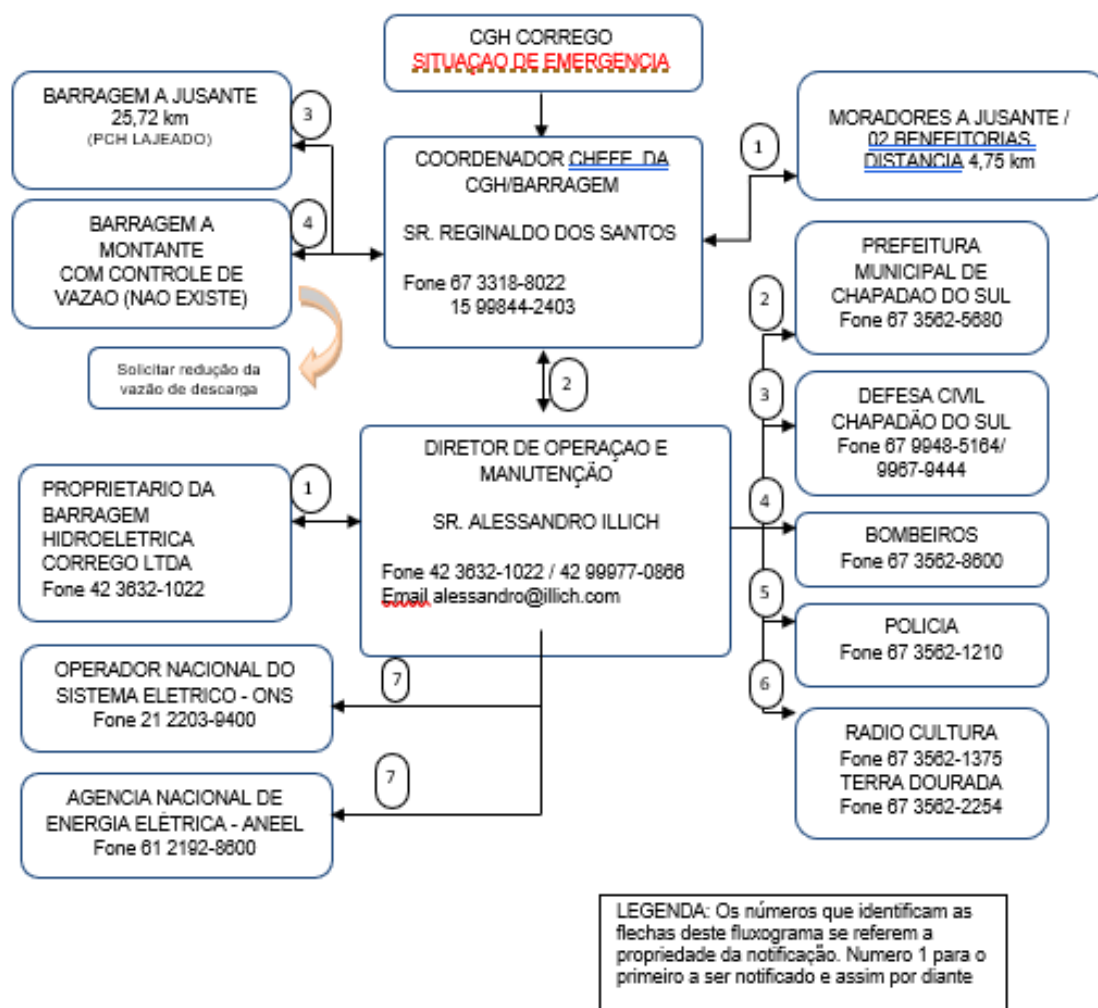
As autoridades estaduais e locais a serem notificadas em ordem de prioridade, são:

1. Prefeitura Municipal de Chapadão do Sul e Cassilândia
2. Defesa Civil de Chapadão do Sul e do Mato Grosso do Sul
3. Corpo de Bombeiros de Chapadão do Sul e Cassilândia
4. Polícia Civil / Militar de Chapadão do Sul e Cassilândia

A divulgação para os moradores das regiões a jusante da barragem, bem como a

população do município adjacente a barragem e a jusante pode ser feita através de algum meio de comunicação de massa, por exemplo, uma rádio local. A jusante da barragem da CGH Corrego não existem benfeitorias, entretanto, em situações de emergência é fundamental alertar a população. Uma onda de cheia gera um aumento muito rápido do nível do rio e é capaz de causar danos a qualquer pessoa que esteja por algum motivo perto das margens do rio. O volume armazenado da barragem se dissipa em no máximo 10 km.

17.14.3 Fluxograma de Notificações



17.14.4 Evacuação

O planejamento de evacuação é de responsabilidade das autoridades locais, e não do proprietário da usina, que deve somente notificar os órgãos competentes. O Proprietário da usina não deve assumir, ou usurpar a responsabilidade de entidades governamentais para a evacuação de pessoas.

O procedimento de evacuação deve ser coordenado com as autoridades públicas apropriadas diante de uma situação de emergência.

17.14.5 Determinação de uma Situação de Emergência

A pessoa responsável por determinar uma situação de emergência pode ser identificada pelo pessoal de operação da usina. É fundamental que essa pessoa esteja treinada e apta a fazer o serviço de inspeção e que tenha facilidade em comunicação com o responsável pelas notificações.

17.15 AÇÕES PREVENTIVAS

Ações de prevenção são tomadas para evitar um incidente ou para ajudar a reduzir os efeitos do mesmo. Existem vários tipos de ações que devem ser consideradas. A seguir são abordadas cada uma destas ações.

17.15.1 Vigilância

Conforme descrito neste plano de segurança, existe uma metodologia de inspeção, classificação e de medidas reparadoras para as estruturas da CGH que deve ser seguida a fim de se evitar situações de risco.

17.15.2 Queda de Energia

Em caso de uma queda de energia, a usina esta equipada com geradores. Durante o período da noite, as principais estruturas da usina devem estar iluminadas e os sistemas de comunicação operantes.

17.15.3 Acesso ao Local da Usina

A descrição do acesso a usina deve ser bem descrito as autoridades locais e estaduais. Dentro do perímetro da usina as estruturas devem estar bem sinalizadas.

17.15.4 Contato em Feriados e Finais de Semana

O proprietário deve estabelecer com clareza os contatos dos responsáveis, em finais de semana e feriados.

17.15.5 Condições Atmosféricas Adversas

As condições atmosféricas da bacia hidrográfica do rio Indaiá Grande devem ser atualizadas todo dia pelos operadores da usina. A CGH Córrego não possui sistema de controle de descarga, sua barragem é do tipo soleira livre (sem controle) e a elevação da água sobre a crista do vertedouro deverá ser observada e monitorada.

17.15.6 Suprimentos de Emergência

A usina deve ter estocado materiais para reparos de emergência (areia, brita, cimento, geotêxtil, rocha, entre outros). Além disso, é importante identificar uma empresa local que forneça mão de obra especializada e equipamento para os serviços de reparo.

17.16 CONCLUSÃO

Este PAE deve ser continuamente revisado, para se adequar às alterações da usina, bem como dos responsáveis e da infraestrutura a jusante do barramento. A Eletrobrás define a frequência das revisões de acordo com a Conseqüência da Ruptura, conforme a tabela a seguir apresentada.

Conseqüência da Ruptura	Freqüência das Revisões
Muito Alta	5 anos
Alta	7 anos
Baixa	10 anos
Muito Baixa	10 anos

Tabela 04 – Frequência de Revisão do PAE pela classificação de risco

Portanto, no caso da CGH Córrego, conseqüência de ruptura BAIXA, este PAE deve ser revisado dentro do prazo de 10 anos.

É recomendável que a equipe de Operação e Manutenção seja treinada, e exercite os procedimentos previstos no PAE periodicamente.

Ressalta-se que as responsabilidades dos órgãos competentes e autoridades locais, não são objeto do presente PAE.

Embora a declaração de uma situação de risco seja uma decisão difícil, é importante que a mesma ocorra o mais breve possível do evento, para maximizar as ações corretivas e minimizar os danos potenciais.

Com a implantação do Programa Periódico de Inspeção e Monitoramento das Estruturas Civas o nível de segurança tende a ser satisfatório, pois toda situação potencial de risco passa a ser cadastrado e monitorado de forma continuada e permanente, possibilitando aos técnicos envolvidos na operacionalização da CGH, a tomada de decisão, quanto aos procedimentos a serem adotados.

Blumenau, março de 2019.

ER.

Eng. Elizeu Riba
CREA/SC nº 050559-2

ER.